

УДК 001:061.3(082)

ББК 74.58

А43

А43 **Актуальные** проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. / под. ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2015. - 920 с.

ISBN 978-5-89160-120-8

В научных статьях участников конференции исследуются состояние и перспективы развития мирового и отечественного уровня ИТ и телекоммуникаций. Предлагаются методы и модели совершенствования научно-методического обеспечения отрасли связи и массовых коммуникаций.

Предназначено научным работникам, аспирантам и студентам старших курсов телекоммуникационных и политехнических вузов, инженерно-техническому персоналу и специалистам отрасли связи.

УДК 001:061.3(082)

ББК 74.58

Научное издание

IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция
«Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании»

Сборник научных статей конференции

Том 1

Под редакцией

доктора технических наук, профессора С. В. Бачевского

Составители А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков

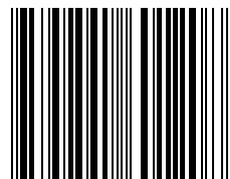
Литературное редактирование, корректура Е. А. Аникевич

Оформление Л. М. Минаков

Верстка Е. М. Аникевич

Подписано в печать 30.05.2015. Вышло в свет 30.06.2015.
Формат 60х90 1/8. Уст. печ. л. 57,5 Заказ № 015-ИТТ-2015.
Россия, 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, корп. 1.

ISBN 589160120-6



9 785891 601208 >

© федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2015

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ
IV Международной научно-технической и научно-методической конференции
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Председатель

Бачевский С. В. – доктор технических наук, профессор,
ректор СПбГУТ (Россия)

Заместители председателя

Машков Г. М. – доктор технических наук, профессор,
первый проректор – проректор по учебной работе СПбГУТ (Россия)

Золотокрылин О. В. – кандидат политических наук,
проректор по воспитательной работе и международному
сотрудничеству СПбГУТ (Россия)

Ответственный секретарь

Владыко А. Г. – кандидат технических наук,
начальник управления организации научной работы
и подготовки научных кадров СПбГУТ (Россия)

Члены программного комитета

Шахмаран Ж. С. – д-р экономических наук,
президент Казахской Академии Инфокоммуникации (Казахстан)

Yevgeni Koucheryav – professor, Ph. D., Senior member IEEE,
Department of Electronics and Communication Engineering
Tampere University of Technology (Finland)

Воробьев О. В. – кандидат технических наук, профессор,
декан факультета радиотехнологий связи СПбГУТ (Россия)

Бузюков Л. Б. – кандидат технических наук, профессор, декан факультета
инфокоммуникационных сетей и систем СПбГУТ (Россия)

Коротин В. Е. – кандидат технических наук, доцент, декан факультета
информационных систем и технологий СПбГУТ (Россия)

Колгатин С. Н. – доктор технических наук, профессор,
декан факультета фундаментальной подготовки СПбГУТ (Россия)

Арзуманян Ю. В. – кандидат технических наук, доцент,
декан факультета экономики и управления СПбГУТ (Россия)

Лосев С. А. – кандидат исторических наук, профессор,
декан гуманитарного факультета СПбГУТ (Россия)

Лубяников А. А. – кандидат педагогических наук, доцент,
директор Института военного образования СПбГУТ (Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание..... <i>Plenary Meeting</i>	6
Радиотехнологии связи..... <i>Radio Technology Communication</i>	23
Инфокоммуникационные сети и системы..... <i>Information and Communication Networks and Systems</i>	174
Информационные системы и технологии..... <i>Information Systems and Technology</i>	418
Теоретические основы радиоэлектроники..... <i>Theoretical Foundations of Electronics</i>	594
Экономика и управление в связи..... <i>Economics and Management in Communication</i>	663
Аннотации..... <i>Annotations</i>	846
Авторы статей..... <i>Authors of Articles</i>	890
Авторский указатель..... <i>The Author's Index</i>	918

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 378

С. В. Бачевский, В. М. Кутузов, Н. В. Лысенко, А. Б. Степанов

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СПБГУТ И СПБГЭТУ «ЛЭТИ»
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В статье раскрываются основные принципы взаимодействия СПБГУТ и СПБГЭТУ «ЛЭТИ» при совместной реализации в 2014 году сетевой образовательной программы. Приводится регламент введения сетевой образовательной программы, описываются ее виды.

сетевая образовательная программа, взаимодействие.

В 2014 году Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) и Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича приняли участие в совместной реализации сетевой образовательной программы.

Образовательная программа (ОП) – комплекс нормативных документов и методических материалов, определяющих заверченный цикл образовательной деятельности в конкретной предметной области [1].

Сетевое взаимодействие – это деятельностное пространство, создаваемое и поддерживаемое центрами активности и каналами связи между ними с целью совместного использования ресурсов и компетенций самостоятельных институциональных участников.

Сетевая образовательная программа (СОП) – образовательная программа, реализуемая с помощью сетевого взаимодействия.

На рисунке 1 представлен регламент реализации основных процессов введения сетевой образовательной программы.

Основным документом, регламентирующим взаимодействие партнеров по реализации сетевой образовательной программы, является Договор между участниками по реализации СОП. Этот документ должен определять не только содержательную сторону взаимодействия, но и организационную, информационную и другие составляющие взаимодействия.

Преимущества сетевого взаимодействия:

1. Более быстрая реакция на внешние и внутренние изменения за счет способности к реконфигурации и привлечения новых участников.

2. Концентрация деятельности на приоритетных областях развития образовательных кластеров.

3. Привлечение к совместной деятельности лучших партнеров, обладающих конкретными преимуществами.

4. Обмен уникальными знаниями.

5. Формирование «сетевых сообществ».

6. Объединение учебно-лабораторных и информационно-методических ресурсов.

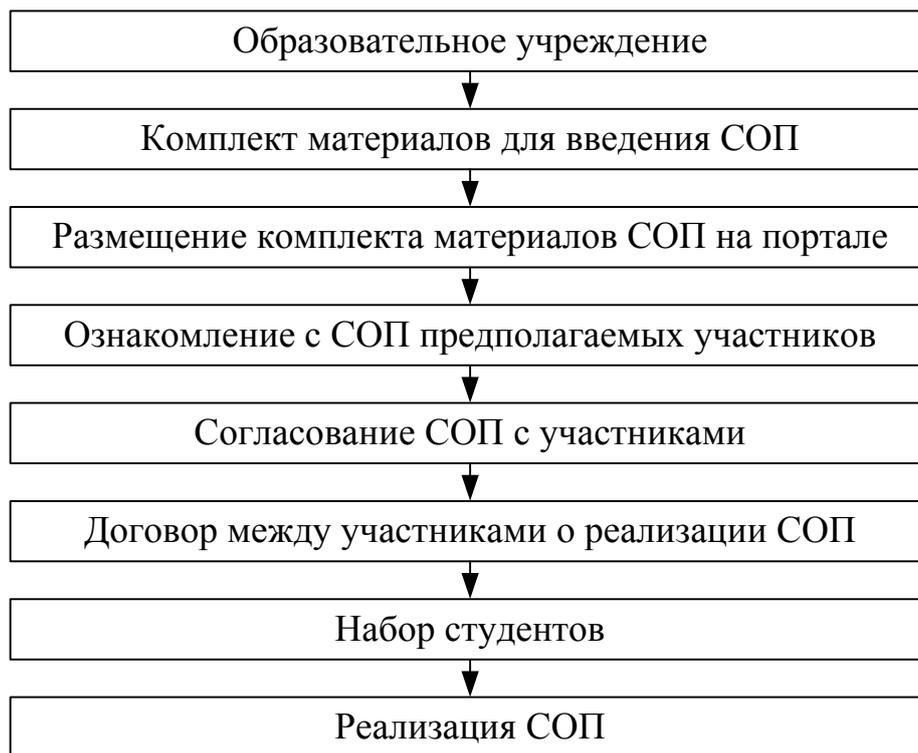


Рис. 1. Укрупненный регламент введения сетевой образовательной программы

При реализации сетевых образовательных программ можно выделить несколько их основных видов.

1. Последовательная сетевая образовательная программа (рис. 2). При последовательной СОП каждый участник реализует «свой» модуль учебного плана.



Рис. 2. Последовательная сетевая образовательная программа

2. Параллельная сетевая образовательная программа (рис. 3). При параллельной СОП несколько участников реализуют на выбор студента тот или иной модуль.

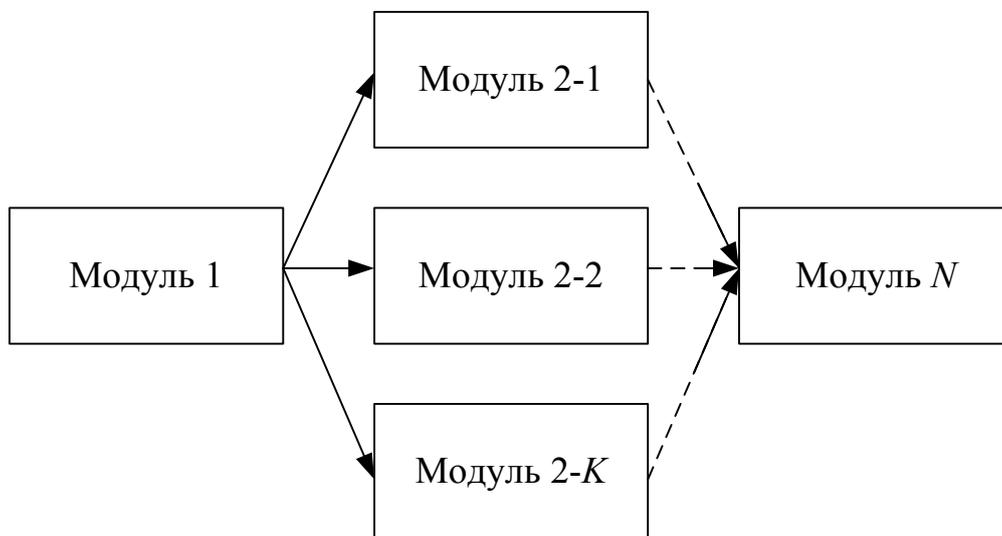


Рис. 3. Параллельная сетевая образовательная программа

3. Профильная сетевая образовательная программа (рис. 4). При профильной СОП несколько участников реализуют на выбор студента тот или иной профиль подготовки, включая выбор практик и работодателя.

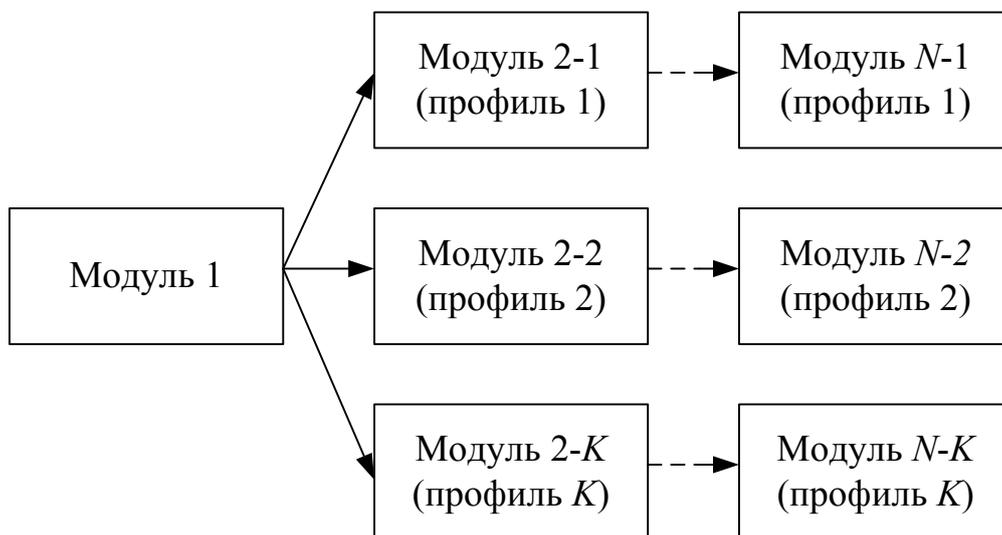


Рис. 4. Профильная сетевая образовательная программа

4. Наиболее перспективной моделью реализации сетевых образовательных программ является модель, сочетающая интеграцию очных и дистанционных форм обучения.

При взаимодействии СПбГУТ и СПбГЭТУ «ЛЭТИ», в качестве первого этапа, была реализована последовательная СОП.

В рамках проекта были разработаны учебные программы по двум дисциплинам:

1. Космические инфокоммуникационные технологии.
2. Технические средства диагностики социально-значимых заболеваний.

Образовательные программы были реализованы сторонами в соответствии со:

1. Статьей 15 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ.

2. Приказом Минобрнауки России от 19.12.2013 № 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.

3. Федеральными государственными образовательными стандартами и в рамках исполнения Государственного контракта № 40/14 от 20.06.2014 г., заключенного СПбГЭТУ «ЛЭТИ» с Комитетом по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга.

Были сформированы две учебные группы:

1. Группа № 1. В состав группы вошли студенты СПбГЭТУ, СПбГУТ и СПбГПУ. Занятия проводились по дисциплине «Космические инфокоммуникационные технологии».

2. Группа № 2. В состав группы вошли студенты СПбГЭТУ, СПбГУТ и ПСПбГМУ. Занятия проводились по дисциплине «Технические средства диагностики социально-значимых заболеваний».

Информирование студентов о наборе в группы осуществлялось путем:

1. Размещения информации на доске объявлений кафедр.
2. Размещения объявлений на сайтах университетов.
3. Оповещения преподавательским составом.

Критерии отбора студентов:

1. Хорошая успеваемость.
2. Желание участвовать в проекте с целью получения дополнительных знаний и навыков.

По окончании занятий, после сдачи дифференцированного зачета, студентам выдавался сертификат об обучении по сетевой образовательной программе.

В рамках выполнения проекта был подготовлен и заключен Договор о Сетевой форме реализации образовательной программы. При его подготовке стороны руководствовались следующими источниками:

1. Статья 15 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ.

2. Раздел сайта Координационного совета учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, посвященного сетевым формам обучения [2].

Список используемых источников

1. Стратегическое партнерство вузов и предприятий / В. М. Кутузов, Е. А. Демина, Н. В. Лысенко и др.; под редакцией проф. В. М. Кутузова. – СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 152 с.

2. Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fgosvo.ru> (Дата обращения 20.03.2015).

УДК 621.391.037.3

В. И. Коржик, В. А. Яковлев, С. В. Тихонов

**ВТОРАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В КРИПТОГРАФИИ:
МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?**

Рассматривается криптосистема для радиоканала, недавно предложенная двумя учёными из Стэнфордского университета (США). Данное предложение могло бы претендовать на «вторую революцию в криптографии», поскольку конфиденциальность передаваемых сообщений определяется в ней только пространственной близостью перехватчика к законному получателю при отсутствии всякого распределения ключей. Однако, исследование авторов настоящего доклада показало, что возможен перехват информации с использованием подоптимальных алгоритмов. Поэтому требуется выполнение дополнительных условий для обеспечения желаемой стойкости криптосистемы.

радиоканал с замираниями, массив ММО, трудные проблемы «на решётках».

Первой революцией в криптографии можно заслуженно считать изобретение в 1976 году В. Диффи и М. Хеллманом *криптографии с открытым ключом* (КОК) [1].

Действительно, до этого времени использовались только, так называемые, симметричные криптосистемы, у которых ключ дешифрования совпадал с ключом шифрования и поэтому для обеспечения конфиденциальной связи требовалось предварительное распределение секретных ключей. В криптографии с открытым ключом шифрование $C = f(M, e)$, где C – криптограмма, M – открытое сообщение, выполняется на открытом ключе e , который не требует его секретности, тогда как дешифрование $M = g(C, d)$ выполняется на секретном ключе d . Очевидно, что открытый и закрытый ключи должны быть связаны друг с другом, но знание открытого ключа e не позволяет упростить вычисление секретного ключа d .

После изобретения КОК появилось множество разработок различных вариантов их построения (Рабина, Райвеста-Шамира-Адлемана, Эль-

Гамалая, Мак-Элис и др. [2]) Секретность всех этих систем основывалась на невозможности выполнения требуемого объёма вычислений для решения некоторой строго определённой математической задачи (факторизации целых чисел, дискретного логарифмирования, декодирования линейных кодов и т. д.). Поэтому такие криптосистемы называются *доказуемо секретными*.

Однако подобные криптосистемы имеют ряд недостатков:

1. Сложность решения математических задач рассматривается «в среднем», а не «для худшего случая». (Так, например, для криптосистемы RSA модуль n для шифрования и дешифрования должен выбираться как произведение не любых больших простых чисел p и q и т. п.)

2. Процедуры шифрования и дешифрования, даже для легальных пользователей требуют достаточно сложных вычислений [2].

3. Для обеспечения конфиденциальной связи между двумя корреспондентами один из них должен сгенерировать пару ключей (e , d) и затем переслать (или сделать доступными через некоторый центр) открытый ключ e для второго корреспондента. Хотя пересылка и хранение ключа e не требует секретности, однако он должен быть защищён от подмены перехватчиком.

В недавней работе Т. Дина и А. Голдсмит [3], из Стэнфордского университета (США) были предложены криптосистемы, основанные на совершенно новом подходе. Прежде, чем обратиться к его описанию и анализу, отметим, что он годится не для всех ситуаций, а только для передачи конфиденциальной информации по радиоканалу с замираниями и при использовании технологии ММО (множественный вход/множественный выход). В данное время эта технология достаточно хорошо исследована теоретически [4] и даже применяется на практике. Это означает, что, в общем случае, для передачи конфиденциальных сообщений используется n антенн, а для приёма m антенн. Схема ММО канала с перехватчиком показана на рисунке 1.

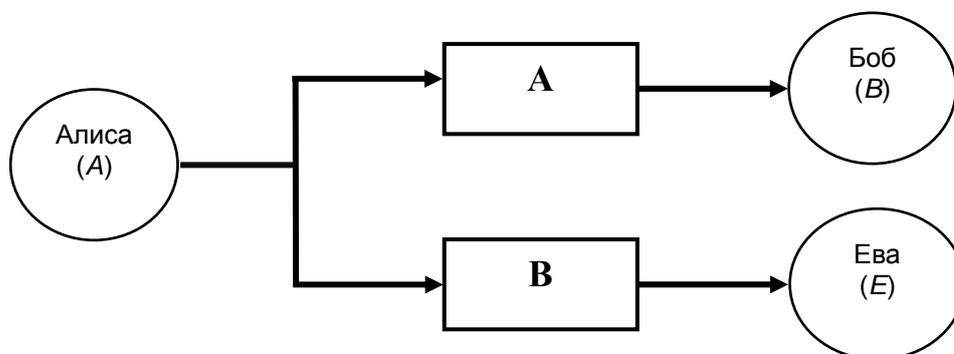


Рис. 1. Канал связи с ММО технологий

Канал легальных пользователей (Алисы (A) и Боба (B)) для каждого сеанса связи описывается $n \times m$ матрицей A случайных гауссовских вели-

чин с нулевыми средними и с заданной дисперсией σ^2 . Канал перехвата (между Алисой и Евой (E)) описывается $n \times m$ матрицей \mathbf{B} также случайных гауссовских величин с нулевыми средними и дисперсией σ_W^2 . Предполагается, что все элементы матрицы \mathbf{B} статистически независимы от элементов матрицы \mathbf{A} , при расположении A и E на определённом минимальном расстоянии. (Физически, элемент a_{ij} матрицы \mathbf{A} означает коэффициент передачи от i -й антенны Алисы на j -ю антенну Боба, а элемент b_{ij} матрицы \mathbf{B} – коэффициент передачи от i -й антенны Алисы на j -ю антенну Евы).

Предполагается [3], что матрицы \mathbf{A} и \mathbf{B} в точности известны всем пользователям системы. Кроме того, предполагается, что на каждом следующем сеансе связи элементы обеих матриц \mathbf{A}' и \mathbf{B}' статистически не зависят от элементов матриц \mathbf{A} , \mathbf{B} на предыдущих сеансах.

В работе [3] утверждается, что для условий, представленных выше, можно построить криптосистему (КС) со следующими свойствами:

1. Для построения данной КС не требуется предварительного распределения никаких секретных ключей.

2. При выполнении определённых условий, данная КС является доказуемо секретной, причём сложность криптоанализа основывается на сложности решения задачи нахождения ближайшего вектора на решётке (“Closest Vector Problem (CVP)” [5]), для наихудшего случая (the worst case).

3. Операции шифрования и дешифрования для легальных пользователей (A и B) достаточно просты и сводятся к перемножению векторов на матрицу \mathbf{A} и вычислению сингулярных компонент матрицы \mathbf{A} .

Приведённые выше свойства (и особенно первое из них) уже позволяют рассматривать данный подход как «революцию в криптографии», поскольку единственное преимущество легального пользователя B перед нелегальным перехватчиком E состоит в их *несовпадающем положении в пространстве*. (Реальное требование состоит во взаимном удалении B и E не менее, чем на расстояние порядка длины волны λ ; это для современных радиоканалов с использованием ММО-технологии, составляет несколько сантиметров, что вполне допустимо по организационным соображениям.)

Для того, чтобы выяснить, не является ли предложенная КС «мифом», рассмотрим сначала способ её построения, а затем исследуем возможные уязвимости при выполнении криптоанализа перехватчиком E .

Канал $A \rightarrow B$ описывается выражением:

$$z = \mathbf{A}y + e, \quad (1)$$

где $y \in R^n$ – вектор, передаваемый A , $z \in R^m$ – вектор, принимаемый B , $e \in R^m$ – вектор шума у B .

Канал связи $A \rightarrow B$ описывается выражением:

$$z' = \mathbf{B}y + e'', \quad (2)$$

где $z' \in R^m$ – вектор, принимаемый B , $e'' \in R^m$ – вектор шума у B .

Предположим далее для простоты изложения материала, что количество m антенн на приёме равно количеству n антенн на передаче.

Метод шифрования пользователем A [3]:

$$y = \mathbf{V}x, \quad (3)$$

где $x \in R^n$ вектор открытого сообщения, где $x_k \in [0, M)$, $k = 1, 2, \dots, n$, $x = (x_1, \dots, x_n)$, \mathbf{V} – матрица из сингулярного разложения (SVD) матрицы \mathbf{A} , т. е. $\mathbf{A} = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^t$, где \mathbf{U} , \mathbf{V} – ортогональные матрицы, \mathbf{S} – диагональная матрица, « t » – символ транспонирования матрицы.

Метод дешифрования у пользователем B [3]:

$$z = \mathbf{A}y + e = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^t\mathbf{V}x + e = \mathbf{U}\mathbf{S}x + e. \quad (4)$$

Далее, поскольку B знает матрицу \mathbf{A} , он может рассчитать её SVD и найти матрицу \mathbf{U} . После чего B вычисляет:

$$z' = \mathbf{U}^t z = \mathbf{U}^t \mathbf{U} \mathbf{S} x + \mathbf{U}^t e = \mathbf{S} x + e', \quad (5)$$

где $e' = \mathbf{U}^t e$.

Поскольку \mathbf{U} – ортогональная матрица, то вероятностное распределение вектора e' сохраняется таким же, каким было вероятностное распределение e . Предполагая, что вектор e имеет гауссовское, н. о. р. (независимые одинаково распределённые случайные величины) распределение с нулевыми средними и дисперсиями σ_e^2 , получаем, что и вектор e' будет иметь такое же самое распределение.

Так как матрица \mathbf{S} , по определению SVD, диагональная, то из выражения (5) получим, оптимальную оценку (дешифрование) сообщения x в сообщении x' по правилу:

$$x_i' = \underset{x_i}{\text{Argmin}} |z_i' - x_i s_i|, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

где x_i – i -я компонента открытого сообщения $x = (x_1, \dots, x_n)$, s_i – i -й элемент диагонали матрицы \mathbf{S} .

Видно, что сложность нахождения x' по (6) оказывается *линейной*. Таким образом, ключевым моментом получения простого дешифрования сообщения x , являются выражения (4) и (5), приводящие к диагональной матрице \mathbf{S} .

Из выражений (3)–(6) видно, что как при шифровании, так и при дешифровании по данному методу не используется никакого секретного ключа. (Конечно, можно полагать, что матрица \mathbf{A} условно является ключом шифрования и дешифрования, но поскольку матрица \mathbf{A} предполагается

в точности известной перехватчику E , то её никак нельзя назвать *секретным ключом*.)

Рассмотрим теперь методы криптоанализа, которые может использовать перехватчик E для восстановления сообщения x . Прежде всего, он может попытаться следовать алгоритму дешифрования B , используя известную ему матрицу \mathbf{V} канала $A \rightarrow E$.

$$z'' = \mathbf{B}\mathbf{V}\mathbf{x} + \mathbf{e}'' = \mathbf{U}'\mathbf{S}'\mathbf{V}'^t\mathbf{V}\mathbf{x} + \mathbf{e}'' = \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{e}'', \quad (7)$$

где матрицы \mathbf{U}' , \mathbf{S}' , \mathbf{V}'^t соответствует SVD матрицы \mathbf{B} .

Далее E (аналогично (5) для B) вычисляет:

$$z''' = \mathbf{U}^t z'' = \mathbf{U}^t \mathbf{U}' \mathbf{S}' \mathbf{V}'^t \mathbf{V} \mathbf{x} + \mathbf{U}^t \mathbf{e}'' = \mathbf{C}' \mathbf{x} + \mathbf{e}''', \quad (8)$$

где $\mathbf{C}' = \mathbf{U}^t \mathbf{U}' \mathbf{S}' \mathbf{V}'^t \mathbf{V}$, $\mathbf{e}''' = \mathbf{U}^t \mathbf{e}''$.

Из (8) видно, что матрица \mathbf{C}' не является диагональной и поэтому оптимальная оценка \mathbf{x}' сообщения \mathbf{x} при гауссовском, н. о. р. векторе шума \mathbf{e}''' с нулевым средним и дисперсией $\tilde{\sigma}_e^2$, равной дисперсии вектора \mathbf{e}'' (ввиду ортогональности матрицы \mathbf{U}^t) сводится к расчёту \mathbf{x}' по выражению:

$$\mathbf{x}' = \text{Arg} \min_{\mathbf{x}} \|\mathbf{z}''' - \mathbf{C}'\mathbf{x}\|, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

где $\|\cdot\|$ означает Евклидову норму в пространстве R^n .

Решение задачи (9) известно, как CVP [5] и как показано в работе [3] оно оказывается экспоненциально сложным от n даже при наилучших исходных данных, если выполнено условие

$$M \cdot \sqrt{\sigma_w^2 \cdot \tilde{\sigma}_e^2} > n^{1/2}. \quad (10)$$

Очевидно, что если (10) выполняется и $n \geq 100$, то выполнение 2^n операций оказывается нереализуемо сложным и поэтому можно считать данную КС вычислительно стойкой.

Однако, рассмотрим подоптимальные методы криптоанализа, которые может использовать перехватчик. Предположим, не умаляя общности (в пользу E), что матрица \mathbf{C} в (7) является несингулярной (т. е. $\det \mathbf{C} \neq 0$). Тогда существует обратная матрица \mathbf{C}^{-1} , после умножения на которую обеих частей (7), получаем:

$$\mathbf{C}^{-1} z'' = \mathbf{x} + \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}'''. \quad (11)$$

Из выражения (11) видно, что подоптимальный алгоритм оценки \mathbf{x} по $\mathbf{C}^{-1} z''$ может быть следующим:

$$x_i'' = \text{Arg} \min_{x_i} |z_i''' - x_i|, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

где z_i''' – i -я координата вектора $\mathbf{C}^{-1} z''$. (Заметим, что метод (12) оказывается не оптимальным, поскольку матрица \mathbf{C}^{-1} , вообще говоря, не является ортогональной и поэтому гауссовский вектор шума $\mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}'''$ не будет н. о. р.) Каче-

ство дешифрования перехватчиком сообщения x по (11)–(12) может быть оценено вероятностями ошибок, когда $x_i'' \neq x_i$, $i=1,2,\dots,n$. Если эта вероятность близка к $1/M$, то нельзя данный метод атаки считать успешным. Эта вероятность будет, очевидно, зависеть от характеристик канала (σ^2 , σ_w^2 , σ_e^2 , $\tilde{\sigma}_e^2$) и количества антенн n .

В процессе выполнения настоящей работы нами было произведено моделирование и получены результаты, представленные в таблице.

ТАБЛИЦА. Результаты моделирования по расчёту вероятности ошибок легального пользователя и перехватчика

Параметры каналов	Количество антенн, n	Вероятность ошибки легального пользователя, p	Вероятность ошибки для перехватчика, p'
$\sigma^2 = 2$, $\sigma_w^2 = 2$, $\sigma_e^2 = \tilde{\sigma}_e^2 = 1$	100	0,02	0,2
$\sigma^2 = 4$, $\sigma_w^2 = 4$, $\sigma_e^2 = \tilde{\sigma}_e^2 = 8$	100	0,037	0,3
$\sigma^2 = 2$, $\sigma_w^2 = 1$, $\sigma_e^2 = \tilde{\sigma}_e^2 = 30$	100	0,02	0,42
$\sigma^2 = 2$, $\sigma_w^2 = 1$, $\sigma_e^2 = \tilde{\sigma}_e^2 = 4$	1000	$5,6 \cdot 10^{-3}$	0,3
$\sigma^2 = 4$, $\sigma_w^2 = 8$, $\sigma_e^2 = \tilde{\sigma}_e^2 = 12$	1000	0,01	0,33

Из этих результатов видно, что, вероятность ошибки для легальных пользователей оказывается приемлемой (при необходимости она может быть значительно уменьшена за счёт использования корректирующих кодов). Однако, вероятность ошибки для перехватчика при одинаковых характеристиках каналов оказывается недопустимо малой. Для того, чтобы получить вероятность ошибки порядка 0,3 для перехватчика, достаточно, как показали результаты моделирования, выбрать дисперсии шума у пользователя B и у перехватчика E равными 2 и 4, соответственно. При небольшой разнице дисперсий аддитивного шума у легального пользователя и перехватчика ($\sigma_e^2 = 8$, $\tilde{\sigma}_e^2 = 12$, $\sigma^2 = \sigma_w^2 = 4$) можно получить желаемые результаты ($p = 10^{-2}$, $p' = 0,33$) при увеличении n до 1000, что приводит, однако к значительным трудностям реализации.

Тот факт, что стойкость предложенной КС зависит от уровня аддитивного шума у перехватчика был отмечен и в работе [3]. Однако, условие, что аддитивный шум в канале перехватчика должен быть значительно больше, чем шум в легальном канале, явление, во-первых, трудно реализуемое, а во-вторых, в этом случае для защиты от перехвата может быть использована давно известная концепция Вайнеровского канала [6] или предвари-

тельное распределение ключей для такой модели [7, 8], что в некотором смысле обесценивает заявление авторов о приоритете криптосистемы без предварительного распределения ключей. Для увеличения ошибки в канале перехвата авторами [3] предлагается также посылать в канал дополнительный аддитивный шум. Однако, наш эксперимент показал, что такой подход значительно увеличивает и вероятность ошибки в легальном канале и поэтому он не является достаточно эффективным. Можно, конечно, попытаться послать особый вид шума, учитывающего знание пользователем A матрицы, \mathbf{A} , но это направление требует дополнительных исследований.

Возникает ещё один вопрос. Можно ли взломать предлагаемую криптосистему, если перехватчику в точности известны координаты всех пользователей в пространстве и «геометрия» распространения радиоволн? Ответ на этот вопрос отрицателен, поскольку знание матриц \mathbf{A} и \mathbf{B} перехватчиком является исчерпывающей информацией о канале связи. Однако, если перехватчик E получает знание о матрицах \mathbf{A} и \mathbf{B} до начала передачи криптограммы y и может так видоизменить (путём коррекции характеристик своих антенн) матрицу \mathbf{B} , что она в точности совпадёт с матрицей \mathbf{A} , то перехватчик оказывается в положении легального пользователя B и поэтому он полностью расшифровывает сообщение x . Правда, технологически, такой метод представляется нам пока неосуществимым.

Наконец, требует дополнительных исследований методика нахождения матриц каналов A и B и оценка влияния точности этой оценки на вероятность ошибок в основном канале и в канале перехватчика.

Общий вывод, который можно сделать после приведённых нами исследований, состоит в следующем: криптосистема, предложенная в [3] *теоретически вполне обоснована*, но для того, чтобы претендовать на «Вторую революцию в криптографии» нужно провести ещё *углублённые дополнительные исследования*, по крайней мере, для дешифрования по алгоритму (12), а также более тщательные исследования ограничений, накладываемых на реальные каналы связи.

Авторы благодарят профессора университета г. Хельсинки Т. Karvi и профессора СПбГУТ Л. М. Баскина за полезные дискуссии при подготовке данной работы.

Список используемых источников

1. New Directions in Cryptography / W. Diffie, M. Hellman // IEEE Trans. on IT. – 1976. – PP. 644–654.
2. Handbook of Applied Cryptography / Menezes et al // CRC Press. – 1997. – 816 p.
3. Physical-Layer Cryptography through Massive MIMO / T. Dean, A. Goldsmith // Proc. of IEEE Inf. Theory Workshop. – 2013. – PP. 1–15.
4. Principles of Physical Layer Security in Multiuser. Wireless Networks: A Survey / A. Mukherjee et al // Archiv: 101137513. – 2014. – PP. 1–23.
5. Lattice-Based Cryptography / D. Micciancio, O. Regev / Post Quantum Cryptography, Springer. – 2009. – PP. 147–191.

6. **The wire-tap** channel / A. Wyner // Bell Syst. Tech. Journ. – 1975. – № 8. – PP. 1355–1387.

7. **Secret Key Agreement** by Public Discussion from Common Information / U. Maurer // Trans. on IT. – 1993. – Vol. 39, № 3. – PP. 733–742.

8. **Key Distribution Protocols** Based on Noisy Channels in Presence of an Active Adversary / V. Korzhik, V. Yakovlev, G. Morales Luna // Trans IEEE on IT. – 2008. – Vol. 54, № 6. – PP. 2535–2550.

УДК 004.738

А. Е. Кучерявый, А. Г. Владыко, Р. В. Киричѐк

ЛЕТАЮЩИЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ – НОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В статье рассматривается новое приложение Интернета Вещей – летающих сенсорных сетей. Использование такого вида сетей актуально при решении новых задач по сбору данных с удаленных труднодоступных сенсорных узлов. Проведен анализ технологических решений, характеризующие летающие сенсорные сети и представлена классификация беспилотных летательных аппаратов.

летающие сенсорные сети, всепроникающие сенсорные сети, Интернет Вещей, БПЛА, мультикоптер.

Технологические решения в рамках концепции Интернета Вещей получили широкое распространение во всех сферах жизнедеятельности [1]. Развитие технологий беспроводных сенсорных сетей привело к их повсеместному внедрению и появлению термина *всепроникающие сенсорные сети* USN (Ubiquitous Sensor Networks). Такие сети стали одной из основных технологических платформ для Интернета Вещей [2, 3].

Всесторонние исследования сетей USN на базе отечественных и зарубежных научных школ позволили сформировать требования к алгоритмам выбора головного узла кластера, определению характеристик трафика для USN, методам построения отказоустойчивых USN, особенностям обеспечения сетевой безопасности для USN, методам эффективного распределения энергии, а также алгоритмам самоорганизации и методам комплексного тестирования USN [4]–[7].

Ввиду увеличения количества сенсорных узлов USN, применяемых для мониторинга за объектами, распределенными на большой площади, такими как виноградники, сейсмически опасные объекты, приграничная полоса и др. сразу же выделили эти сети в отдельный класс от остальных самоорганизующихся сетей – появился термин *сенсорные поля*. Как правило, сенсорные поля располагаются в удаленных районах, в которых отсут-

ствуют каналы связи с сетью связи общего пользования (ССОП) для передачи данных, и предполагают автономное электропитание сенсорных узлов. В случае, если такие каналы реализованы (спутниковая связь, GPRS/3G, LTE и др.), то затраты энергия, необходимые для передачи данных, приведут к уменьшению жизненного цикла сенсорного узла.

Параллельно с развитием USN наблюдается увеличение масштабов использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) за счёт использования их для решения различных задач: фото/видео съемки, доставки грузов, сбора данных с удаленных объектов и др. Мощный всплеск интереса к беспилотной авиации в экономически развитых странах мира произошел в 80–90-е годы XX века. Можно даже говорить о своеобразной «моде на беспилотники». Свои модели был разработаны и приняты на вооружение в Израиле, США, Италии, Франции и целом ряде других государств.

В последние годы появился новый вид самоорганизующихся сетей – летающие целевые сети FANET (Flying Ad Hoc Networks) [8].

Летающие целевые сети FANET

Одним из родоначальников данных сетей была компания Boeing. Инженеры компании посчитали, что ежеминутно в воздухе находится около 2000 самолетов Boeing и еще 1200 совершают влет/посадку. На самолетах было установлено специальное оборудование, позволившее создать летающую самоорганизующуюся сеть, которая в настоящее время рассматривается как резервный транспортный сегмент сети Интернет [9].

В работе целевых сетей FANET используются алгоритмы самоорганизации. Данный подход используется как для небольших общедоступных БПЛА, так и для БПЛА специального назначения, которые запускаются с целью организации летающей сети над районом с чрезвычайной ситуацией для взаимодействия экстренных служб. Одной из ключевых задач является взаимодействие таких сетей с сетью связи общего пользования, центром мониторинга и мобильными пользователями (рис. 1).

Учитывая потребность в сборе данных с удаленных сенсорных полей и возможность применения для этих целей беспилотных летательных аппаратов сформировало новое приложение Интернета Вещей – летающие сенсорные сети FUSN (Flying Ubiquitous Sensor Networks) [9].

Летающие сенсорные сети FUSN

Летающие сенсорные сети, в отличие от FANET, предполагают наличие двух сегментов: наземного и летающего, которые взаимодействуют между собой (рис. 2).

Наземный сегмент, как правило, представляет собой распределённую сеть самоорганизующихся сенсорных узлов USN.

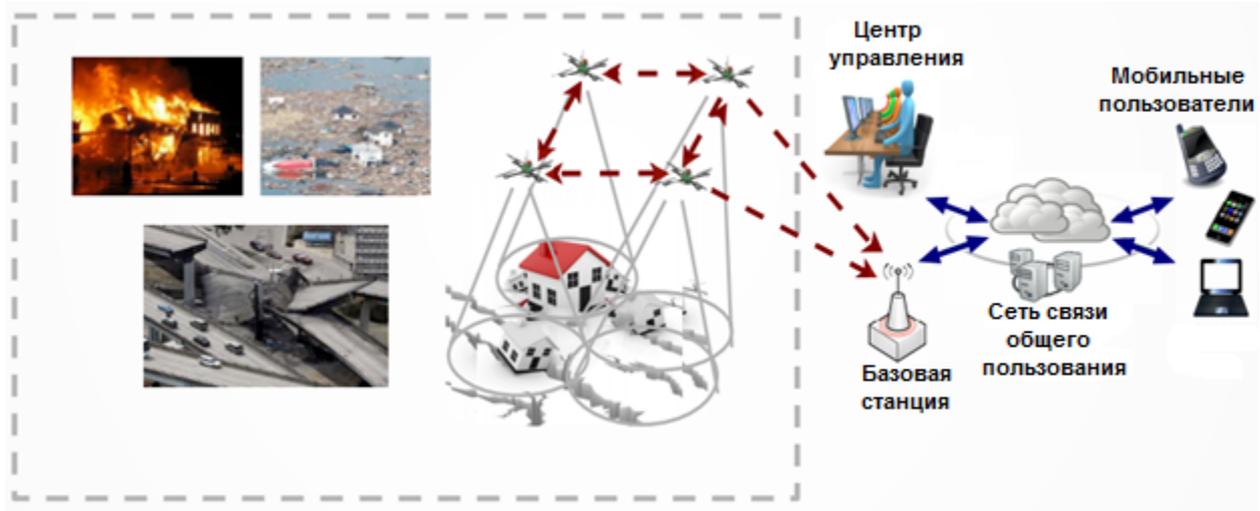


Рис. 1. Пример организации сети FANET

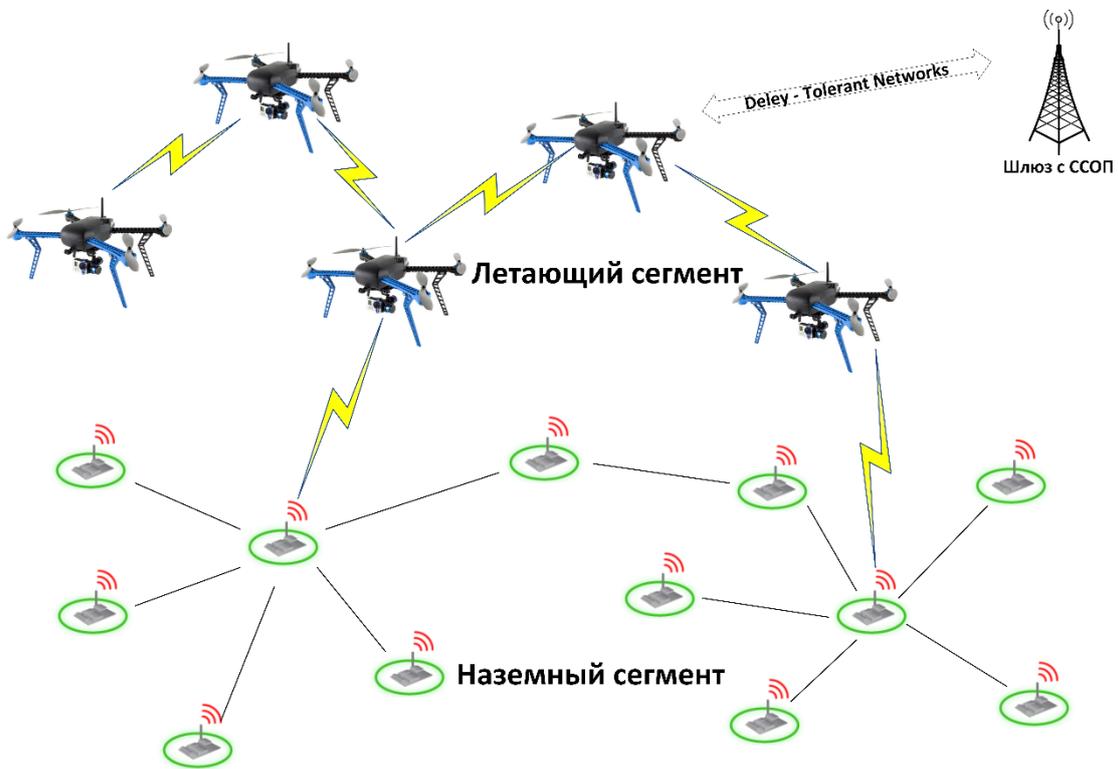


Рис. 2. Пример организации сети FUSN

Стоит отметить, что к моменту появления сетей FANET и FUSN были проведены многочисленные исследования по целевым сетям для транспортных средств VANET (Vehicular Ad Hoc Networks) и мобильным целевым сетям MANET (Mobile Ad Hoc Networks). Основное отличие этих сетей от классических USN – это скорость перемещения и плотность сенсорных узлов соответственно. Следовательно, и механизмы построения, маршрутизации, кластеризации и др., характерные для этих сетей, образу-

ют новые характеристики для летающих сенсорных сетей, которые требуют дополнительной проработки.

Летающий сегмент базируется на основных принципах, относящихся к сетям FANET с одним отличием: для доставки информации могут использоваться принципы, характерные для сетей DTN (delay-tolerant networks) [10]. Основная задача DTN – это доставка данных от отправителя к получателю даже после обрыва (прерывания связи) связи. Ввиду того, что данный подход успешно реализован в сетях MANET – целесообразно его применение и для летающих сенсорных сетей.

Обмен информацией БПЛА со шлюзом ССОП происходит в тот момент, когда первый входит в зону видимости шлюза. Такая связь осуществляется за счет стабильного радиоканала с дальностью действия 100–200 м. На большем удалении мобильный объект может передавать информацию через подключение к ССОП через канал GPRS/3G. Передача информации по такому каналу может быть прервана из-за сбоев в связи при использовании его в воздухе и на значительном удалении от вышек GSM.

Задачи, связанные с взаимодействием наземного и летающего сегментов, практически не исследованы. В настоящее время насущно необходимо проводить такие работы. На кафедре сетей связи и передачи данных СПбГУТ проводятся соответствующие в рамках гранта РФФИ «Разработка принципов построения и методов самоорганизации для летающих сенсорных сетей», № 15-07-09431а.

Выбор беспилотных летательных аппаратов для задач FUSN

Для выполнения специфических и весьма важных для общества функций разрабатываются различные БПЛА. В настоящее время существуют как беспилотные автономные, так и дистанционно-пилотируемые летательные аппараты. По функционированию они делятся на многоцелевые, экспериментальные, оперативные, разведывательные, планеры для боеприпасов, ударные и БПЛА с модульной нагрузкой [11]. Бурное развитие беспилотных и роботизированных комплексов стало возможным благодаря ряду технических решений, связанных с развитием систем автоматизированного управления, навигации, ростом производительности и миниатюризацией микропроцессорной техники, с использованием перспективных телекоммуникационных средств [12].

Основная особенность, которая отмечается специалистами [13] – это общедоступность БПЛА с набором полнофункционального навигационного оборудования для рядовых граждан как по цене, так и по легкости пилотирования.

Беспилотные летательные аппараты, как и пилотируемые, бывают самолетного, а также вертолетного типа (вертолеты и мультикоптеры – летательные аппараты с четырьмя и более роторами с несущими винтами).

БПЛА самолетного типа (БПЛАст): одно из основных достоинств – это продолжительность полета, благодаря возможности отключать двигатель и планировать. Общедоступные БПЛАст на базе миниатюрных двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей обеспечивают до 80 минут полетного времени. БПЛАст требуют квалификации и предварительных знаний динамики полета самолета для управления им. Самолёты идеально подходят для аэрофотосъемки больших территорий или передачи видео в реальном времени для наблюдения за полетом с помощью системы управления от первого лица FPV (First Person View). Самолеты требуются минимум 30 метров открытого пространства для взлета и посадки.

БПЛА вертолетного типа: мультикоптеры являются универсальными и простыми в управлении, без сложностей традиционных вертолетов. Мультикоптеры могут взлетать и приземляться вертикально, что позволяет летать в районах с неподготовленной площадкой, необходимой для запуска и посадки. В отличие от самолетов, мультикоптеры не имеют минимальной скорости для предотвращения сваливания и легко могут зависать в заданной точке, а также гибко маневрировать в труднодоступных районах (лесные массивы, виноградники и др.). Вертолеты и мультикоптеры идеально подходят для съемки стабилизированного видео с помощью специального подвеса. Мультикоптеры обычно предоставляют от 5 до 35 минут полетного времени и не требуют высокой квалификации для начала пилотирования.

Стоит отметить, что в исследованиях по FANET выделяются две классификации БПЛА: UAV – Unmanned Aerial Vehicle (классические БПЛА) и Small UAV – малые БПЛА (дроны, квадрокоптеры и т. д.).

Таким образом, для решения задач сбора данных с сенсорных полей с использованием БПЛА и доставки данных до шлюза с сетью связи общего пользования целесообразно использовать общедоступные квадрокоптеры с возможностью программирования алгоритмов облета, инсталляции сенсорных узлов на заданной территории и оптимизации сбора данных. По аналогии с термином «Сеть связи общего пользования» такие аппараты в дальнейшем целесообразно называть беспилотные летательные аппараты общего пользования – БПЛАоп. Использование БПЛАоп позволит решить целый ряд задач, связанных с доставкой данных с удаленных объектов мониторинга с заданным уровнем задержки.

Таким образом, в статье рассмотрено новое приложение Интернета Вещей – летающих сенсорных сетей. Проанализированы основные технологии, которые легли в основу FUSN. Представлена классификация типов БПЛА, которые целесообразно применять для задач, решаемых с использованием летающих сенсорных сетей.

Список используемых источников

1. Интернет вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21–24.

2. **Самоорганизующиеся** сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 312 с.
3. **Сети** связи пост-NGN / Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 160 с.
4. **Эволюция** исследований в области беспроводных сенсорных сетей / А. Е. Кучерявый, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 4. – С. 29–41.
5. **Distributed** clustering in ad-hoc sensor networks / O. Younis, S. Fahmy // A hybrid, energy efficient approach. Proceedings, IEEE INFOCOM. – Hong Kong, China, 2004.
6. **Wireless** Sensor Networks: A Survey revisited / I. F. Akyildiz, M. C. Vuran, O. B. Akan, W. Su // Computer Networks Journal, 2005.
7. **Self-Organization** Routing Protocol Supporting Mobile Nodes for Wireless Sensor Network / D. Kim, Y. Chung // Proceedings of the First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences. – 2006. – Vol. 2.
8. **A Comparative** Analysis of Beaconless Opportunistic Routing Protocols for Video Dissemination over Flying Ad Hoc Networks / T. Braun and all. // NEW2AN 2014, LNCS 8638. Springer.
9. **Airborne** Mobile Networking Research at Boeing/ Jae H. Kim // Aerospace 2013 Conference Workshop on “Airborne Networks and Communications”. – 2013.
10. **Летающие** сенсорные сети / А. Е. Кучерявый, А. Г. Владыко, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, И. А. Богданов, А. А. Дорт-Гольц // Электросвязь – 2014. – № 9. – С. 2–5.
11. **InterPlaNetary** Internet: state-of-the-art and research challenges / I. F. Akyildiz, O. B. Akan, C. Chen et all. // Computer Networks. – 2003. – № 43.
12. **Беспилотные** летательные аппараты. Теория и практика / Д. П. Иноземцев // Технологии. Беспилотные летательные аппараты. – 2013. – № 2. – С. 50–54.
13. **О некоторых** аспектах защиты информации в беспилотных и роботизированных средствах военного назначения / А. С. Корсунский, А. В. Маттис, Т. Н. Масленникова // Морские информационно-управляющие системы. – 2012. – № 1. – С. 16–23.
14. **Развитие** направления миниатюрных беспилотных летательных аппаратов за рубежом [Электронный ресурс] / В. А. Попов, Д. В. Федутин. – ФГУП «ГосНИИАС». – Режим доступа: http://www.uav.ru/articles/mav_abroad.pdf. – Дата обращения: 08.04.2015.

РАДИОТЕХНОЛОГИИ СВЯЗИ

УДК 621.396.67

Ф. С. Авгари

СИНТЕЗ ОБЪЕМНОГО ГРЕБЕНЧАТОГО
ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ДИАПАЗОНА УВЧ

В статье рассмотрены вопросы проектирования гребенчатых фильтров. Приведен расчет эллиптического фильтра на гребенчатой линии нового типа, который имеет преимущество в случае узкой полосы и малых потерь в диапазоне УВЧ. В процессе исследований используется линейное преобразование емкостной матрицы, которое приводит к упрощению процедуры расчетов, позволяет получить удобные для реализации геометрические размеры структуры. Проведение исследований обусловлено повышением требований к фильтру как с точки зрения существенного улучшения электрических характеристик, так и компактности структуры.

гребенчатый фильтр, сосредоточенная емкость, закороченная линия, полосно-пропускающий фильтр, прототип, решетки связанных резонаторов, эллиптическая характеристика затухания, преобразование емкостных матриц, инженерная методика.

Использование сосредоточенных емкостей позволяет создавать компактные гребенчатые фильтры УВЧ, у которых нарушается периодичность частотных характеристик, присущая цепям с сосредоточенными параметрами, и тем самым исчезает, полностью или частично, паразитная полоса пропускания. Два указанных достоинства и объясняют повышенный интерес к этому типу фильтров.

Однако вплоть до семидесятых годов в основном использовались фильтры с сосредоточенными емкостями только для полиномиальных характеристик. В этих фильтрах требовалось создавать емкости только на землю, которые можно было легко реализовать обычными подстроечными винтами. В фильтрах с характеристиками Золотарева вопрос с емкостями оказался сложнее, так как возникла проблема создания с очень высокой точностью емкостей, которые и определяли расположение полюсов затухания на конечных частотах.

В последние годы были разработаны микроминиатюрные конденсаторы с высокой добротностью, которые хорошо сочетались с полосковой техникой и позволили сконструировать еще более компактные гребенчатые фильтры (ГФ) Золотарева.

В ГФ индуктивности реализуются решеткой связанных резонаторов, а емкости (разомкнутые отрезки линий) реализуются конденсаторами. Использование при расчете двойного преобразования Ричардса позволяет значительно сократить габариты фильтра, так как длину решетки можно уменьшить до $\lambda/12$.

Рассмотрим основные вопросы теории таких фильтров.

Частотное преобразование [1]:

$$\Omega = a \left(\frac{\operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg} \theta_0} - \frac{\operatorname{tg} \theta_0}{\operatorname{tg} \theta} \right),$$

где: Ω – нормированная частота прототипа НЧ, a – постоянная преобразования, $\operatorname{tg} \theta$ – новая частотная переменная, θ_0 – электрическая длина отрезков линий передач СВЧ структуры.

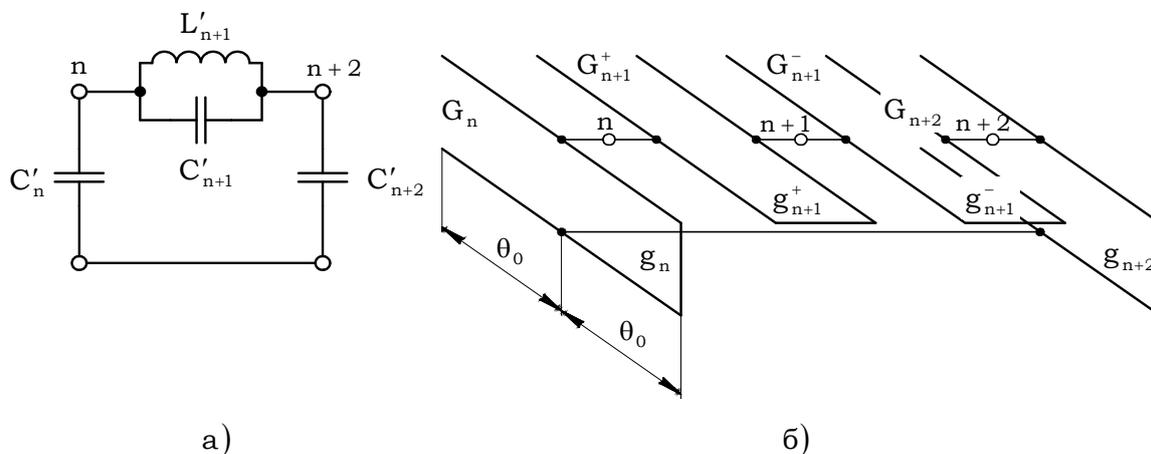


Рис. 1. Преобразование прототипа НЧ в полосно-пропускающий фильтр:
а) элементы низкочастотного прототипа; б) полосно-пропускающий фильтр

Это частотное преобразование позволяет перейти от элементов низкочастотного прототипа (рис. 1, а) к полосно-пропускающему фильтру, состоящему из замкнутых и разомкнутых отрезков линий с нормированными волновыми проводимостями g_n и G_n (рис. 1, б).

$$a = \frac{\operatorname{tg} \theta_0 \cdot \operatorname{tg} \left(\theta_0 \cdot \frac{f_1}{f_0} \right)}{\operatorname{tg}^2 \left(\theta_0 \cdot \frac{f_1}{f_0} \right) - \operatorname{tg}^2 \theta_0},$$

где $\frac{f_1}{f_0} > 1$ – отношение граничной частоты полосы пропускания фильтра к средней частоте; $\frac{\pi}{6} \leq \theta_0 \leq \frac{\pi}{3}$ (задается произвольно).

Заменяем контур из разомкнутых и замкнутых линий контуром, состоящим из замкнутой линии и сосредоточенной емкости (рис. 2). Многие авторы значение сосредоточенной емкости определяют непосредственно через входную проводимость разомкнутой линии на частоте ω_0 , оставляя замкнутую линию без изменения. Однако задачу можно решить более строго и потребовать равенства на ω_0 не только входной реактивной проводимости контура, но и равенства первой производной проводимости (или параметра крутизны). Это приводит к изменению волновой проводимости замкнутой линии и обеспечивает лучшее совпадение экспериментальных и теоретических характеристик фильтра.

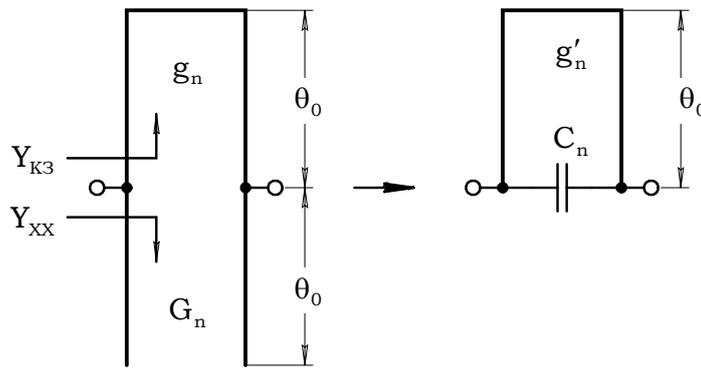


Рис. 2. Эквивалентное преобразование контура

После определения нормированных проводимостей замкнутых линий g'_n целесообразно перейти к нормированным распределенным емкостям, через которые определяются геометрические размеры решетки связанных резонаторов.

Реализуемые геометрические размеры решетки резонаторов получаются при сопротивлениях R_a и R_b отличающихся от нагрузок фильтра, поэтому возникает вопрос согласования. Эту задачу можно решить несколькими путями.

Первый способ – на входе и выходе фильтра добавить единичные элементы, реализуемые связанными линиями без емкостей на землю, и использовать обычное линейное преобразование матриц проводимостей. На рисунке 3а показана окончательная структура фильтра. При таком согласовании, которое является точным при любой полосе пропускания фильтра, к решетке связанных резонаторов добавляются два дополнительных резонатора, что увеличивает габариты фильтра и усложняет конструкцию.

Второй способ основан на приближенной реализации инвертора и является узкополосным. Однако для фильтров с полосой до 8 % он дает очень хорошие результаты: при значительном уменьшении габаритов получается достаточно удовлетворительное совпадение теоретических и эксперимен-

тальных характеристик; возникает возможность простой подстройки входных цепей, что позволяет значительно уменьшить потери в полосе пропускания.

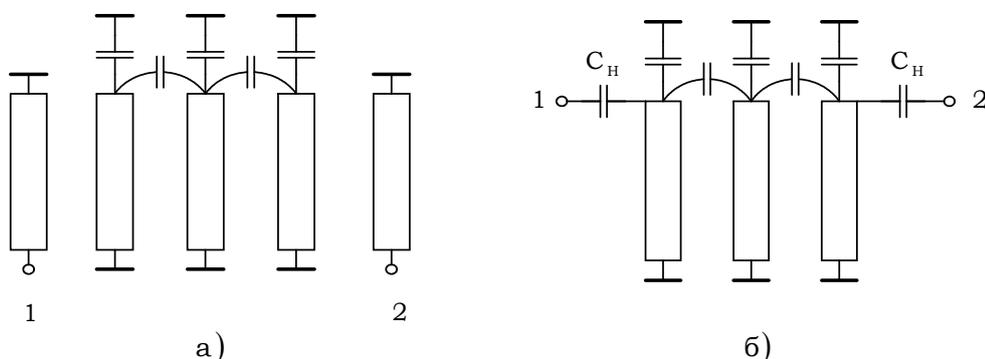


Рис. 3. Два способа согласования фильтра с нагрузками: а) единичными элементами, б) инверторами

Суть этого согласования заключается в следующем [2]. Допустим, что реализуемые значения волновых сопротивлений решетки связанных резонаторов получаются при нормированном сопротивлении R_a . Следовательно, нагрузочное сопротивление фильтра R_1 необходимо включить через инвертор (рис. 4, а) с параметром: $K_0 = \sqrt{R_a \cdot R_1}$.

Известно, что точная реализация такого идеального инвертора требует отрицательных емкостей (рис. 4, б) и поэтому физически не выполнима. Однако в узком диапазоне частот инвертирующие свойства имеет Г-образное звено (рис. 4, в).

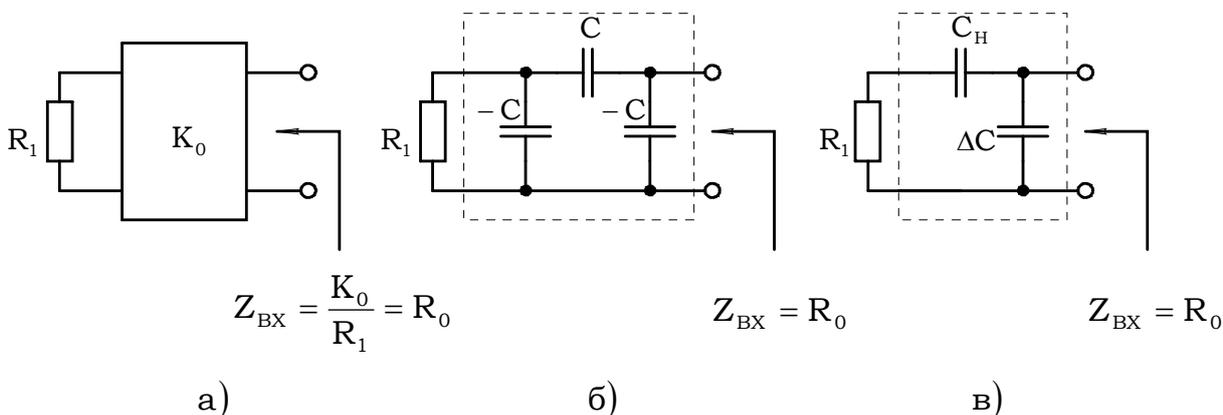


Рис. 4. Согласование фильтра с нагрузками с помощью инвертора: а) включение сопротивления через инвертор; б) реализация инвертора; в) Г-образное звено.

Значения емкостей находятся из условия полного согласования только на частоте ω_0 . Значение емкости ΔC должно быть отрицательным. Но это не затрудняет физической реализации, так как параллельно ей включена емкость фильтра C_1 . Очевидно, эту емкость следует сложить и расчет вести на скорректированную емкость: $(C_1)_k = C_1 + \Delta C$.

Рекомендуемая методика расчета иллюстрирована числовым примером. Был спроектирован узкополосный фильтр с исходными данными: средняя частота полосы пропускания $f_0 = 136,6$ МГц; полоса пропускания: $2\Delta f^* = 5$ МГц; затухание в полосе задерживания при расстройке ± 7 МГц относительно f_0 и далее – $A_{min} \geq 60$ дБ; затухание в полосе пропускания $A_{max} < 1,5$ дБ; нагрузочное сопротивление: $R_1 = 50$ Ом; диэлектрик воздух, $\epsilon_r = 1$; КСВ в полосе пропускания меньше 1,2.

Топология рассчитанной структуры приведена на рис. 5.

Данный пример показывает перспективность применения гребенчатых фильтров на нижней границе СВЧ диапазона, а так же за его пределами, так как эта структура позволяет сократить длину резонаторов до $\lambda/12$. При этом приемлемые размеры сочетаются с высокой добротностью.

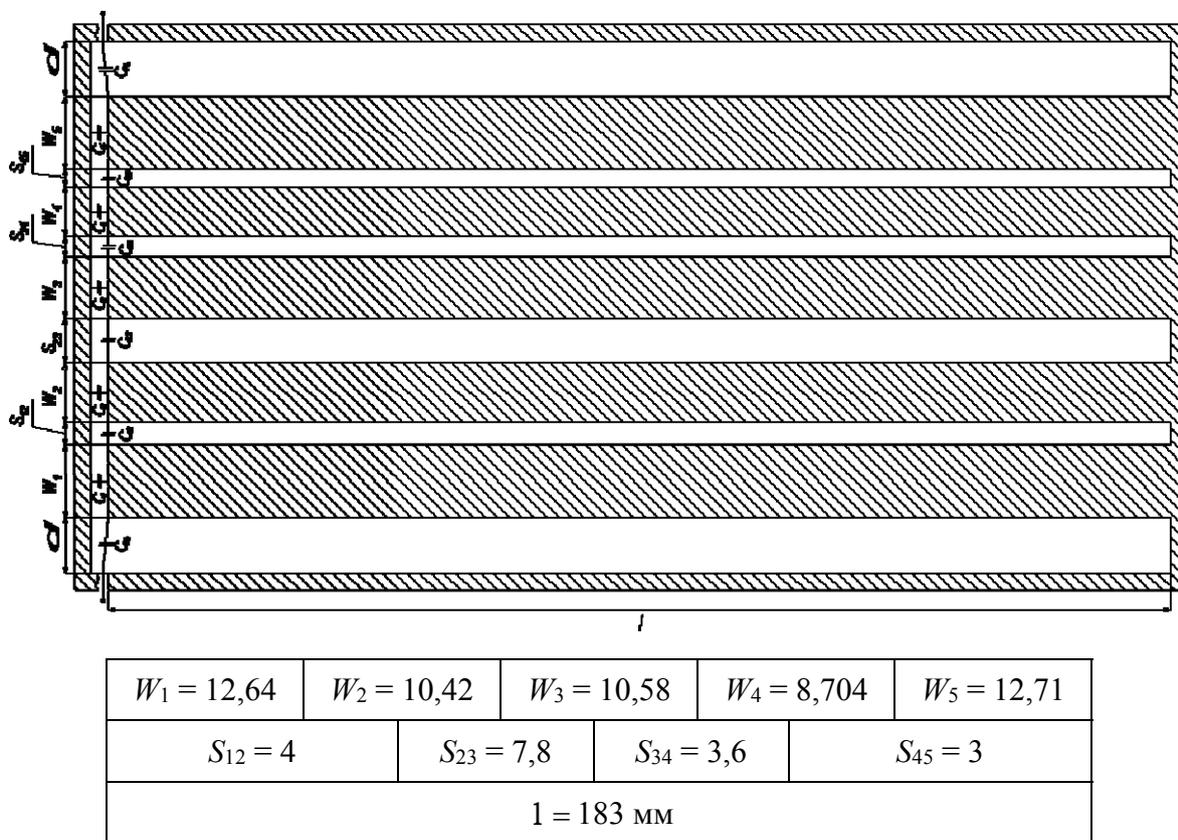


Рис. 5. Топология фильтра

Список используемых источников

1. Анализ и синтез микроволновых эллиптических фильтров / А. Р. Кубалова, С. В. Томашевич. – СПб. : СПбГУТ, 2013. – 368 с.
2. **Microstrip** filters for RF/Microwave applications / Jia-Sheng Hong, M. J. Lancaster. – N. Y. : John Wiley & sons. Inc., 2001. – 482 p.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором С. В. Томашевичем.

УДК 621.396.93

Х. А. Аль-Амери, А. В. Никитина

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЕЙ СТАНДАРТА LTE

Современные сети радиодоступа имеют гетерогенную структуру, то есть включают в себя сегменты различной емкости, которые функционируют в разных частотных диапазонах и используют разные технологии радиодоступа. Использование маломощных БС позволяет улучшить покрытие внутри зданий. Однако обеспечение требуемого качества связи в таких сетях является сложной многопараметрической задачей. В статье описаны проблемы взаимодействия сегментов гетерогенных сетей.

LTE, гетерогенные сети, фемтосоты, балансировка нагрузки, внутрисистемные помехи.

Гетерогенная сеть (HetNet) может включать в себя следующие типы базовых станций: макро-БС, микро-БС, пико-БС и фемто-БС [1]. Это позволяет увеличить пропускную способность сети и расширить зону её покрытия (например, в офисах, расположенных в густонаселенных городских районах), а также предоставлять услуги пользователям по более низкой цене и с лучшим качеством. Структура гетерогенных сетей при использовании маломощных узлов показана на рисунке 1.



Рис. 1. Развёртывание гетерогенных сетей при использовании маломощных узлов

Типовые характеристики БС HetNet стандарта LTE приведены в таблице.

ТАБЛИЦА. Характеристики базовых станций LTE

Типы узлов	Мощность передатчика, дБм	Зона покрытия	Расположение	Число абонентов	MIMO	Ширина полосы, МГц
Макросота	46	несколько км	вне здания	до 1000	4×4	60 до 75
Микросота	30–37	< 2 км	вне здания	до 200	4×4	20 ; 40
Пикосота	23–30	< 300 м	внутри или вне здания	до 100	2×2	20
Фемтосота	< 23	< 50 м	внутри здания	до 16	2×2	10

Совместная работа узлов разной мощности и емкости в одной сети приводит к следующим проблемам:

- Повышение уровня внутрисистемных помех.
- Увеличение сложности управления процедурой хэндовера.
- Необходимость внедрения механизмов балансировки нагрузки.

Рассмотрим эти проблемы и возможные методы их решения более подробно.

Повышение уровня внутрисистемных помех

Сети LTE, использующие технологию OFDM, предусматривают использование одной и той же частоты по всей сети. Этим достигается высокая спектральная эффективность. Однако, на краях сот очень высокий уровень внутрисистемных помех (интерференции), и как следствие, очень низкое отношение сигнал/шум (около 0 дБ по сравнению со значениями 15–20 дБ вблизи БС). В результате возникает большая разница в пропускной способности в центре и на краях соты – скорость передачи данных в канале вниз на краю соты редко достигает 1 % от номинальной [2]. В канале вверх применяется технология SC-FDMA, позволяющая уменьшить пик-фактор, а внутрисистемные помехи вызваны работой абонентских терминалов (UE), находящихся на границах соседних сот.

Методы снижения соканальных помех в LTE можно разделить на две группы (рис. 2): статические и динамические. К статическим относят методы повторного использования частотного ресурса FFR (*Fractional Frequency Reuse* – жесткое дробное), SFR (*Soft Frequency Reuse* – мягкое повторное) и PFR (*Partial Frequency Reuse* – частичное повторное). При этом межсотовая интерференция снижается за счет распределения мощности между двумя полосами частот, выделенными для пользователей в центральной и граничной зоне соты. Эти методы объединены под названием ICIC (*Inter-Cell Interference Coordination* – координация межсотовой интерференции)

и описаны в спецификациях 3GPP Rel.8. Основным недостатком данной группы методов являются снижение пропускной способности сети в результате уменьшения полосы частот, доступной абоненту и невозможность применения подобных технологий для малых сот.

К динамическим методам относятся eICIC (*enhanced ICIC* – улучшенная координация межсотовой интерференции) и CoMP (*coordinated multipoint* – координация многоточечных передачи и приема), специфицированные в 3GPP Release 10. Также существуют нестандартизированные методы борьбы с внутрисистемной интерференцией, например, компания Huawei предложила свой собственный адаптивный метод aICIC (*adaptive ICIC*), предусматривающий использование специального блока обработки eCoordinator.



Рис. 2. Методы снижения соканальных помех

В eICIC для снижения внутрисистемных помех в частотной области используется агрегация частотных полос (рис. 3) CA (*Carrier aggregation*), а во временной – передача данных в кадрах с наличием только опорных символов ABS (*Almost Blank Subframes*).

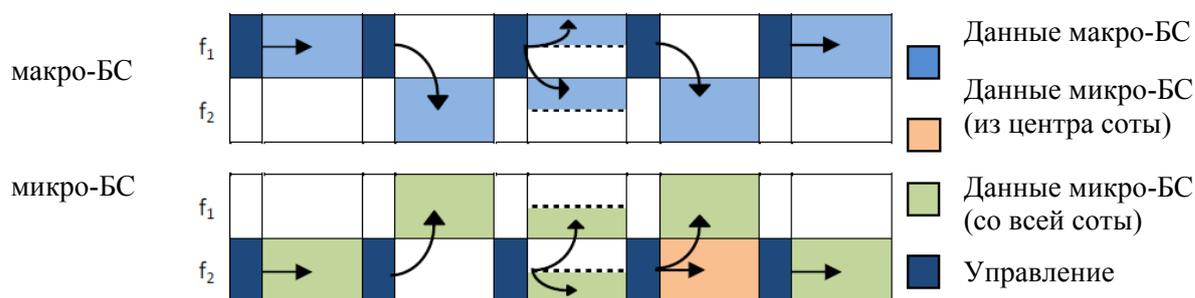


Рис. 3. Пример использования агрегации частотных полос

По сути CoMP – это обслуживание одного UE несколькими eNodeB. UE может одновременно принимать сигналы от множества БС или радиомодулей, расположенных в разных сотах. В то же время, при передаче от UE данные пользователя могут быть получены на множестве точек приема вне

зависимости от нагрузки на систему. Это позволяет при снижении внутрисистемных помех повысить пропускную способность соты не только в нисходящем канале, но и в восходящем – за счет обработки принятого сигнала на разных БС.

Увеличение сложности управления процедурой хэндовера

Мобильность абонента в радиосетях обеспечивается за счет процедуры хэндовера, которая позволяет переключить обслуживание абонентского терминала (UE) с одной БС на другую в процессе разговора. Хэндовер между соседними сотами одной технологии называется горизонтальным (внутрисистемным), хэндовер между разными уровнями сетей называется вертикальным (межсистемным) и имеет место в гетерогенных сетях.

Сегменты гетерогенной сети отличаются такими параметрами как уровень принимаемого сигнала (RSSI), пропускная способность, скорость передачи данных, зона покрытия и частотный диапазон. Поэтому реализация вертикального хэндовера является более сложным процессом по сравнению с горизонтальным хэндовером из-за различных характеристик доступных для UE сетей.

Для обеспечения корректной вертикальной передачи обслуживания абонентов необходимо учитывать такие параметры как требуемая мощность, качество обслуживания абонента, скорость передвижения, информация о местоположении и требования пользователя к скорости передачи данных [3]. Управление процедурой хэндовера лежит в основе некоторых методов балансировки нагрузки в сети.

Необходимость внедрения механизмов балансировки нагрузки

Неравномерное распределение абонентов в реальных сетях приводит к перегрузке одних базовых станций и простоем других (рис. 4). Перераспределение нагрузки между базовыми станциями БС гетерогенной сети позволяет увеличить производительность и эффективность сети. Можно выделить следующие группы методов распределения трафика:

- Управление параметрами хэндовера.
- Управление параметрами реселекции.
- Управление процедурой доступа к сети (Admission Control).
- Управление работой планировщика (Scheduler).

Здесь стоит отметить технологию CRE (Cell Range Extension), которая позволяет искусственно увеличить зону обслуживания малой соты и тем самым разгрузить макросоты.

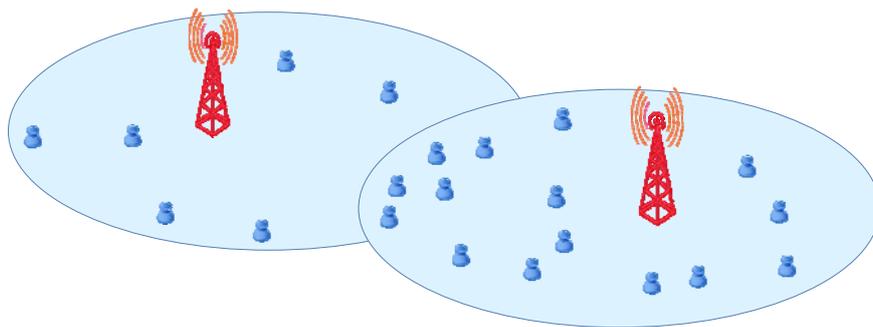


Рис. 4. Нарушение баланса трафика в сети

В Rel. 8 [4] стандартизована концепция SON LTE (самоорганизующиеся сети). Однако, для внедрения технологии SON необходимо наличие интерфейса X2 между БС сети. Это требует прокладки дополнительных высокоскоростных волоконно-оптических каналов и не всегда экономически оправдано для оператора. Таким образом, возникает задача разработки методов балансировки нагрузки в гетерогенной сети LTE, функционирующих без использования интерфейса X2.

Подводя итог, можно сформулировать следующие задачи, решение которых позволит повысить эффективность функционирования гетерогенных сетей LTE и качество обслуживания абонентов:

- 1) Разработка методов снижения внутрисистемных помех, обеспечивающих максимальное увеличение пропускной способности.
- 2) Разработка методики оптимизации параметров процедур, обеспечивающих мобильность абонента (реселекция сот, хэндовер).
- 3) Разработка методов балансировки нагрузки, учитывающих особенности сот малой мощности.

Список используемых источников

1. **Handoff** rate analysis in heterogeneous cellular networks: a Stochastic Geometric Approach / W. Bao, B. Liang – Canada : DECE University of Toronto – 2014. – PP. 95–102.
2. **Способы** улучшения работы абонентских терминалов на краях соты в сети LTE / Г. В. Дубинин // Международная научно-практическая интернет-конференция «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании», Севастополь, Украина, 18–27 декабря 2012. – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences-412/electrical-engineering-radio-engineering-412/15329-412-0021>. (Дата обращения 05.04.2015).
3. **Разработка** методов и моделей поддержки эффективной беспроводной связи в системах оперативных служб : дис. ... д-ра философии PhD: 6D070400: защищена 30.12.2014 / Касенхан Арай Мейрамбайкызы. – Алматы, 2014. – 115 с. – Библиогр. : 103–107.
4. **3GPP TS 32.500**; Self-Organising Network (SON); Stage 2” 2011. – URL: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG5_TM/TSGS5_77/_specs_for_checking/32500-b00.doc.

УДК 621.397

В. Ю. Бабков, В. В. Стариков

ПЛАНИРОВАНИЕ СОТОВОЙ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LTE

Статья посвящена методике планирования сотовых сетей стандарта LTE. Рассмотрен метод построения сети начального приближения на основе частотных кластеров. Изложены подходы к оценке скоростных и емкостных параметров планируемой сети с использованием аппарата СМО.

планирование стандартов связи четвертого поколения, частотный кластер, пропускная способность, абонентская емкость, бюджет потерь.

Решение задачи построения сети мобильной связи стандарта LTE в соответствии с алгоритмом частотно-территориального планирования предполагает использование метода последовательных приближений. Алгоритм представляет собой итерационную процедуру, содержащую определенную последовательность этапов построения сети начального приближения и использующую в целях сетевой оптимизации средства программного обеспечения, поддерживающие функции синтеза сети и анализа эксплуатационных характеристик [1, 2]. Следует отметить, что на сегодняшний день вопросы частотно-территориального планирования применительно к сетям мобильной связи стандарта LTE являются недостаточно разработанными и требуют дальнейшего исследования. Одним из наиболее ответственных этапов планирования сети является решение задачи *начального приближения*, когда вся сеть декомпозируется на однородные фрагменты, применительно к которым находятся распределения базовых станций по зонам обслуживания, параметры базовой сети и распределение частотного ресурса. Именно этот этап определяет технико-экономические параметры будущей сети.

Планирование начального приближения сети мобильной связи стандарта LTE имеет много общего с планированием сетей мобильной связи других стандартов. Это обусловлено необходимостью решения одних и тех же задач в плане определения пространственно-технических параметров. В тоже время имеются и определенные различия. Например, построение начального приближения для большинства стандартов сотовых сетей 2G/3G осуществляется для «тотальной» услуги, которой является передача речи [2]. Найденная в процессе планирования сеть мобильной радиосвязи будет являться решением, относительно которого проводятся оценки по зоне покрытия, абонентской емкости, качеству радиосвязи, скорости пе-

редачи, пропускной способности и др. В отличие от сетей 2G/3G сети мобильной связи стандарта LTE являются сетями передачи пакетного трафика, а качество услуги на этапе планирования сети оценивается доступной для пользователей скоростью передачи, временем и надежностью доставки пакетов данных, которые зависят от состояния канала радиосвязи, помеховой обстановки и параметров трафика [3, 4].

Построение сети LTE целесообразно осуществлять на основе частотных кластеров, представляющих собой группу примыкающих друг к другу сот, в которой при использовании всего частотного ресурса сети однозначно может быть решена задача достижения максимальной емкости сети при соблюдении приемлемого уровня внутрисистемных помех [1]. Совокупность кластеров, используемых для построения сотовой сети, будет определять принцип частотного назначения в сети. Установка различных мощностей передачи ресурсных блоков для «дальних» и «ближних» абонентов в частотных кластерах позволяет в сети мобильной связи стандарта LTE использовать различные модели повторного использования частот, начиная от «жесткого», переходя к «дробному» и «мягкому» [2]. В случае успешного решения задачи по формированию такой группы сот (кластера), ее можно использовать как некоторую минимальную структурную единицу при планировании сети LTE. Сеть начального приближения будет строиться путем повтора одних и тех же частотных кластеров в пределах зоны обслуживания. Конфигурация частотного кластера будет непосредственно влиять на такие важнейшие параметры системы, как уровень внутрисистемных помех и реализуемая сетевая емкость. При этом значительно упрощается задача увеличения емкости сети, т. к. каждый частотный кластер сети, отвечающий требованиям по уровню внутрисистемных помех, является оптимальным по этому параметру. Назначение полос частот секторам базовых станций определяется соответствующим распределением полос частот в кластере, который был использован при построении однородного фрагмента сети по аналогии с частотным назначением в стандарте GSM [1].

Определение пространственных параметров сети производится на основе оценки бюджетов потерь, радиусов «ближней» и «дальней» зон, определение мощностей передатчиков для «ближней» и «дальней» зон и определение числа БС в однородной сети. Бюджет потерь определяет максимально-допустимые потери на трассе распространения радиоволн для конкретного вида сигнально-кодовой конструкции при заданных параметрах приемо-передающего оборудования сети, не зависит от выбранной модели потерь распространения сигнала, но должен учитывать направление связи [2]. Результаты оценок бюджета потерь при различных конфигурациях оборудования и используемых сигнально-кодовых конструкций показывают, что ограничивающей по дальности связи является линия «вверх». Требуемые значения чувствительности приемников и уровни максимально

допустимых потерь на линии радиосвязи связаны с типом модуляции (видом используемой сигнально-кодовой конструкции) и, как было отмечено выше, с полосой частот, занимаемой системой. Увеличение полосы частот в 2 раза (с 10 МГц до 20 МГц) требует увеличения чувствительности приемников на 3–5 дБ и уменьшения максимально допустимых потерь на трассе радиосвязи на 6–8 дБ; для сохранения энергетического баланса между каналами «вверх» и «вниз» необходимо учитывать количество ресурсных блоков, приходящихся на абонентскую станцию.

Результаты оценки бюджета потерь используются в дальнейшем для нахождения радиусов «ближней» и «дальней» зон и мощности излучения передатчика базовой станции в «ближней» и в «дальней» зоне. Окончательное значение максимально-допустимых потерь определяется с учетом запасов на интерференцию, затенение и проникновение. Запас на проникновение берут равным 8 дБ – при использовании абонентской станции внутри автомобиля и 20 дБ и более – при использовании в здании [1, 2].

Задаваясь частотным диапазоном и количеством ресурсных блоков, можно оценить для всего набора сигнально-кодовых конструкций распределение скоростей передачи в соте при различных условиях приема. При определении мощности передатчиков в «ближней» и в «дальней» зонах используются статистические и дифракционные модели расчета средних потерь на трассе распространения [2]. При этом отношение мощности излучения передатчика базовой станции в «ближней» зоне к мощности в «дальней» зоне пропорционально отношению:

$$\frac{P_{\text{изл.бз}}}{P_{\text{изл.дз}}} = \left(\frac{r}{R}\right)^k,$$

где r – радиус «ближней» зоны соты, R – радиус соты, k – параметр, характеризующий условия радиосвязи ($k = 4$ в условиях города, 2 – в условиях открытого пространства). На основе полученного значения максимально-допустимого радиуса соты производится расчет площади соты и находится число базовых станций в однородном фрагменте сети $N_{\text{бс}} = \frac{S_{\text{сети}}}{S_{\text{соты}}}$, где $S_{\text{сети}}$ – площадь зоны обслуживания сети, $S_{\text{соты}}$ – площадь зоны обслуживания базовой станции (соты).

Таким образом, при определении пространственных параметров сети необходимо задаться частотным диапазоном, количеством ресурсных блоков, распределением скоростей передачи в соте, конфигурацией оборудования и условиями функционирования системы LTE.

При оценке *средней скорости передачи данных* в прямом канале целесообразно полагать, что распределение абонентских терминалов в зоне обслуживания базовых станций равномерно. Вариант стандарта LTE, основанный на частотном дуплексе, использует симметричные полосы частот,

предназначенные для передачи данных на линиях «вверх» и «вниз» соответственно. В тоже время доля трафика на линии «вниз» составляет около 80 % [2] от передаваемого в сети трафика. Поэтому оценку потенциальных возможностей сети LTE по обслуживанию пользователей следует проводить по прямому каналу.

Базовые станции сети предоставляют абонентам максимально возможную скорость передачи в соответствующих сегментах в «ближней» и «дальней» зонах.

В общем случае, *средняя скорость передачи* в «ближней» и «дальней» зонах обслуживания на линии «вниз» равна:

$$V_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^{15} P_i V_{\text{txi}},$$

где i – номер внутреннего сегмента в соответствующей зоне (для LTE $i = 1 \dots 15$), P_i – вероятность нахождения абонента в i – сегменте соответствующей зоны, V_{txi} – средняя скорость передачи, обеспечиваемая в i – сегменте соответствующей зоны, зависит от распределения абонентов в зонах обслуживания сети и представляет сумму средних скоростей передачи в «ближней» и «дальней» зонах. *Средняя пропускная способность* соты зависит от алгоритма работы планировщика, который в режиме реального времени производит управление частотно-временными ресурсами системы. Если требуемая пропускная способность превышает *среднюю пропускную способность соты*, то необходимо перераспределение трафика между соседними базовыми станциями, посредством эстафетной передачи абонентов, находящихся на границе зоны обслуживания [2].

С учетом сложности профиля трафика системы LTE при построении начального приближения сети следует задаться средним временем занятия канала одним абонентом \bar{T}_c и уровнем загрузки базовой станции в ЧНН. Величину нагрузки можно определить, исходя из заданного уровня отказов в соединении. Для многоканальных СМО с ограниченной очередью длиной m вероятность отказов определяется по формуле [5]:

$$P_{\text{отк}} = \frac{\rho^{n+m}}{n^n n!} P_0,$$

где $P_0 = [1 + \sum_{i=1}^n \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{n+1}}{n * n!} \frac{1 - (\frac{\rho}{n})^m}{1 - \frac{\rho}{n}}]^{-1}$ – вероятность того, что все каналы системы свободны, n – число каналов СМО, m – длина очереди, ρ – нагрузка одного канала. Задаваясь допустимым значением вероятности $P_{\text{отк}}$ находим соответствующее ей значение $\rho = \frac{\lambda}{n} \bar{T}_c$, где λ – поток заявок от всех абонентов в ЧНН. Число абонентов в зоне обслуживания можно определить, как

стемы свободны, n – число каналов СМО, m – длина очереди, ρ – нагрузка одного канала. Задаваясь допустимым значением вероятности $P_{\text{отк}}$ находим соответствующее ей значение $\rho = \frac{\lambda}{n} \bar{T}_c$, где λ – поток заявок от всех абонентов в ЧНН. Число абонентов в зоне обслуживания можно определить, как

$$N_{\text{аб}} = \frac{n\rho}{\lambda_1 T_c},$$

где λ_1 – поток заявок от одного абонента в ЧНН.

Очевидно, что задача оценки средней пропускной способности и емкости сети может быть решена для заданного профиля абонентского трафика и алгоритма работы планировщика, а в условиях трансформации трафика от пуассоновского потока заявок к самоподобному, требует отдельного исследования.

Выводы.

Алгоритм построения начального приближения сети LTE целесообразно реализовывать с учетом опыта, накопленного при развертывании сетей других стандартов.

При разработке алгоритма начального приближения сети LTE необходимо в качестве базовых эксплуатационных параметров закладывать основные характеристики качества передачи данных.

Использование аппарата СМО в алгоритме начального приближения позволяет связать такие параметры, как число каналов и число абонентов с размером соты при заданных трафике и вероятности отказа.

Список используемых источников

1. **Сети** мобильной связи. Частотно-территориальное планирование / В. Ю. Бабков, М. А. Вознюк, П. А. Михайлов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 222 с.
2. **Сотовые** системы мобильной радиосвязи: учебное пособие. 2-е изд. перераб. и дополн. / В. Ю. Бабков, И. А. Цикин. – СПб. : БХВ – Петербург, 2013. – 432 с.
3. **Стандарты** и сети радиодоступа 4G / А. Е. Рыжков, В. О. Воробьев, А. С. Слышков, М. А. Сиверс, А. С. Гусаров, Р. В. Шуньков. – СПб. : Линк, 2012. – 226 с.
4. **Сети** мобильной связи LTE/LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, В. П. Высочин. – М. : Издательский дом Медиа Паблишер, 2014. – 384 с.
5. **Теория** массового обслуживания (практикум по решению задач) / Н. В. Кошуняева, Н. Н. Патронова. – Архангельск : САФУ, 2013. – 107 с.

УДК 621.3.049

В. В. Басов, В. М. Устименко

СВЧ ФИЛЬТРЫ С ДВУМЯ РАБОЧИМИ ПОЛОСАМИ ПРОПУСКАНИЯ

Современные системы связи не могут обходиться без многофункциональных приемо-передатчиков, требования к габаритам, которых неуклонно ужесточаются. В связи с этим появляется необходимость конструирования многополосных фильтров

и дуплексеров, позволяющих существенно уменьшить размеры антенно-фидерного тракта. В работе рассмотрены четыре подхода к проектированию многополосных фильтров и дуплексеров. Проведено моделирование микрополоскового двухмодового фильтра и предложена топология дуплексера для радиотракта системы беспроводного доступа.

СВЧ фильтры, двухполосные фильтры, дуплексеры.

В настоящее время многополосные фильтры и дуплексеры находят широкое применение при проектировании многофункциональных, многодиапазонных приемопередатчиков систем связи (WLAN, сотовая связь) и систем позиционирования (ГЛОНАСС, GPS, Galileo) с целью минимизации размеров радиотракта со всеми согласующими цепями и электрическими фильтрами [1, 2].

В качестве примера на рисунке 1 представлена структурная схема радиотракта приемопередатчика системы беспроводного доступа, работающего в двух частотных диапазонах с частотным дуплексом.

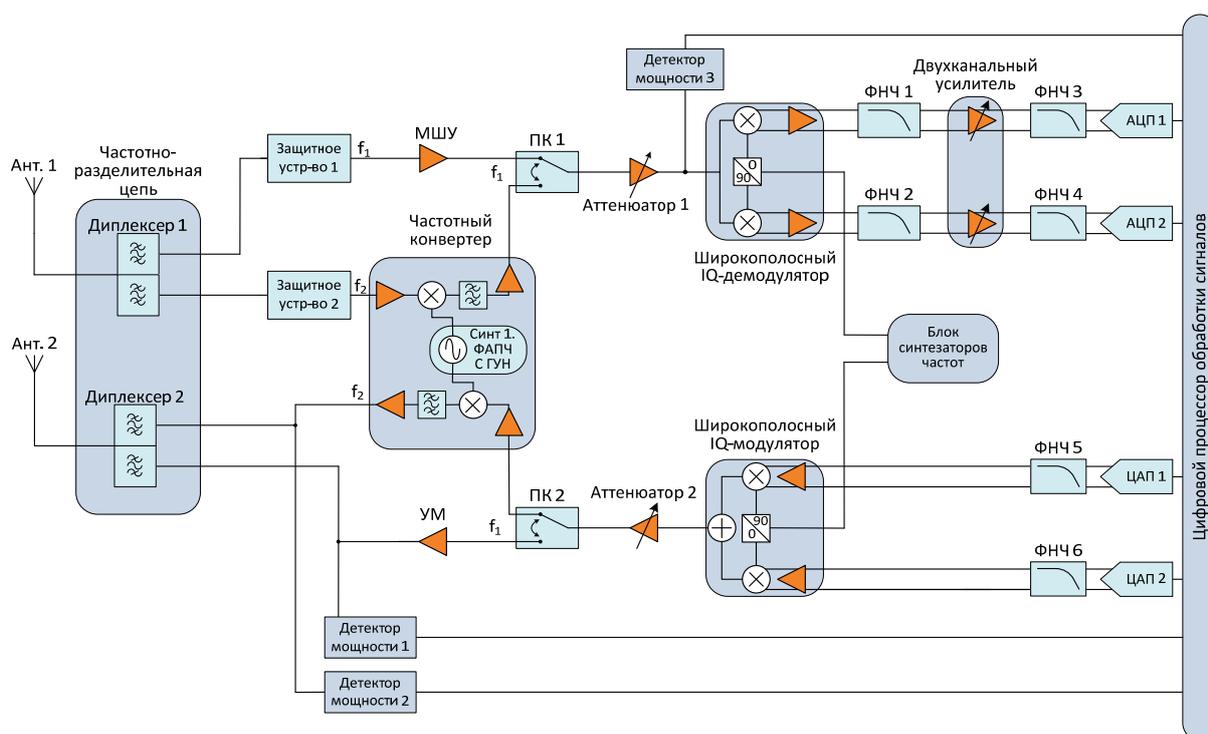


Рис. 1. Структурная схема радиотракта системы беспроводного доступа

При работе приемной части радиотракта приемопередатчика в нижнем диапазоне частот сигнал с частотой f_1 с выхода двухдиапазонной антенны через дуплексер и защитное устройство поступает на вход МШУ. Далее сигнал проходит через аттенюатор и попадает на вход широкополосного IQ-демодулятора.

При работе приемной части радиотракта приемопередатчика в верхнем диапазоне частот сигнал с частотой f_2 с выхода двухдиапазонной антенны

через дуплексер и защитное устройство поступает на вход частотного конвертера. Далее, как и при работе в нижнем диапазоне, сигнал проходит через аттенюатор и попадает на вход широкополосного IQ-демодулятора.

В передающей части радиотракта приемопередатчика высокочастотный сигнал с выхода IQ-модулятора через аттенюатор, усилитель мощности (при работе в нижнем диапазоне) или частотный конвертер (при работе в верхнем диапазоне) и дуплексер поступает в антенну.

Существуют несколько подходов к проектированию многополосных фильтров и дуплексеров. Первый подход заключается в параллельном соединении обычных полосно-пропускающих фильтров, АЧХ которых отвечают требуемым характеристикам соответствующих полос пропускания. Этот подход позволяет проектировать устройства с любыми требуемыми ширинами и центральными частотами рабочих полос пропускания, но в то же время обладающих сравнительно большими габаритами и требующих разработки дополнительных согласующих цепей.

Второй подход заключается в каскадном соединении полосно-пропускающего (ППФ) и полосно-заграждающего фильтра (ПЗФ). Так же, как и первый, второй подход не позволяет проектировать устройства с независимой настройкой центральных частот полос пропускания и сравнительно малыми габаритами

Третий подход состоит в реализации многочастотных фильтров и дуплексеров на основе многочастотных (многомодовых) резонаторов. При формировании полос пропускания таких устройств участвуют одновременно резонансы двух мод колебаний от каждого резонатора с сохранением порядка фильтрации в каждом канале, т. е. селективные свойства не снижаются. Достоинством этого подхода является то, что АЧХ устройств имеет настраиваемые нули функции передачи, а сами устройства являются сравнительно компактными. К недостаткам можно отнести трудность реализации оптимального алгоритма синтеза устройств, относительно узкие полосы пропускания, а также невозможность независимой настройки центральных частот полос пропускания.

Четвертый подход заключается в проектировании компактных многочастотных фильтров на основе совокупности резонаторов, каждый из которых отвечает за настройку параметров АЧХ одной полосы пропускания так, что параметры АЧХ другой полосы остаются неизменными. Таким образом, подобные устройства позволяют осуществлять развязанную настройку каждой из полос пропускания. Основным недостатком этого подхода является трудность реализации алгоритма синтеза устройств.

Примером реализации третьего подхода может служить предложенная в [3] конструкция микрополоскового двухмодового фильтра, имеющего две полосы пропускания. Фильтр отличается простотой в настройке, миниатюрностью, технологичностью и высокими электрическими характеристиками.

Топология фильтра приведена на рисунке 2, а на рисунке 3 – графики прямых и обратных потерь в фильтре, рассчитанные в САПР Microwave Office.

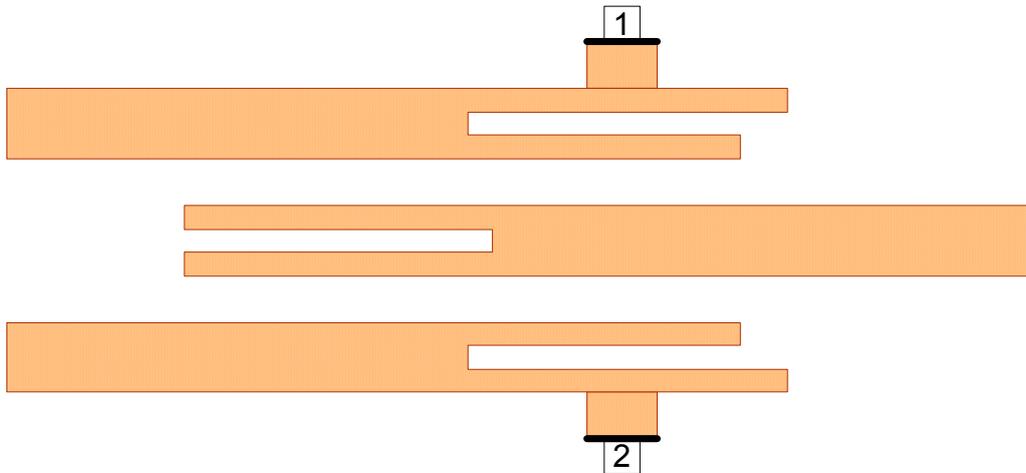


Рис. 2. Топология микрополоскового двухмодового фильтра

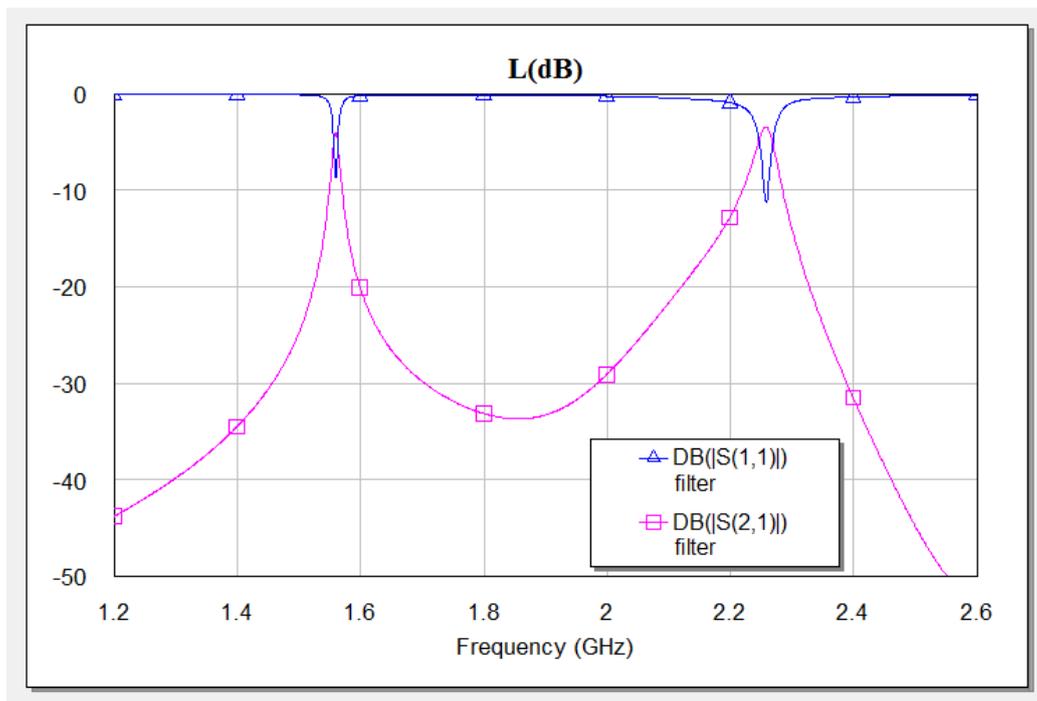


Рис. 3. Графики прямых и обратных потерь в микрополосковом двухмодовом фильтре

Основными недостатками этого фильтра являются трудность реализации оптимального алгоритма и относительно узкие полосы пропускания.

В рассмотренном ранее радиотракте двухдиапазонной системы беспроводного доступа с частотным дуплексом для разделения сигналов верхнего и нижнего диапазонов при приеме и объединения сигналов при передаче предлагаются микрополосковые дуплексеры, спроектированные по принципу параллельного включения ППФ с полосами пропускания

$\Delta f_1 = 2,3 \div 2,4$ ГГц и $\Delta f_2 = 5,725 \div 5,925$ ГГц. К ППФ нижнего диапазона последовательно подключен дополнительный фильтр для подавления паразитных резонансов. Топология диплексера приведена на рисунке 4, графики его прямых и обратных потерь, рассчитанные в САПР Microwave Office – на рисунке 5.

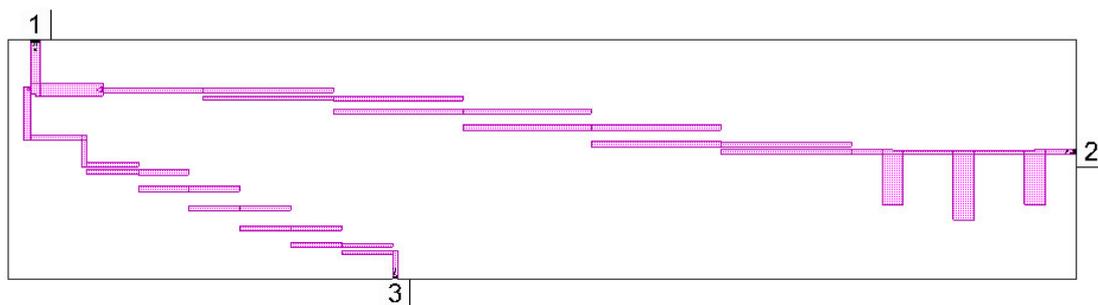


Рис. 4. Топология микрополоскового диплексера

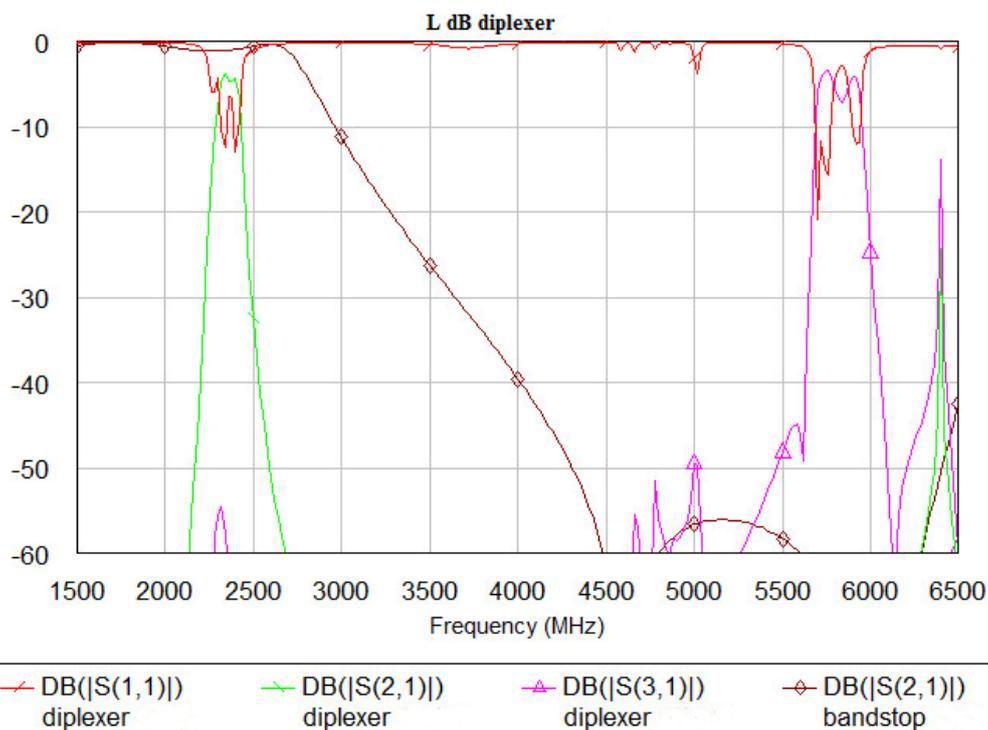


Рис. 5. Графики прямых и обратных потерь в микрополосковом диплексере

Каждый из перечисленных подходов к проектированию многополосных фильтров и диплексеров представляет собой сложную оптимизационную задачу. Существует необходимость поиска новых конструктивных и схемотехнических решений, которые бы позволили уменьшить габариты, упростить проектирование, изготовление и настройку этих устройств.

Список используемых источников

1. **Фазовые** характеристики многополосных фильтров и диплексеров и поиск перспективных схемно-конструктивных решений их реализации: дис. ... канд. техн. наук / Кершис Сергей Александрович. – СПб., 2014. – 151 с.
2. **A single-chip** dual-band tri-mode CMOS transceiver for IEEE 802.11 a/b/g wireless LAN / M. Zargari // IEEE J. Solid-State Circuits. – 2004. – Vol.39, No 12. – PP. 2239–2249.
3. **Миниатюрный** фильтр с двумя полосами пропускания на микрополосковых двухмодовых резонаторах / Б. А. Беляев, А. М. Сержантов, В. В. Тюрнев // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38, № 18. – С. 31–40.

УДК 004.932

Н. Н. Беляева, О. А. Свиньина

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ
В СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИХ И МНОГОРАКУРСНЫХ СИСТЕМАХ**

Рассмотрены объективные методы оценки искажений стереоскопических изображений, их корреляция с результатами субъективных экспертиз, а также возможность их применения для оценки искажений изображений многоракурсной системы.

оценка искажений, структурные различия, стереоскопические изображения.

Широкое распространение технологий съемки и воспроизведения стереоскопических изображений, а также активно ведущиеся работы по созданию многоракурсных систем, привели к необходимости разработки унифицированных методов оценки качества объемных изображений. Наиболее достоверными методами оценки качества изображения являются субъективные методы, так как именно они позволяют в полной мере учесть все особенности зрительного восприятия человека. Однако, несмотря на высокую достоверность оценки, субъективные исследования являются длительной процедурой, непригодной для организации автоматизированного контроля качества изображений.

Основной задачей разработки метода объективной оценки искажений стереоскопических изображений является получение как можно более высокой корреляции результатов его работы с результатами субъективных исследований. Одним из наиболее перспективных направлений разработки методов оценки искажений стереоскопических изображений является применение уже известных и широко используемых методов оценки искажений двумерных изображений к стереоскопическим изображениям.

Технология стереоскопического воспроизведения построена на создании у зрителя ощущения глубины и объема с помощью механизма бинокулярного зрения. Изображения, полученные в двух разнесенных по горизонтальной оси точках съемки, проецируются отдельно на сетчатку каждого глаза и, в последствии, соединяются в зрительном анализаторе в единый объемный образ. Качество воспринимаемого зрителем объемного изображения сильно зависит от качества двумерных изображений, участвующих в его создании, поэтому оценка качества изображений стереопары будет в определенной степени коррелирована с оценкой качества объемного изображения.

Для оценки различий изображений стереопары европейские ученые в [1] предложили использовать такие методы оценки качества двумерных изображений, как:

– *оценка структурного подобия* (Structure Similarity Index Metric, SSIM) [2] – объективная оценка воспринимаемого качества изображения, основанная на предположении, что зрительная система человека является высоко адаптированной к выделению структурной информации из просматриваемых изображений. Оценка качества, таким образом, заключается в расчете пространственной корреляции между элементами опорного и тестового изображения, позволяющей оценить искажение структурной информации в тестовом изображении;

– *универсальный индекс качества* (Universal Quality Index, UQI) [3] – универсальный индекс, позволяющий оценить искажения изображения как комбинацию трех факторов: снижение корреляции, а также искажения яркости и контраста. Универсальный индекс качества представляет собой математически описанную оценку, в частности среднеквадратическую ошибку (Root Mean Square Error, RMSE) или пиковое отношение сигнал/шум (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR);

– *C4* [4] – метод, основанный на оценке различий воспринимаемой структурной информации опорного и искаженного изображения с помощью модели зрительной системы человека;

– *псевдоэталонная оценка качества изображения* (Reduced-Reference Image Quality Assessment, RRIQA) [5] – основанная на сравнении опорного и искаженного изображений на основании статистических данных, полученных с помощью вейвлет-анализа каждого изображения.

Для исследования эффективности применения вышеуказанных методов для оценки качества стереоскопических изображений, каждое из изображений стереопары в равной степени подвергли таким искажениям, как: размытие; компрессия с помощью алгоритма JPEG; компрессия с помощью алгоритма JPEG2000; последовательная компрессия с помощью алгоритмов JPEG и JPEG2000. Сравнение искаженных изображений с опорными изображениями стереопары было проведено с помощью каждого из четырех

методов, после чего была рассчитана корреляция полученных оценок с результатами субъективной оценки качества тех же искаженных стереоскопических изображений (табл. 1). В результате исследований было установлено, что наиболее высокую корреляцию с субъективными оценками имеют методы, оценивающие структурные различия, в частности, C4 и, в меньшей степени, SSIM; однако оба эти метода показали неудовлетворительные результаты для оценки искажений, внесенных размытием.

Основным недостатком таких методов расчета объективной оценки качества стереоизображений является отсутствие качественной оценки информации о глубине стереоскопического изображения. Карта глубины, формируемая на основании анализа относительного смещения объектов на изображениях стереопары, является одной из важнейших характеристик стереоскопического изображения и в некоторых системах передачи используется для расчета одного из двух изображений стереопары на приемной стороне. Искажение изображений стереопары, например, в результате компрессии, может привести к возникновению искажений при формировании карты глубины, что, в свою очередь, может привести к серьезным искажениям стереоскопического изображения.

ТАБЛИЦА 1. Корреляция объективных оценок качества с результатами субъективных исследований

	Усредненная оценка	Размытие	JPEG	JPEG2000	JPEG + JPEG2000
SSIM	0,74	0,51	0,85	0,88	0,86
UQI	0,71	0,49	0,79	0,85	0,82
C4	0,79	0,48	0,94	0,97	0,95
RRIQA	0,59	0,72	0,66	0,58	0,55

Учитывая вышесказанное, в качестве дополнения к рассмотренной ранее методике оценки искажений двумерных изображений стереопары с помощью методов SSIM или C4, было предложено использовать оценку различий карт глубины, полученных на основании опорных и искаженных изображений стереопар. Структурная схема подобного алгоритма оценки качества стереоскопического изображения представлена на рисунке.

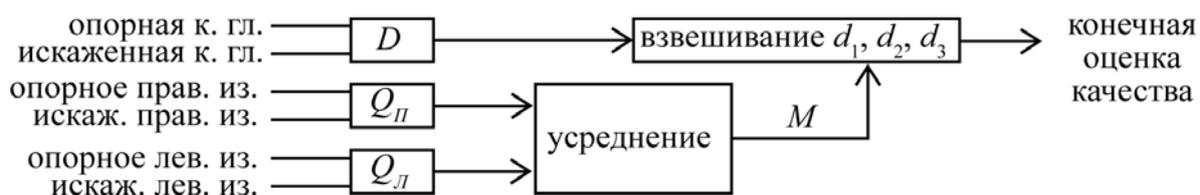


Рисунок. Структурная схема метода оценки качества стереоскопического изображения

Расчет конечной оценки качества в соответствии с рассматриваемым алгоритмом производится следующим образом:

– с помощью одного из методов SSIM или C4 рассчитываются оценки различия Q_p и Q_l между опорным и искаженным правым и опорным и искаженным левым изображением стереопары соответственно. Полученные оценки усредняются для получения общей оценки различия изображений стереопары M ;

– оценивается различие D между картой глубины, полученной на основании опорных изображений стереопары, и картой глубины, полученной на основании искаженных изображений стереопары. В связи с тем, что карты глубины не являются реальными изображениями, нет необходимости проводить оценку их различий с помощью методов, учитывающих зрительное восприятие изображений, и достаточно использовать более простые методы оценки различий, как например коэффициент корреляции (КК) или среднеквадратическая ошибка (RMSE);

– конечная оценка качества рассчитывается на основании оценок различия M и D с использованием одной из трех взвешивающих функций (1)–(3):

$$d_1 = M \cdot \sqrt{D}, \quad (1)$$

$$d_2 = M \cdot (1 + D), \quad (2)$$

$$d_3 = D. \quad (3)$$

Взвешивающие функции при расчете конечной ошибки различия служат для учета влияния искажений в изображениях стереопары и картах глубины в различной степени. Функция (3) учитывает только влияние различий между картами глубины опорного и искаженного изображений. Функции (1) и (2) учитывают, как влияние различий между картами глубины, так и различия между опорными и искаженными изображениями стереопары, причем при взвешивании с помощью (1) наибольшим весом обладают различия в пространственной информации, а при взвешивании с помощью (2) – различия двумерных изображений.

Для оценки эффективности работы рассмотренного алгоритма с его помощью были рассчитаны оценки качества для изображений, подвергнутых, как и в ранее рассмотренном случае, размытию, а также компрессии с помощью алгоритмов JPEG и JPEG2000. Оценка различий изображений стереопары проводилась с использованием методов SSIM и C4, оценка различий карт глубины – с помощью расчета КК. Полученные для различных типов искажений оценки различия изображений стереопары M и карт глубины D были усреднены для исключения влияния типа искажений. В таблице 2 представлены результаты сравнения оценок качества, полученные для че-

тырех вышеперечисленных методов оценки различий с помощью трех взвешивающих функций (1)–(3). Таким образом, было рассмотрено семь различных методов расчета оценки различия стереоскопических изображений.

ТАБЛИЦА 2. Корреляция объективных оценок качества, полученных с помощью различных взвешивающих функций, с результатами субъективных исследований

	SSIM (без учета D)	SSIM, d_1	SSIM, d_2	C4 (без учета D)	C4, d_1	C4, d_2	D, d_3
КК	0,77	0,84	0,85	0,91	0,91	0,90	0,67

Как видно из результатов исследования, с добавлением информации об искажении карты глубины, существенно возросла эффективность использования алгоритма SSIM (взвешенная функциями (1) и (2)). Однако, добавление оценки различий карт глубины не повлияло на работу алгоритма C4. Получение подобных результатов связано с тем, что метод SSIM не может достаточно точно предсказать оценку качества с точки зрения восприятия стереоскопического изображения. Однако, используемый в паре с оценкой различия карт глубины, метод SSIM будет настолько же эффективен, как и метод C4, примененный для оценки различий изображений стереопары.

Расширяя вопрос оценки искажений объемного изображения до находящихся в стадии разработки многоракурсных систем, можно отметить, что в этих системах он пока что не рассматривается с точки зрения восприятия изображения зрителем. Основной проблемой качества в этих системах является наличие искажений на изображениях, получаемых с различных камер системы. Подобные искажения приводят к затруднению выполнения дальнейших процедур обработки и формирования многоракурсных изображений, поэтому они должны быть оценены и, при необходимости, скорректированы, на начальных этапах обработки.

Искажения изображений, получаемых с камер системы, делятся на три группы: геометрические, фотометрические и колориметрические. Учитывая отсутствие необходимости оценки влияния этих искажений на восприятие многоракурсного изображения, можно предположить, что для их оценки будет достаточно использования рассмотренных ранее методов. Для автоматизированной оценки искажений целесообразно использовать более простые в реализации методы, в частности, для оценки геометрических и фотометрических искажений – метод SSIM.

Направлением для дальнейшей работы является исследование эффективности применения стандартизованных методов оценки цветовых различий в совокупности с методом SSIM, а также корреляции получаемых объективных оценок различия с результатами субъективных экспертиз. Разработка автоматизированного объективного метода оценки искажений двумерных изображений многоракурсных систем позволит решить проблему

контроля качества в этих системах и будет являться важным шагом на пути их дальнейшего развития и интеграции в повседневную жизнь.

Список использованных источников

1. **Quality** Assessment of Stereoscopic Images / A. Benoit, P. LeCallet, P. Campisi, R. Cousseau // EURASIP Journal of Image and Video Processing 2008. – 659024. – PP. 1–13.
2. **Image** Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity / Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, E. P. Simoncelli // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13, No. 4. – PP. 600–612.
3. **A Universal** Image Quality Index / Z. Wang, A. C. Bovik // IEEE Signal Processing Letters. – 2002. – Vol. 9, No. 3. – PP. 81–84.
4. **An Image** Quality Assessment Method Based on Perception of Structural Information / M. Carnec, P. LeCallet, D. Barba // IEEE Int. Conf. on Image Processing ICIP 2003, Barcelona, Spain, September 14–17, 2003. – PP. 185–188.
5. **Reduced-Reference** Image Quality Assessment Using a Wavelet-Domain Natural Image Statistic Model / Z. Wang, and E. P. Simoncelli // Human Vision and Electronic Imaging X, Proceedings of the SPIE. – 2005. – Vol. 5666. – PP. 149–159.

УДК 621.376.6

Б. М. Валеев, Р. К. Сагдиев

СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ АМПЛИТУДНО МАНИПУЛИРОВАННОГО КОЛЕБАНИЯ, ДЕМОДУЛЯЦИИ, ДЕКОДИРОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Зачастую если сигнал промодулирован на высокой частоте и частота точно не известна довольно сложно выделить несущее колебание, определить вид модуляции и произвести демодулирование в автоматическом режиме. Применение частотного расширения метода оценки сигналов дает возможность сделать это в автоматическом режиме.

спектральный анализ, демодуляция, методы поиска сигнала.

Сущность предложенного метода расширения оценки сигналов заключается в том, что при использовании нескольких аналого цифровых преобразователей (АЦП), настроенных на некрратные друг другу тактовые частоты, для оцифровки одного и того же сигнала. При этом, если на входе преобразователей присутствует сигнал на частоте выше частоты Котельникова, на входе преобразователя будет выделено колебание не на истинной частоте, а на смещенной в область низких частот до частоты Котельникова. При этом истинную частоту можно будет вычислить по формуле:

$$f_{\text{ист}} = f_{\text{рез}} + k \cdot f_{\text{такт.АЦП}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{ист}}$ – истинная частота колебания на входе АЦП, $f_{\text{рез}}$ – частота колебания на выходе АЦП, $f_{\text{такт.АЦП}}$ – тактовая частота работы АЦП, k – некоторая константа являющаяся положительным целым числом.

Как видно из выражения (1) уравнение имеет бесконечно большое количество решений. Однако если использовать два АЦП настроенных на разные частоты можно получить так же бесконечное количество решений, однако резко увеличить область частот, в которых решение данного уравнения будет всего лишь одно. Покажем сущность работы метода схематично на рисунках. На рисунке 1 представлен сигнал на входе АЦП. При этом штриховыми линиями выделены частоты равные половине частоты дискретизации.

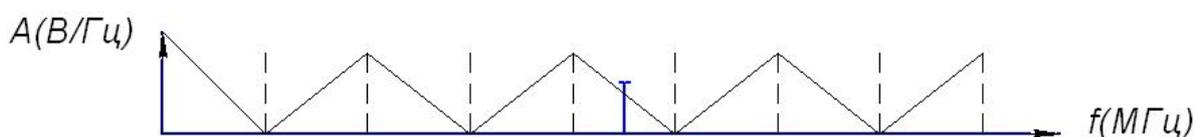


Рис. 1. Сигнал на входе АЦП

Оценка сигнала после АЦП показана на рисунке 2, при этом видно существование бесконечного множества решений при которых мы получим тот же спектр что и при исходном сигнале.

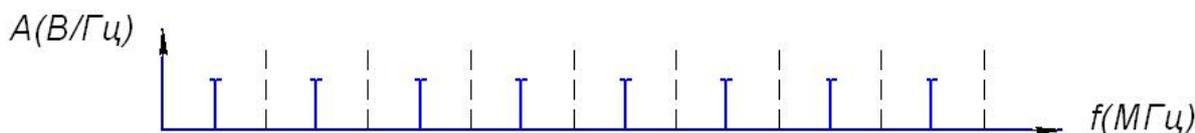


Рис. 2. Оценка сигнала на выходе АЦП

Если рассмотреть аналогичный процесс на другом АЦП, с иной частотой дискретизации можно заметить, что для бесконечного множества решений значительно увеличилось расстояние между решениями. Результаты показаны на рисунке 3. Таким образом, если положить, что решение является ближайшим возможным, можно осуществить итеративный поиск по ближайшим решениям начиная с минимального. Использование аналогового эффекта в оптике называется стробоскопическим эффектом, когда определяется кратность частоты смены кадров и оборотов некоторого вращающегося процесса во времени. Данный эффект имеет аналогичные физические явления с точки зрения процесса. И что важно заметить, можно применить аналогичную методiku для определения скорости вращения объекта при помощи камер, работающих на частотах 24 и 25 кадров в секунду.

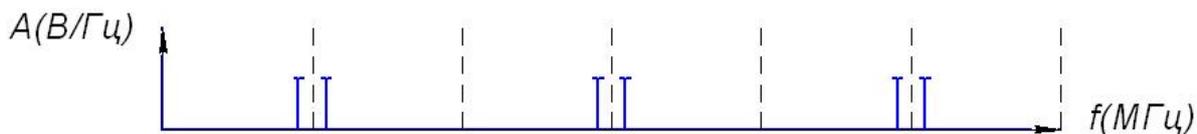


Рис. 3. Сигнал на выходе второго АЦП с тактовой частотой отличной от первого АЦП

Таким образом мы можем выделить некоторое колебание на входе приемника причем даже если это колебание заведомо намного выше тактовой частоты работы АЦП. Однако поскольку мы никогда не работаем в условиях с чистой несущей частотой без передачи информации, мы должны учитывать ширину спектра предполагаемого сигнала. Для этого необходимо использование второго АЦП на некоторой отстройке частоты равной минимальной ширине спектра сигнала. Таким образом, можно достичь высокой точности определения полосы частот принятого сигнала, при условии, что сигнал является единственным среди шумов. Для того, чтобы выполнить данное условие необходимо использовать фильтрацию в области высоких частот, что выполняется к примеру, в супергетеродинном приемнике, при помощи фильтра по зеркальному каналу. Однако даже в этом случае, если применять подобную схему для приема сигнала, то вносит свое влияние скорость измерения сигнала во времени, что определяется скоростью передачи радиолинии. По этой причине наилучшим применением для данной схемы является не прием сигнала, а оценивание и поиск его в некотором диапазоне, что позволяет уменьшить сложности поиска и подстройки частоты, в перспективе возможно даже избежать их¹.

Соответственно следующим шагом должна быть перестройка несущей частоты гетеродина в супергетеродинном приемнике на центральную частоту сигнала. В дальнейшем для определения модуляции и демодулирования сигнала легко применить программно определяемый приемник, позволяющий произвести необходимые вычисления, определить используемую модуляцию и выделить из принятых данных полезную информацию. При этом нынешние электронно вычислительные средства позволяют легко производить параллельную обработку сигнала в различных схемах демодулирования и декодирования, с возможностью принять решение какой из сигналов является наиболее правдоподобным после демодулирования. В данный момент ведется разработка устройства на ПЛИС способного реализовать подобную архитектуру с самого начального этапа до готового устройства.

¹ Пат. 2516763 Российская Федерация, МПК Н 03 М 1/08 G 01 R 23/16. Способ расширения полосы частот оценки спектров сигналов / Кренев А. И., Ботов В. А., Горюнов И. С., Погребной Д. С., Топорков В. К.; заявитель и патентообладатель Яргу им. П. Г. Демидова, ООО «РТС», ООО «ИМТ». – 2012143923/08; заявл. 15.10.2012; опубл. 20.05.2014, Бюл. № 14.

УДК 621.396.96

Д. Б. Волгушев, А. В. Киреев, Г. А. Фокин

**МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ
СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ НА ОСНОВЕ
ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОГО РАДИО**

Представлен опыт практической реализации приемопередатчика ОФМ-2 на SDR платформе Ettus B210 в среде GNU Radio. Предложена методика лабораторных испытаний эмулятором радиоканала Agilent PXB N5106A. Проведенные испытания позволили оценить возможность радиоприема по критерию фазового портрета и вероятности битовой ошибки BER при моделировании на несущей частоте в диапазоне 433 МГц.

модельно-ориентированное проектирование, программно-конфигурируемое радио, лабораторные испытания, SDR, Ettus B210, PXB N5106A, GNU Radio, ОФМ-2.

В существующих на сегодняшний день радиостанциях функции физического уровня по фильтрации, модуляции/демодуляции, преобразованию спектра, усилению сигналов и т.д. выполняются аппаратными методами под программным контролем. Согласно концепции, программно-конфигурируемого радио SDR (Software-defined radio) большинство функций физического уровня выполняется в программном виде [1].

Подход SDR может существенно повысить функциональные возможности радиостанций при современном разнообразии стандартов связи благодаря поддержке работы в широкой полосе частот с различными видами сигналов [2], а возможность адаптивной программной реконфигурации функций физического уровня, реализованных на унифицированной аппаратной платформе, представляется экономически привлекательным решением для широкого спектра оборудования в обозримой перспективе.

В настоящей работе представлен опыт практической реализации приемопередатчика ОФМ-2 на аппаратной платформе Ettus B210 [3] в программной среде GNU Radio [4] для передачи телеметрии в нелицензируемом диапазоне 433 МГц с соблюдением требований ГКРЧ по ограничению на излучаемую мощность в 10 мВт. Предложенная методика лабораторных испытаний эмулятором радиоканала Agilent PXB N5106A [5] позволила оценить возможность радиоприема при моделировании на несущей частоте в диапазоне 433 МГц.

Разработка систем радиосвязи сопряжена с решением целого ряда сложных задач: от разработки алгоритмов синхронизации, модуляции и фильтрации до оптимизации каналов связи, протоколов передачи данных и их программной реализации на DSP процессорах или FPGA [6]. Модельно-ориентированное проектирование (МОП) – это математический

и визуальный метод решения задач, связанных с проектированием систем управления, обработки сигналов и связи. В МОП процесс разработки сосредоточен вокруг модели – от задания технических требований до реализации и тестирования. Применительно к SDR, МОП является методом разработки и отладки систем радиосвязи с возможностью адаптивной программной реконфигурации функций физического уровня, реализованных на унифицированной аппаратной платформе. Одной из таких платформ является плата B210 [3] из линейки оборудования компании Ettus. Поддерживаемой средой разработки для МОП приемопередатчика на плате B210 является GNU Radio [4]. GNU Radio это программная среда, который предоставляет широкий функционал цифровой обработки сигналов для разработки программно-определяемых радиосистем.

Программная реализация приемопередатчика ОФМ-2 на SDR платформе Ettus B210 в среде GNU Radio представлена в [7].

Методика испытаний аппаратными средствами Agilent представлена на рисунке 1. ПК работают на ОС Linux с программной средой GNU Radio.

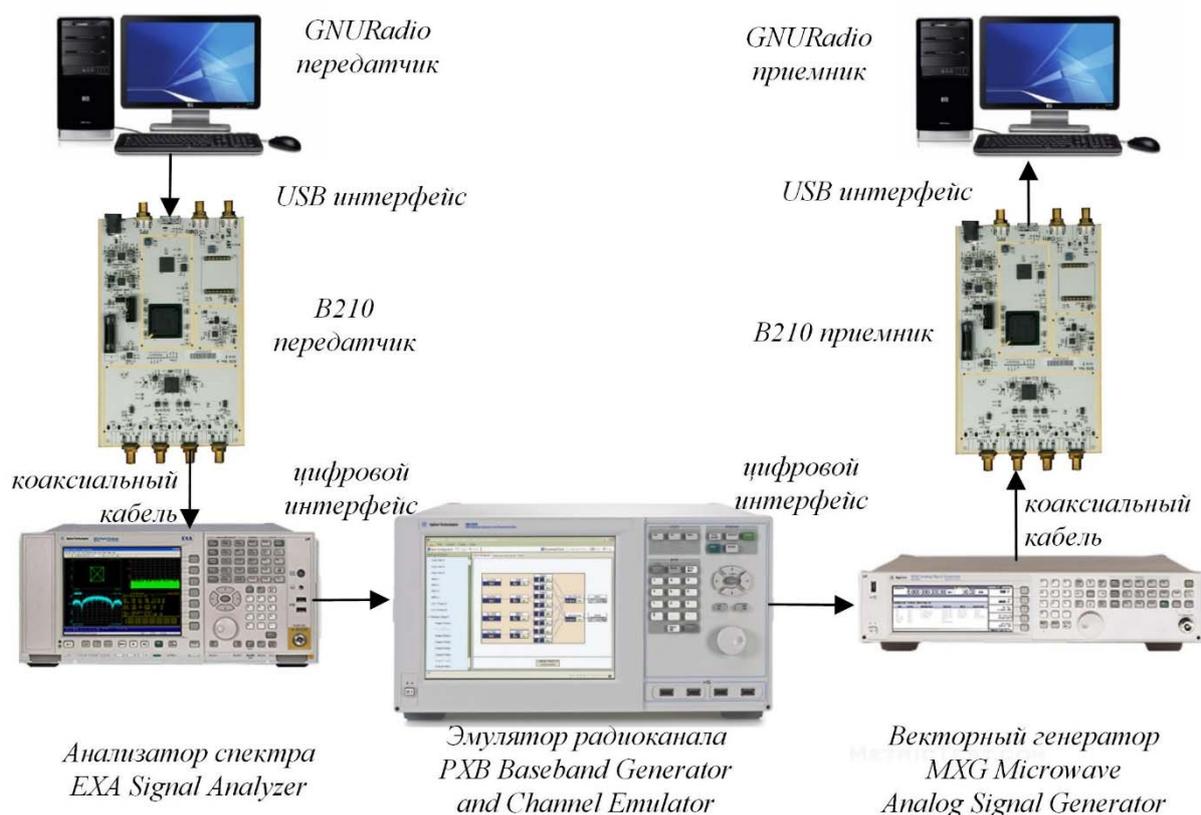


Рис. 1. Методика испытаний средствами Agilent

Эмулятор PXB N5106A в реальном времени моделирует в цифровом виде широкий спектр физических явлений при распространении радиоволн (РРВ). Для моделирования на несущей частоте 433 МГц сигнал передатчика GNU Radio переносится на нулевую ПЧ, оцифровывается анализатором

спектра EXA (signal analyzer), поступает в цифровом виде в эмулятор радиоканала, где учитываются эффекты РРВ, затем преобразуется в аналоговую форму и переносится на несущую частоту 433 МГц векторным генератором MXG (MXG Microwave Analog signal Generator) и поступает в приемник GNU Radio.

Фазовый портрет сигнала ОФМ-2 отображается в окне графического приложения GNU Radio на компьютере, подключенном к приемнику: на рисунке 2 представлен фазовый портрет при $E_b/N_0 = 1$ дБ, а на рисунке 3 – при $E_b/N_0 = 10$ дБ.

Анализ представленных графиков позволяет сделать вывод о том, что с увеличением параметра E_b/N_0 фазовый портрет становится различимым, а переданные единичные биты совпадают с принятыми.

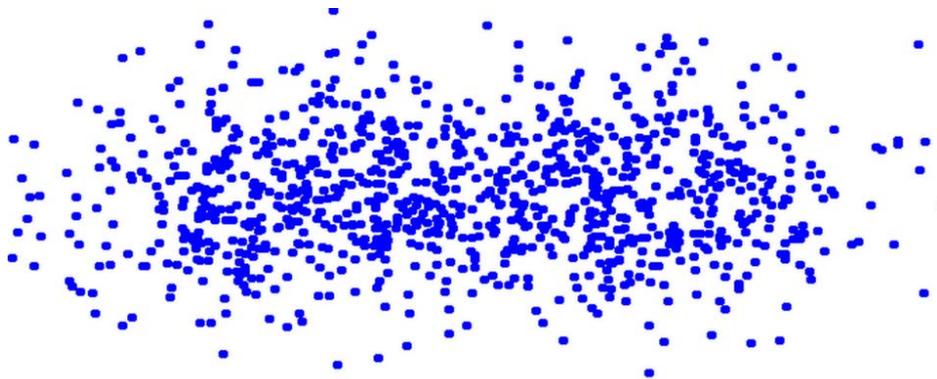


Рис. 2. Фазовый портрет сигналов ОФМ-2 при $E_b/N_0 = 1$ дБ

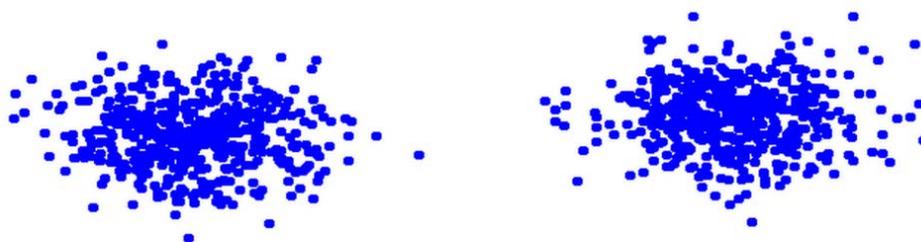


Рис. 3. Фазовый портрет сигналов ОФМ-2 при $E_b/N_0 = 10$ дБ

Регулируя мощность шума на эмуляторе канала, был построен график оценки вероятности битовой ошибки, представленный на рисунке 4. Отклонение графика от теории при низком соотношении сигнал-шум вызвано эффектом наложения ошибок на выходе дескремблера [7].

Из графика, представленного на рисунке 4 следует, что ОФМ-2 приемопередатчик, реализованный на аппаратной платформе Ettus B210 в программной среде GNU Radio работает корректно.

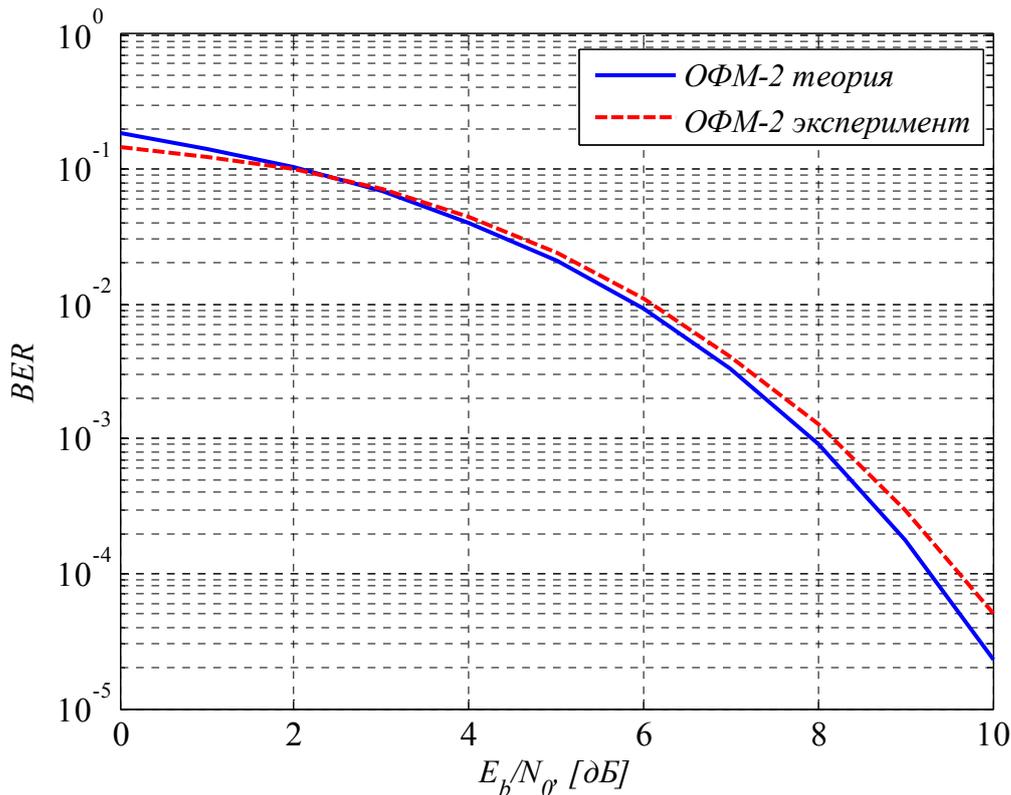


Рис. 4. График помехоустойчивости сигналов ОФМ-2

Список используемых источников

1. **Основы** программно-конфигурируемого радио / В. А. Галкин. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 372 с.
2. **Анализ** особенностей использования аппаратно-программных средств USRP при исследовании беспроводных систем передачи информации / Ф. Б. Серкин // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. – Т. 12. – № 1. – С. 63–67.
3. **Официальный сайт** «Ettus Research». – Режим доступа: http://www.ettus.com/content/files/kb/b200-b210_spec_sheet.pdf (Дата обращения: 27.03.2015).
4. **Официальный сайт** GNU Radio. – Режим доступа: <http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki> (Дата обращения: 27.03.2015).
5. **Официальный сайт** «Keysight». – Режим доступа: <http://www.keysight.com/en/pd-1455099-pn-N5106A/pxb-baseband-generator-and-channel-emulator> (Дата обращения: 27.03.2015).
6. **Модельно-ориентированное проектирование систем управления** [Электронный ресурс] / Н. П. Деменков. – Режим доступа: http://is.ifmo.ru/miscellaneous/_matlab_simulink.pdf (Дата обращения: 27.03.2015).
7. **Designing the MIMO SDR-based LPD Transceiver for Long-range Robot Control Applications** / G. Fokin, D. Volgushev, A. Kireev, D. Bulanov, V. Lavrukhin / The 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), St. Petersburg, Russia, October 6–8, 2014. – PP. 556–561.

УДК 621.365.55:621.315.61

М. Ю. Волокобинский

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ АППАРАТУРЫ**

Изложены способы получения и свойства перспективных технологических электропроводящих и изоляционных композиционных материалов и наноматериалов для применения в высоковольтной высокочастотной аппаратуре.

электропроводящие, изоляционные, композиционные материалы и наноматериалы для высоковольтной высокочастотной аппаратуры.

В связи с бурным развитием радиотехники необходима разработка новых материалов для высоковольтной высокочастотной аппаратуры. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) состоят из полимерной матрицы и наполнителя. ПКМ условно подразделяются на 2 вида: ПКМ с пассивным наполнителем и ПКМ с активным наполнителем. К первой группе ПКМ относятся материалы, наполнитель в которых не изменяет своих свойств под воздействием внешних факторов (температуры, давления, приложенного электрического или магнитного поля). Ко второй группе ПКМ относятся материалы, существенно изменяющие свойства при действии какого-либо или нескольких из перечисленных факторов. Получение ПКМ с требуемыми свойствами является актуальной задачей.

Среди диэлектрических наполнителей важным значением имеют материалы с высокой диэлектрической проницаемостью, в частности, (диоксид) двуокись титана TiO_2 . Известны три модификации TiO_2 : – брукит, анатаз и рутил. Для получения анатазной модификации TiO_2 используют природный минерал – ильменит. В направлении главной кристаллографической оси рутил имеет диэлектрическую проницаемость $\epsilon \approx 170$, в перпендикулярном этой оси направлении $\epsilon \approx 86$ [1].

В качестве полупроводниковых наполнителей применяются оксиды цинка, олова, кадмия, никеля.

Используются и высокотемпературные сверхпроводящие наполнители, например, $Y_1Ba_2Cu_3O_{1-x}$, которые получают из смесей окислов иттрия, меди и $BaCO_3$.

При изготовлении электропроводящих ПКМ применяют каучуки, которые называются также эластомерами.

Эластомеры (или каучуки) находятся в высокоэластичном состоянии. Это состояние свойственно натуральному каучуку в диапазоне температур от -73 до $180-210$ °С.

В результате вулканизации каучука образуются резины, относящиеся к полимерам сетчатой структуры. Резины способны выдерживать многократные перегибы, удлиняться при растяжении и восстанавливать размеры после снятия нагрузки.

В качестве матрицы ПКМ применяются фторсодержащие полимеры, например, политетрафторэтилен (ПТФЭ), политрифторхлорэтилен, поливинилиденфторид (фторопласт-4).

Политетрафторэтилен является одним из наиболее термостойких полимеров и обладает химической стойкостью к большинству агрессивных сред и его целесообразно использовать в агрессивных средах при температурах от -260 до $+260$ °С. Среди известных твердых полимерных изоляционных материалов ПТФЭ имеет низкие ϵ и $\text{tg}\delta$.

Политрифторхлорэтилен (ПТФХЭ) – фторопласт-3 – по химической стойкости несколько уступает ПТФЭ, но является прочным и твердым материалом.

В электроизоляционной и кабельной технике применяются электропроводящие ПКМ. Они используются при изготовлении антистатических изделий, экранов электромагнитного поля, эффективность действия которых зависит от удельного сопротивления наполнителя. Электропроводящие ПКМ применяются для защиты электронной аппаратуры от внешних электромагнитных излучений.

Использование наполнителей из углеродных графитированных волокон (грален-2), получаемых из вискозного волокна путём последовательной термообработки, включающей стадию графитирования, позволяет изготовить матрицы ПКМ, которые характеризуются высокой механичностью прочностью, малой плотностью $1,4-2,0$ г/см³ (по сравнению с металлами), удельным электрическим сопротивлением в пределах $1 \cdot 10^{-5}-1 \cdot 10^4$ Ом·м (в зависимости от концентрации граленовых волокон), коэффициентом теплопроводности $0,8-1,6$ Вт/м·К, стойкостью к кислороду воздуха до $400-500$ °С (в восстановительной и инертных средах – до 3000 °С).

Применение в кабелях высокого напряжения ПКМ на основе полиэтилена с диоксидом титана позволило повысить электрическую прочность $E_{\text{пр}}$ изоляции.

Важную роль играет применение ПКМ с активными наполнителями. Защита изоляции электротехнических и электронных устройств от перенапряжений осуществляется с помощью ограничителей перенапряжений (ОПН). В ОПН используются нелинейные резисторы-варисторы, например,

варисторы, изготовленные из керамики на основе оксида цинка, обладающие высокой нелинейностью вольтамперных характеристик (ВАХ). Для устранения хрупкости керамики в состав смесей вводят связующий материал, в частности, стекло. Например, нелинейные резисторы изготавливаются из смесей, содержащих 30–70 % оксида цинка и 70–30 % стекла, которое играет роль связки, а также 10–30 % полупроводникового материала и полимерного связующего и оксиды олова и цинка с добавками до 27,5 % органического связующего. Полупроводниковый наполнитель, обладающий нелинейной ВАХ, обеспечивает нелинейную зависимость тока через образец от приложенного напряжения (варисторный эффект). Связующий компонент улучшает механические и технологические свойства композита. Для устранения хрупкости в ПКМ добавляют полимерное связующее и порошки полупроводниковых материалов.

Представляет интерес исследование материалов с ВТСП (высокотемпературным сверхпроводящим) наполнителем, который при $T \approx 90$ К резко изменяет свои свойства.

Теоретические исследования позволили описать свойства гетерогенных систем: электропроводность ПМК зависит от типа и концентрации электропроводящего наполнителя, степени его диспергирования, а также от наличия оксидных пленок на поверхности частиц, температуры и других факторов. Установлено, что прохождение электрического тока через полимер осуществляется по цепочкам, образованным частицами наполнителя при наличии контактов между ними; проходимость обусловлена переносом электронов термоэлектронной эмиссией и (или) туннельным эффектом.

Большое внимание уделяется теоретическому рассмотрению свойств неоднородных диэлектриков, в частности изучению электрической прочности и пробоя. Теория позволила сделать заключение о возможности изготовления высококачественных радиотехнических материалов, обладающих требуемыми свойствами².

По мере усовершенствования технологии электронного приборостроения и уменьшения размеров радио- и электронных приборов появилась возможность использовать элементы с размерами от 1 до 100 нанометров (нм), возникла нанотехнология. Это методика изготовления приборов, имеющих указанные размеры. Нанотехнология – создание новых материалов и приборов путем молекулярной и газотранспортной эпитаксии с использованием технологических процессов посредством фуллеренов и наноуглеродной технологии. Нанотехнология включает ряд технологически методов; среди

² Потери в диэлектрике с переменным числом релаксаторов / М. Ю. Волокобинский // III Международная научно-техническая и научно методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». – 2014. – С.63–67.

которых можно отметить: методы, применяемые в наноматериаловедении и нанoeлектронике.

Нанотехнология позволяет получать материалы, обладающие уникальными свойствами. При изготовлении наноматериалов применяются порошковые технологии, которые включают химические, электрохимические, термические и многие другие методы получения ультрадисперсных порошков. Методами нанотехнологии, включающими физические и химические методы, изготавливаются наноструктурные пленки и покрытия на основе тугоплавких соединений. С помощью нанотехнологии производятся магнитные материалы для записи и хранения информации. Применение в информатике позволяет повысить производительность систем передачи, обработки и хранения информации, в частности, изготавливать сегнетоэлектрические пленки для запоминающих устройств.

УДК 621.365.55:621.315.61

Ю. М. Волокобинский, Н. О. Дёшина, А. С. Сотенко

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ

Рассмотрены современные способы изготовления высококачественных радио- и электротехнических материалов. Приведены теоретические представления о свойствах материалов в зависимости от их состава, методов обработки и применения.

изоляционные композиционные материалы, наполнители.

Совершенствование приборов радио- и электротехнической аппаратуры требует разработки новых электроизоляционных материалов на основе полимеров. Наличие большого числа полимерных связующих и дисперсных наполнителей позволяет создать материалы с заданными свойствами. При разработке новых материалов необходимо учитывать влияние всех составляющих на свойства полимера³.

Большинство полимерных материалов обладают изоляционными свойствами и имеют удельное сопротивление ρ 10^{14} – 10^{16} Ом·см. Путем введения дисперсных электропроводящих наполнителей можно изготовить проводящие композиции.

³ Конструирование высоковольтных сверхвысокочастотных изоляторов / Ю. М. Волокобинский, Н. О. Дёшина, А. С. Сотенко // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», Санкт-Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014 г. – С.67–71.

При выборе материала для электротехнических изделий необходимо учитывать стабильность электрических свойств при воздействии повышенных и пониженных температур, влажности воздуха, радиоактивного излучения. В зависимости от назначения изделия предъявляются различные требования к физико-механическим свойствам материала: к прочности на растяжение, сжатие и изгиб, ударной вязкости, эластичности, твердости и другим свойствам.

В некоторых случаях к изделиям и материалам предъявляются требования вибропрочности при различных амплитудах и частотах колебаний. Большое значение имеют температурные коэффициенты линейного расширения соприкасающихся материалов. При изготовлении изделий электротехнического назначения необходимо учитывать весь комплекс физических и химических свойств материалов.

Создание композиционных материалов на основе полиолефинов позволяет получать прочные, надежные и дешевые изделия. В качестве сырья для изготовления деталей радио- и электротехнического назначения часто используется полипропилен, обладающий высокими конструкционными и диэлектрическими свойствами, а также хорошей перерабатываемостью. Композиции на его основе могут успешно конкурировать с более дорогими пластмассами, такими полиметилпентиды, фторопласт-4 и другими.

Полипропилен занимает по объему производства четвертое место после полиэтиленов низкого и высокого давления и поливинилхлорида. Полипропилен широко применяется благодаря сочетанию высоких конструкционных свойств с высокой химической и коррозионной стойкостью, влагостойкостью, а также устойчивостью к моющим средствам. Однако, при переработке полипропилена и композиций на его основе в изделия методом литья под давлением необходимо соблюдать высокое соотношение длины и диаметра шнека из-за высокой температуры плавления и низкой теплопроводности полипропилена.

Механизм электропроводности диэлектрика зависит от типа и концентрации наполнителя, наличия в нем оксидных и других пленок, способа диспергирования, температуры, приложенного напряжения и других факторов. Перенос заряда может идти по цепочке из частиц наполнителя, находящихся в контакте, либо путем эмиссии через зазоры между частицами. Прохождение тока возможно и тогда, когда между проводящими частицами имеется воздушный зазор или пленка диэлектрика. Возможны различные механизмы переноса электронов через потенциальный барьер, в том числе и туннельный эффект, который является наиболее вероятным механизмом переноса заряда в электропроводящих композициях.

Композиции с повышенной электропроводностью получают путем введения в полимерные диэлектрики, например, в полиолефины, высокопроводящих веществ (в частности порошков металлов, углерода, графита). Введение порошков благородных металлов (золота или серебра) позволяет

значительно повысить электропроводность и приблизить её к электропроводности этих металлов. В целях экономии благородных металлов применяют стеклосферы, покрытые слоем металла, например, посеребренная керамика или медь. Удельное объемное сопротивление зависит от содержания наполнителей в композиции.

Наполнение полимеров неорганическими наполнителями с высокой электропроводностью позволяет получать материалы с широким спектром электрических свойств. Наименьшее сопротивление имеют порошки серебра, раскисленной меди, никеля и других металлов. Полупроводящими свойствами обладают бор, нитрид бора, двуокись титана, окись висмута, сульфиды металлов, технический углерод, графит. Особое внимание уделяют углеродным наполнителям.

Углеродные наполнители совмещаются с полимером, диспергируясь в нем. Существуют различные марки технического углерода, в том числе с повышенной электропроводностью. Графиты также используются в промышленности в качестве наполнителей.

Углеродные наполнители: технический углерод, угольные волокна типа «углен», графит используются для создания композиционных материалов с повышенной электропроводностью и теплопроводностью.

Технический углерод придает материалу полезные свойства: устойчивость к действию тепла и ультрафиолетового излучения, влияет на величину электропроводности. Использование углерода позволят усовершенствовать процесс переработки пластмасс.

Выпускается и используется множество сортов технического углерода, основными характеристиками которых считаются маслопоглощение, интенсивность цвета.

Реологические свойства полимера, наполненного техническим углеродом, существенно зависят от размера частиц и степени развития цепочечных и разветвленных структур. По мере уменьшения размера частиц или увеличения структурированности требуется всё большее количество полимера для того, чтобы смочить или покрыть частицы технического углерода или их агрегаты. Это приводит к увеличению вязкости или жёсткости наполненных композиций. По этой причине технические углероды, используемые как наполнители пластических масс, должны быть крупнозернистыми и иметь низкую структурность (например, технический углерод из частиц со среднеарифметическим диаметром 300 нм). Грубые технические углероды диспергируются быстрее других вследствие меньшего взаимодействия между частицами. Высокая структурность также улучшает диспергируемость. Это объясняется большими сдвиговыми усилиями, возникающими на стадии смешения и диспергирования. Одной из характеристик технического углерода, непосредственно связанных с размером частиц, является электропроводность. Возникновение электропроводности при использовании технического углерода в композициях связано с образованием

цепочек из частиц технического углерода, обладающих электронной проводимостью. Оптимальная электропроводность достигается при соответствующем выборе технического углерода, его концентрации и правильном диспергировании.

Использование технического углерода в пластмассах проявляется в одном или нескольких эффектах:

- защите полимера от действия солнечного света;
- регулировании его электропроводности;
- улучшении перерабатываемости полимера;
- снижении стоимости;
- окрашивании.

Технический углерод обычно вводится в пластмассы периодическим способом в смесителях Бенбери или с помощью непрерывных смесителей. Хорошее диспергирование, особенно в случае крупнодисперсных сортов, достигается и на экструзионном оборудовании при длительном смешивании и высоких деформациях сдвига. Технический углерод может использоваться для придания полимеру высокой электропроводности или, наоборот, для повышения его удельного сопротивления. Проводимость обеспечивается тщательным диспергированием при соответствующей концентрации сравнительно мелкодисперсных, высокоструктурных частиц технического углерода с малым содержанием летучих веществ на поверхности, то есть частиц технического углерода, способных образовывать цепочки контактирующих частиц. Уменьшение размера частиц увеличивает число межчастичных контактов. Летучие примеси на поверхности препятствуют проводимости. Композиции с высоким электрическим сопротивлением обычно изготавливаются на основе технического углерода с высоким содержанием кислорода на поверхности, т.е. канального или печного технического углерода с низкой структурностью и высоким содержанием летучих веществ. Повышение содержания технического углерода от 20 до 30 % значительно увеличивает проводимость и проявляется отрицательный эффект передиспергирования. Поскольку проводимость зависит от образования цепочных структур, при малых степенях наполнения, обычно ниже 10–15 %, проводимость мала и сильно зависит от степени дисперсности технического углерода и природы полимера.

Существует ряд приемов, позволяющих увеличить электропроводность технического углерода. Например, термообработка технического углерода при 1300 °С, что в отсутствие кислорода воздуха приводит к удалению с поверхности частиц летучих продуктов без заметной графитизации.

Фирма АК. Chemie Hederland сообщила о получении образцов технического углерода, обладающих сверхпроводимостью. Это газовый технический углерод печного типа, существенно отличающийся от других образцов большой удельной поверхностью (920 м²/г) по сравнению с 70 м²/г у ацетиленового, и имеющего весьма высокую пористость. Отечественная

промышленность также выпускает технический углерод с высокой электрической проводимостью. Трудности работы с техническим углеродом заставляет искать другие проводящие наполнители.

В частности, в качестве электропроводящих наполнителей был применен графит. Графиты имеют существенную зольность, имеются и малозольные сорта графита, например, электроугольный малозольный.

Графит (это одна из простых форм углерода) имеет кристаллическую структуру, в которой атомы образуют гексагональную плоскую решётку и формируются в виде параллельных слоёв. Расстояние между слоями составляет 0,335 нм, а между атомами в гексагональных кольцах 0,142 нм. Монокристалл графита в направлении слоев имеет удельное сопротивление $\sim 4 \cdot 10^{-5}$ Ом·см. В направлении, перпендикулярном слоям, удельное сопротивление в 250 раз больше. Частица технического углерода состоит из отдельных кристаллических фрагментов, каждый из которых наполняет структуру графита (состоит из нескольких параллельных слоев), причем ориентированы фрагменты в различных направлениях.

Графит является кристаллической формой углерода. Он однороден по химическому составу и стоек к действию кислот и щелочей. Для графита характерна чешуйчатая форма частиц. Он может использоваться в качестве смазывающего наполнителя.

Существуют проверенные соотношения между величинами проводимости материалов в блоках и порошках. Для графита, в отличие от технического углерода, характерна небольшая разница этих величин.

Разработан способ получения электропроводящих композиций методом полимеризационного наполнения. При этом полимеризация олефина (полипропилена) происходит на частицах наполнителя. Такие материалы обладают высокими электрическими и механическими свойствами.

Природные и синтетические графиты имеют свои особенности. Так, удельное сопротивление графита, полученного из нефтетехнического кокса, имеет величину (5,4–12) 10^{-6} Ом·см. Наиболее высокую электрическую проводимость имеет рекристаллизационный графит. Электро- и теплопроводность слоев, параллельных и перпендикулярных базисной плоскости, различаются в сотни раз. Графит обладает высокой пористостью, что очень важно для наполнителя пластических масс, высокими анфрикционными свойствами, низким коэффициентом термического расширения, низкой плотностью $\sim 1,22 \div 2,25$ г/см³, высокой химической стойкостью. Углеграфитовые наполнители в зависимости от состава сырья и способа получения могут содержать от 75 до 99,5 % углерода. При полимеризационном наполнении используется малозольный электроугольный графит. При наполнении термопластичных полимеров получают материалы, стойкие к ударным нагрузкам, пригодные для изготовления тонких деталей сложной формы, имеющие антифрикционные свойства.

При введении 40 % графита в полиолефины получают материалы с удельным сопротивлением $1011 \div 1013$ Ом·см, а при введении 60 % графита образуется непрерывная графитовая фаза.

В качестве проводящего наполнителя используется также волокно «Углен-9», имеющее $\rho_v = (430 \pm 120) \cdot 10^{-6}$ Ом·см. Недостатком волокна «Углен» является чувствительность к влаге. Углеродные волокна обладают химической и коррозионной стойкостью; имеют удельное сопротивление порядка $12 \cdot 10^{-4}$ Ом·см, что позволяет использовать их в электропроводящих композициях. Кроме того, для них характерен низкий коэффициент термического расширения, что позволяет изготавливать детали с большой точностью.

Композиты с углеродными волокнами обладают высокой прочностью при растяжении, но более низкой ударной вязкостью по сравнению со стеклопластиковыми. Термическое расширение у карбопластиков меньше, чем у стеклопластиков, а теплопроводность вдвое больше, поэтому они пригодны для производства антистатических деталей.

Эффективным способом повышения электропроводности является использование технического углерода вместе с графитом. Применение комбинации графита и технического углерода позволяет получать материалы, удельное сопротивление которых значительно ниже, чем при использовании каждого наполнителя в отдельности. Применение в качестве наполнителя углеграфитовых волокон позволяет получать материалы с низким удельным сопротивлением, чем при использовании технического углерода и графита.

Значительного снижения удельного сопротивления можно достигнуть путем применения бинарных наполнителей, представляющих собой комбинацию высокодисперсионного проводящего наполнителя с грубодисперсным проводящим или непроводящим. Развитие электронной техники привело к созданию проводящих клеев и покрытий, термопластичны и эластомерных композиций для антистатической защиты, а также контактирования и экранирования электронных схем.

Удельное сопротивление может значительно изменяться при изменении типа полимера. Меньшее удельное сопротивление обеспечивают полимеры с низким сродством к наполнителю, обладающие небольшой вязкостью. Кристаллизующиеся полимеры имеют более низкое удельное сопротивление, чем аморфные.

В процессе смешивания полимера с техническим углеродом под действием сдвиговых напряжений структура полимера разрушается, что способствует деструкции молекул полимера и увеличению взаимодействия свободных радикалов с активными центрами, в том числе и со свободными радикалами на поверхности наполнителя. При уменьшении вязкости полимера наблюдается снижение ρ_v .

Технология получения проводящих композиций имеет свои особенности. Значение удельного сопротивления образцов, изготовленных из различных промышленных партий, имеет разброс. Это обусловлено тем, что даже небольшие различия в дозировке компонентов могут привести к существенному колебанию эффективного количества проводящего наполнителя.

Использование в композициях двух и более наполнителей обычно вызвано технологическими соображениями.

УДК 621.396.74

О. В. Воробьев, К. Д. Захарчук, А. В. Качнов,
В. С. Лямина, А. И. Рыбаков

АРХИТЕКТУРА РАДИОПЕРЕДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОРАБЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СВЯЗИ

Рассмотрены возможные варианты построения современных корабельных радиопередающих систем. Представлены пути улучшения технических характеристик отдельных узлов.

радиопередающее устройство, антенно-фидерное устройство, радиопередающая система, передающий антенный модуль, усилители с каскадным суммированием мощностей.

Конструктивно современное радиопередающее устройство (далее РПДУ) разделяется на передатчик и антенно-фидерное устройство (далее АФУ). РПД объединяет в себе возбудитель, источник питания, тракт усиления мощности, гармонический фильтр и бок управления. РПД обычно выполняется в виде модуля, контейнера или стойки (шкафа) в зависимости от выходной мощности [1].

Несколько РПДУ объединяются при необходимости в радиопередающую систему. В этом случае несколько РПДУ работают через общий антенный коммутатор на несколько взаимозаменяемых передающих антенн. Такое решение позволяет заменять антенну передатчика на другую в случае выхода из строя, неэффективной работы, или при формировании передающих ФАР.

Стандартная структурная схема современного широкополосного радиопередающего устройства СВ-КВ-УКВ диапазонов, состоящая из (рис. 1) [1]:

- 1 – возбудитель,
- 2 – широкополосный усилительный мощности,

- 3 – многодиапазонный фильтр гармоник,
- 4 – блок питания,
- антенно-фидерное устройство, в составе:
- 5 – мощного фидера для передачи ВЧ сигнала от передатчика к антенне,
- 6 – антенного согласующего устройств (далее АСУ),
- 7 – передающей антенны,
- 8 – блок настройки передатчика.

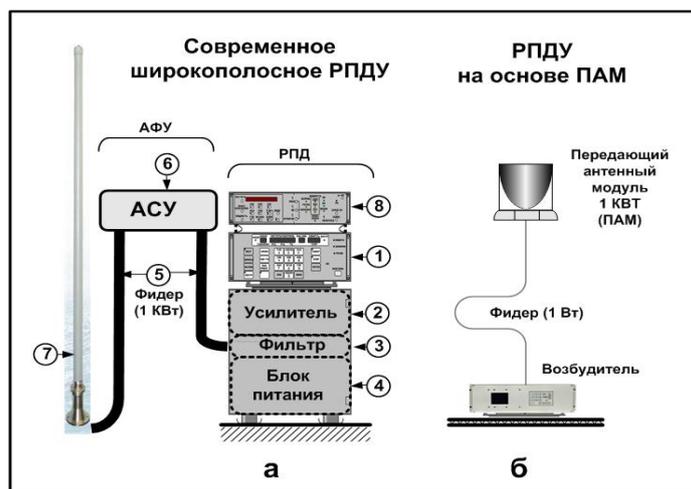


Рис. 1. Варианты архитектуры одноканального радиопередающего устройства

Основные технические недостатки современных РПДУ в деталях общеизвестны. Они порождают все более ощутимые ограничения использования различных РПДУ (динамический диапазон, ширина полосы рабочих частот, скорость переключения рабочих частот, максимально возможное количество переключений и т. д.). Именно эти ограничения в существенной мере определяют реальную скорость передачи информации, эффективность, надежность и защищенность радиосвязи, осуществляемой посредством этих РПДУ [2]. Эти же недостатки ограничивают возможность и эффективность использования наиболее совершенных технологий и режимов радиосвязи (адаптивная связь, программно-управляемая связь и т. д.).

В данной статье предложено новое решение для архитектуры радиосистем, более соответствующее постоянно растущему уровню потребностей пользователей.

Применительно к мощным высокочастотным усилителям классическая базовая концепция максимально полной развязки входного и выходного контуров усилительного каскада была заменена на концепцию неполного включения активного элемента в усилительный тракт [2].

Совмещая в единой модульной конструкции неперестраиваемую антенну, неперестраиваемый мультиплексерный тракт и вторичный источник питания, мы получаем передающий антенный модуль (далее ПАМ) (рис. 2).

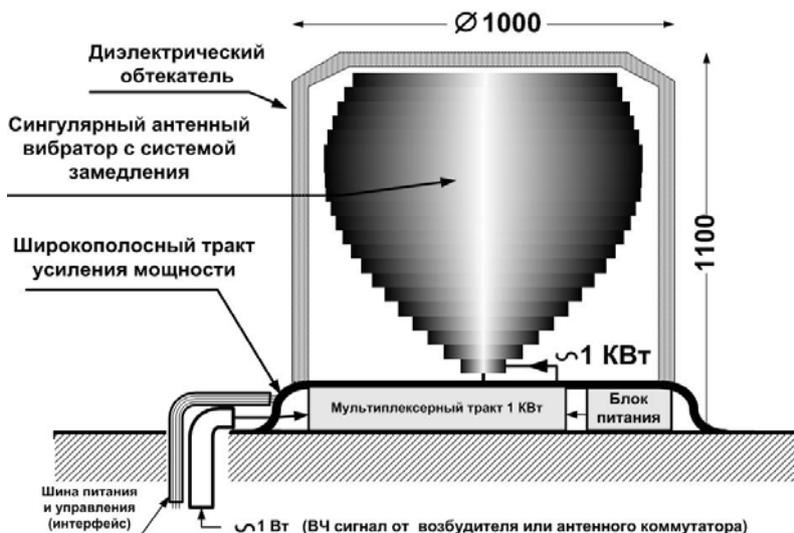


Рис. 2. Эскиз компоновки ПАМ

ПАМ функционально отличается от передающей антенны только тем, что на его вход подается ВЧ сигнал мощностью 1 Вт, а излучает он, как и антенна в классической конфигурации РПДУ, высокочастотный сигнал мощностью 1 кВт. Внешние габариты ПАМ фактически совпадают с внешними габаритами предлагаемой антенны.

Предварительная проработка схемы и конструкции ПАМ позволяет ожидать следующих технических характеристик изделия, смотри таблицу.

ТАБЛИЦА. Технические характеристики конструкции ПАМ

Техническая характеристика изделия	Значение
ВЧ мощность, поступающая на вход ПАМ (не более)	1 Вт
ВЧ мощность, поступающая в антенный вибратор (не менее)	1 кВт
Потребляемая мощность (не более)	3 кВт
Диапазон рабочих частот	4,0 МГц – 30 МГц
Уровень высших гармоник в излучении (не более)	-60 дБ
Максимальное количество переключений частоты (не ограничено)	(не менее 10^9)
Габаритный размеры (ориентировочно)	1000 x 1100 x 1000 мм
Вес (ориентировочно)	150 кг

Время переключения рабочей частоты определяется временем переходных процессов в канале мультиплексерного фильтра. Оно не превосходит сотен периодов основного колебания (менее 100 мксек для 4 МГц, менее 20 мксек для 30 МГц)

Появление нового типа сверхмощных высоковольтных КС-транзисторов привело к созданию нового поколения широкополосных усилителей с каскадным суммированием мощностей, массогабаритные характеристики, трудоемкость и стоимость изготовления которых уменьшились в несколько раз при сохранении или улучшении основных технических характеристик [2].

Радиопередающие системы, построенные на основе ПАМ, по своей архитектуре также весьма просты (рис. 3). В простейшем варианте они представляют собой несколько ПАМ различного типа, работающих под управлением одного многоканального возбудителя.

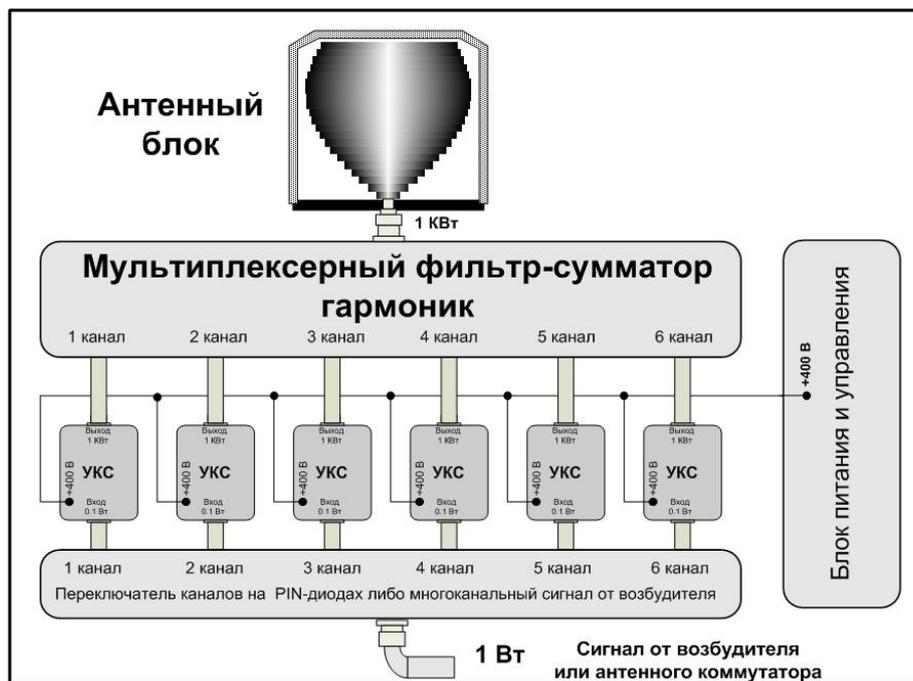


Рис.3. Мультиплексный тракт усиления мощности радиопередатчика

Применительно к мощным высокочастотным усилителям классическая базовая концепция максимальной полной развязки входного и выходного контуров усилительного каскада была заменена на концепцию неполного включения активного элемента в усилительный тракт.

Прорабатывалась концепция, подход к созданию новых РПДУ на основе современных достижений науки и техники. Данная технология позволяет заменить огромное разнообразие существующих конструкций радиопередающих систем, что приведёт к упрощению и удешевлению конструктивного исполнения, существенному улучшению характеристик, появлению радиопередающих систем нового поколения с применением современных технологий радиосвязи [1].

Список используемых источников

1. Модель проектирования информационных систем в условиях потока новых информационных технологий / Г. А. Горелкин, А. В. Горшков, У. М. Тулемисов // Системы высокой доступности». – 2011. – № 1. – С. 62–64.

2. Импульсная электродинамика широкополосных радиосистем и поля связанных структур / С. А. Подосенов, А. А. Потапов, А. А. Соколов. – М. : Радиотехника, 2003. – 720 с. – ISBN 5-99108-058-9.

УДК 654.026

О. В. Воробьев, К. Д. Захарчук, А. В. Качнов, А. И. Рыбаков

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ БЛОК БЕСПРОВОДНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КОРАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ
УПРАВЛЕНИЯ**

Представлено решение задачи по созданию универсального блока беспроводного взаимодействия с общекорабельной системой управления. Рассмотрен вариант реализации блока. Показаны результаты лабораторной апробации технических решений.

WiFi-модуль, датчики контроля обстановки, радиопередающая система.

Разработка оборудования, позволяющего увеличить эффективность взаимодействия и глубину интеграции судовых систем с цифровыми и аналоговыми устройствами ориентирована на создание конкурентоспособной российской гражданской морской техники [1], на внедрение инноваций в области судового приборостроения, а также на развитие производственного потенциала судостроительной промышленности, кооперацией предприятий разработан универсальный блок беспроводного взаимодействия, являющийся унифицированной аппаратно-программной платформой судовых систем и служб, адаптируемый к конкретным условиям размещения и эксплуатации.

Универсальный блок беспроводного взаимодействия представляет собой конструкцию из соединенных печатных плат, помещённую в защитный корпус. На передней панели корпуса размещены светодиодные индикаторы состояния системы и режимов работы блока. В верхней части устройства расположены коммутационные разъёмы и разъём питания и кнопки выбора режима работы. На задней части блока расположены вентиляционные отверстия и скобы для крепления блока к перегородке помещения.

Внутри корпуса размещены основная плата (рис. 1), на которой смонтированы модуль коммутации, модули приёмопередатчиков, модуль обработки сигналов, модуль формирования опорных напряжений и модуль внутреннего контроля и индикации состояния системы и режимов работы.



Рис. 1. Основная плата

Рис. 2. Отладочная плата с *Wi-Fi* модулем

Функционально в составе универсального модуля взаимодействия можно выделить две части. Основная (базовая) состоит из микроконтроллера и *Wi-Fi*-модуля. Вторая часть – «интерфейсный submodule», содержит набор цифровых и аналоговых интерфейсов ввода/вывода, позволяющих подключить к интерфейсному модулю несколько датчиков и/или исполнительных устройств. Подразумеваются аналоговые интерфейсы (т. е. различные АЦП/ЦАП), а также развязки для цифровых интерфейсов *GPIO*, шин *CAN*, *ModBus*, и др. Базовая часть и интерфейсный submodule объединяются в единый блок – приемо-передающий модуль – при помощи стандартного разъема.

Для того чтобы проверить предлагаемую концепцию и выбранные технические решения, был разработан и реализован опытный образец системы, позволяющий промоделировать и оценить работу системы на примере одного отсека. В состав опытного образца входят: 1 базовый блок (*Wi-Fi*-маршрутизатор), 5 приемо-передающих модулей, несколько видов датчиков и индикаторов (в качестве исполнительных устройств), и контрольный пост. Для питания всех приемо-передающих модулей используются адаптеры от сети 220 В (рис. 2).

На рисунке 3 приведена структурная схема разработанного опытного образца системы.

Для проведения испытаний опытного образца были использованы следующие виды датчиков (аналоговых и цифровых): магнитный (Холла), объемный, оптический, емкостной, индуктивный, термодатчик (цифровой), терморезистор, термопара, кислородный датчик. Датчики подключаются к приемо-передающим модулям через интерфейсные submodule (в вариантах подключения «один к одному» и «много к одному»).

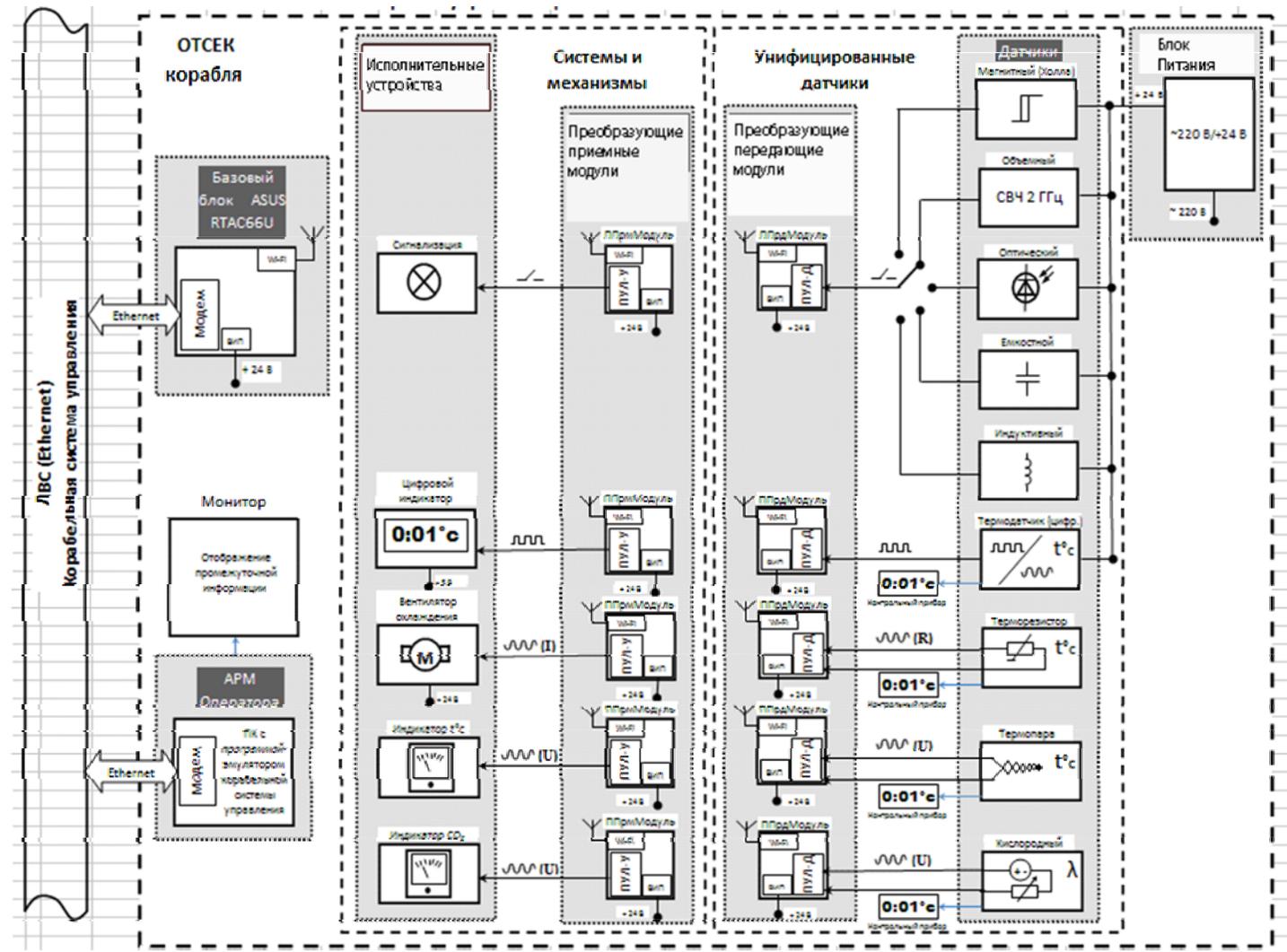


Рис. 3. Структурная схема разработанного опытного образца системы

В качестве исполнительных устройств были применены: световой индикатор, цифровой индикатор температуры, аналоговый индикатор температуры, аналоговый индикатор CO₂, вентилятор.

На приемопередающие универсальные блоки установлена операционная система Linux и свободно распространяемое программное обеспечение OpenSCADA (предназначено для реализации сбора и отображения данных в системах телемеханики, контроля и управления). Так же, программное обеспечение OpenSCADA (с графической оболочкой) было установлено на ноутбук, выполняющий роль контрольного поста и позволяющий визуально контролировать показания датчиков, считываемые программным обеспечением.

Приемо-передающие модули после инициализации ОС и загрузки драйверов *Wi-Fi*-модулей устанавливают соединение с базовым блоком по протоколу IEEE 802.11n. Назначение IP-адресов приемо-передающих модулей базовый модуль производит автоматически в режиме DHCP-сервера [2].

В качестве протокола обмена между ПО приемо-передающих модулей и ПО контрольного поста, был выбран протокол MODBUS TCP, ввиду наличия его поддержки в системе OpenSCADA, и, соответственно, простоты реализации. Данные, получаемые с датчиков, отображаются при помощи индикаторов, а также по протоколу MODBUS TCP отсылаются на контрольный пост, где отображаются на экране ноутбука в графической оболочке OpenSCADA [3].

Результаты стендовых испытаний опытного образца позволяют сделать заключение о правильности принятых технических решений и послужили основанием для выбора дальнейшего пути развития системы. Аналогов разработанному устройству в отечественной продукции нет. Использование беспроводных технологий в информационной трассе корабля позволяет снизить его стоимость на 20–30 %. Необходимо отметить тот факт, что применение разработки возможно и на судах гражданского флота РФ, как морских, так и речных, что автоматически выводит разработку в коммерческую область с достаточно широким потенциалом применения [1].

«Интерфейсный submodule» представляет собой плату собственной разработки (рис. 4).



Рис. 4. Интерфейсный submodule

В качестве заключения необходимо отметить, что применение подобного модуля на кораблях ВМФ позволяет не только уйти от прокладки большого количества кабельных трасс, но и произвести резервирование основных каналов передачи информации.

В частности, плата сопряжения применялась в щите управления и электрораспределительном устройстве на кораблях проекта 20 385 и 20 181 соответственно.

Список используемых источников

1. **Импульсная** электродинамика широкополосных радиосистем и поля связанных структур / С. А. Подосенов, А. А. Потапов, А. А. Соколов. – М. : Радиотехника, 2003. – 720 с. – ISBN 5-99108-058-9.
2. **Сети UMTS** / Х. Кааранен, А. Ахтиянен, Л. Лаитинен. – М. : Техносфера, 2007. – 460 с. – ISBN 978-5-94836-116-1, 0-470-01103-3.
3. **Широкополосные** беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2005. – 597 с. – ISBN 5-94836-049-0.

УДК 535.8.667.6

И. В. Гончар, А. С. Иванов, А. Б. Федорцов, В. А. Юрова

МНОГОКРАТНОЕ ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ТОЛЩИНЫ «ТОЛСТЫХ» НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Предложен новый метод обработки данных при определении толщины пленок из угловой зависимости коэффициента отражения лазерного луча измеряемой пленкой. Предлагаемый метод и реализующая его экспериментальная техника позволяют снизить до 150 нм ошибку при измерении толщины пленок в диапазоне от 10 до 1000 мкм.

интерференция, коэффициент отражения, цифровая обработка сигнала.

Для измерений толщины пленок в диапазоне от 10 до 1000 мкм часто используют метод, основанный на подсчете числа M интерференционных максимумов коэффициента отражения лазерного луча пленкой, возникающих при изменении угла падения луча от Θ_1 до Θ_2 [1]–[4]. Толщина пленки d вычисляется из уравнения:

$$d = \frac{M\lambda}{2(\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_2} - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1})}, \quad (1)$$

где λ – длина волны лазера, n – показатель преломления материала пленки.

Такой метод не обладает необходимой точностью для ряда применений. Ошибка вызвана прежде всего тем, что периодическая интерференционная зависимость $R(\Theta)$ при изменении угла падения от Θ_1 до Θ_2 , содержит количество периодов, которое не является целым числом. Предельная ошибка в подсчете числа периодов равна единице, а абсолютная ошибка в определении толщины пленки может составлять единицы микрон.

С другой стороны, известен метод [5, 6], в котором толщина пленки d определяется из расчетной зависимости $R(d)$ с ошибкой менее 10 нм по величине R , измеренной при фиксированном угле падения Θ^* . Однако, в этом методе вследствие периодичности зависимости $R(d)$ необходимо заранее знать диапазон ожидаемого значения толщины пленки с точностью до полупериода.

Суть предлагаемого метода заключается в следующем. Используя экспериментальную зависимость коэффициента отражения лазерного луча пленкой от угла падения, измеренную в диапазоне от Θ_1 до Θ_2 , мы определяем не только число наблюдающихся интерференционных максимумов, но и значение коэффициента отражения R при известном угле падения Θ^* (угол-репер), соответствующем одному из крутых участков зависимости $R(\Theta)$.

Диапазон возможных значений толщины определяется путем подсчета числа наблюдающихся интерференционных максимумов M . Этот диапазон ограничен значениями d_1 и d_2 , соответствующими M и $M+1$. Точное значение толщины пленки d (которое лежит между заранее выбранными значениями d_1 и d_2) определяется путем использования значения R , измеренного при определенном угле Θ^* из зависимости $R(d)$, рассчитанной для заданного значения показателя преломления пленки n .

Зависимость $R(\Theta)$ формируется в оптическом блоке, когда угол падения луча лазера 1 на пленку 5 изменяется благодаря вращению плоского зеркала 2 с постоянной угловой скоростью (рис. 1). При последовательном отражении плоским зеркалом 3 и эллиптическим зеркалом 4 луч направляется на измеряемую пленку 5. Отразившись от пленки, а затем последовательно от эллиптического зеркала 6 и плоского зеркала 8, лазерный луч попадает на фотодетектор 9, используемый для измерения интенсивности луча.

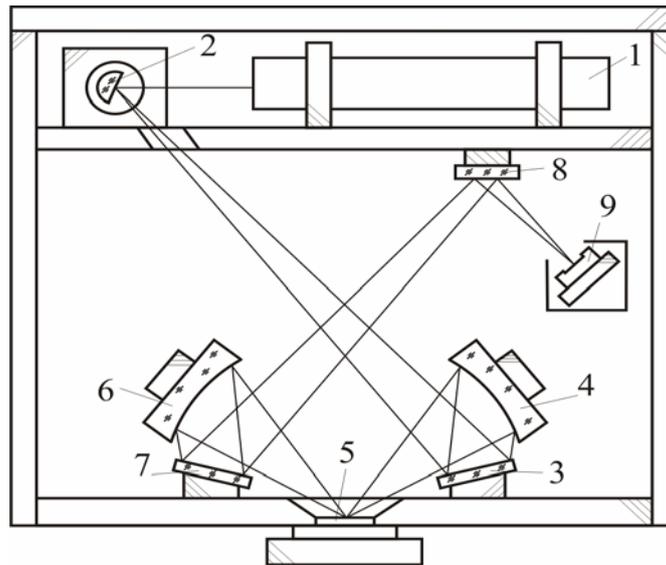


Рис. 1. Оптическая схема

Для сопряжения оптического блока с персональным компьютером был использован двухканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) типа NI-5122. Выбранная частота дискретизации составляла 3 МГц, диапазон изменения угла падения лазерного луча на образец – от 25° до 65° , частота вращения зеркала – 25 Гц, время одного измерения – $3 \cdot 10^{-4}$ с.

Дальнейший процесс обработки выполнялся при помощи программных средств.

Структура процесса обработки данных, полученных в цифровой форме, показана на рисунке 2. При каждом обороте плоского зеркала на АЦП поступают три сигнала. На первый канал преобразователя поступает интерференционный сигнал, прямо пропорциональный коэффициенту отражения лазерного луча от измеряемого образца. АЦП трансформирует эту зависимость в одномерный массив чисел. На второй канал преобразователя поступает сигнал в виде импульса-метки, который вырабатывается в момент прохождения лазерным лучом заданного угла падения Θ^* . На вход синхронизации АЦП поступает сигнал, задающий начало процесса измерения.

Блок 1 делит динамический поток данных, поступающих с АЦП на два потока, которые поступают на входы блоков 2 и 3.

Для определения диапазона возможных толщин, основанного на подсчете числа интерференционных максимумов, не требуется детального воспроизведения сигнала. Выборка каждого десятого элемента из последовательного массива чисел является достаточной. Эта задача решается блоком 2.

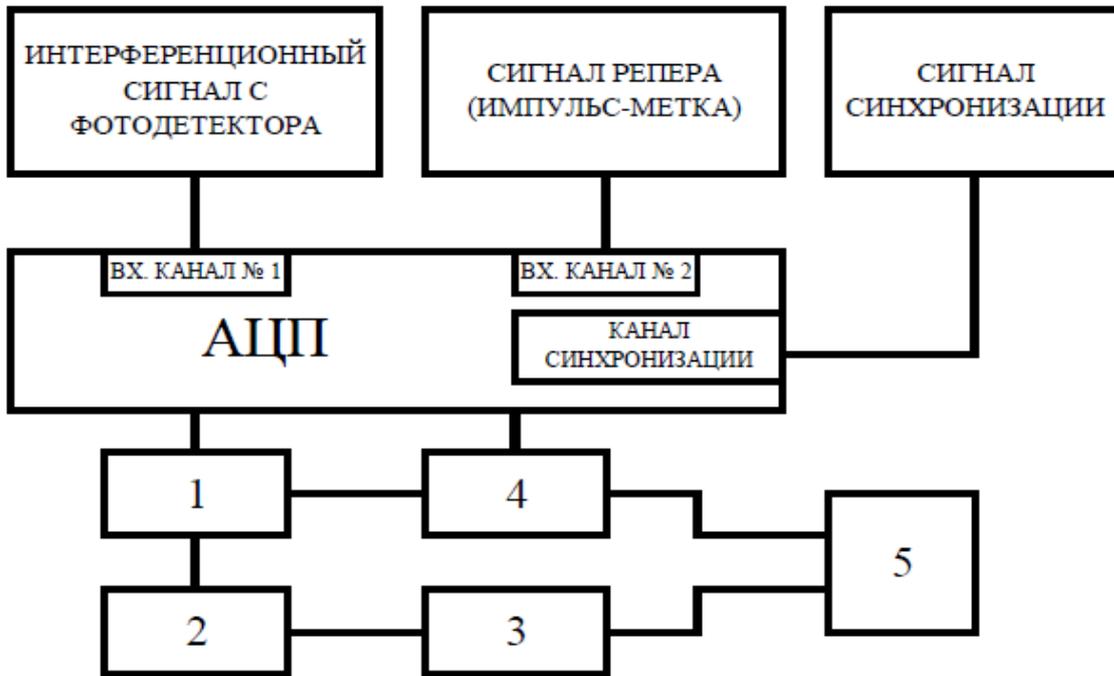


Рис. 2. Структура процесса обработки данных

Блок 3 вычисляет число максимумов и определяет диапазон возможных значений толщины с точностью до периода функции $R(\Theta)$, используя уравнение (1).

На вход блока 4 поступает полная информация от АЦП. Для расчетов в этом блоке используются данные о коэффициенте отражения R при выбранном угле падения Θ . Для этого в него от АЦП поступает сигнал-репер. Блок 4 определяет полупериод функции $R(d)$, соответствующий полученному сигналу-реперу.

Блок 5 получает данные от блоков 3 и 4, выполняет заключительные вычисления и передает полученное значение толщины пленки на экран монитора в символьном и графическом видах.

Проведенные контрольные измерения показали, что предложенный метод позволяет на порядок и более повысить точность измерений по сравнению с аналогами.

Список используемых источников

1. **Optical** method for measuring uniform thickness of the order $10\mu\text{m}$ -1mm of transparent solid and liquid films / Т. Ohyama, Y. H. Mori // Review of Scientific Instruments. – 1987. – V. 58. – PP. 1860–1864.

2. **Improved** interferometer for measuring unsteady film thickness / Т. Nosoko, Y. H. Mori, T. Nagata // Review of Scientific Instruments. – 1996. – V. 67. – PP. 2685–2689.

3. **A fast** operating laser device for measuring thicknesses of liquid and solid films / А. В. Fedortsov, D. G. Letenko, Yu. V. Churkin, I. A. Torchinsky, A. S. Ivanov // Review of Scientific Instruments. – 1992. – V. 63. – PP. 3579–3583.

4. A device for on-line measurements of liquid-film spread and evaporation kinetics / L. M. Tsentsiper, A. B. Fedortsov, D. G. Letenko // Instruments and Experimental Technics. – 1996. – V. 39. – PP. 139–144.

5. A simple non-destructive method of measuring the thickness of transparent thin films between 10 and 600 nm / I. Franz, W. Langheinrich // Solid-State Electronics. – 1968. – V. 11. – PP. 59–62.

6. **Применение** гелий-неонового лазера в интерференционном методе измерения толщины плёнок / А. Б. Федорцов, К. Е. Угарова // Электронная техника (материалы). – 1974. – № 4. – С. 117–120.

УДК 621.391.827.4

В. Э. Гуревич, С. Г. Егоров

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБКИ В СИСТЕМЕ CDMA, ОСНОВАННАЯ НА ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ ГРУППОВОГО СИГНАЛА

Исследуются искажения группового сигнала в радиосистеме абонентского доступа с прямым расширением спектра и кодовым разделением каналов (DS-CDMA), вызванные нелинейностью амплитудных характеристик групповых трактов, при воздействии аддитивного гауссовского шума.

радиосистема абонентского доступа, групповой сигнал, видеотракт, радиотракт, вероятность ошибки, усилитель мощности, CDMA, коды Уолша, негауссовский канал, компьютерное моделирование.

Стандарты беспроводной связи на основе CDMA и квадратурной амплитудной модуляцией (QAM) эффективно используют доступный диапазон частот, но чувствительны к искажениям в усилителях групповых видео- и радиосигналов. Оптимизация трактов передачи неразрывно связана с объективной оценкой качества передачи сигналов при учете всей совокупности ухудшающих факторов [1]. Поэтому проблема исследования реальной помехоустойчивости цифровых систем CDMA весьма актуальна.

В [1] получены аналитические выражения для функций распределения смеси группового сигнала, образованного суммой модулированных функций Уолша с шумом в нелинейном видеотракте. На основе этих выражений помехоустойчивость системы DS-CDMA с QAM в настоящей работе, являющейся продолжением и развитием работы [1], анализируется комплексно, с учетом особенностей структуры группового сигнала. На основе проведенного исследования могут быть сформулированы требования к отношению сигнал-аддитивный шум и амплитудным характеристикам групповых усилителей.

Каждый интервал ортогональности (ИО) в системе CDMA содержит N чипов, случайным образом сочетающихся между собой, и, на первый взгляд, нахождение суммарной мощности всех чипов селектированного полезного сигнала затруднительно. Однако в пределах ИО, из-за нечетной симметрии нелинейных амплитудных характеристик (АХ), в выходных сигналах перемножителей, входящих в состав канальных селекторов, имеются пары чипов противоположной полярности, но одинаковых по абсолютной величине (рис. 1).

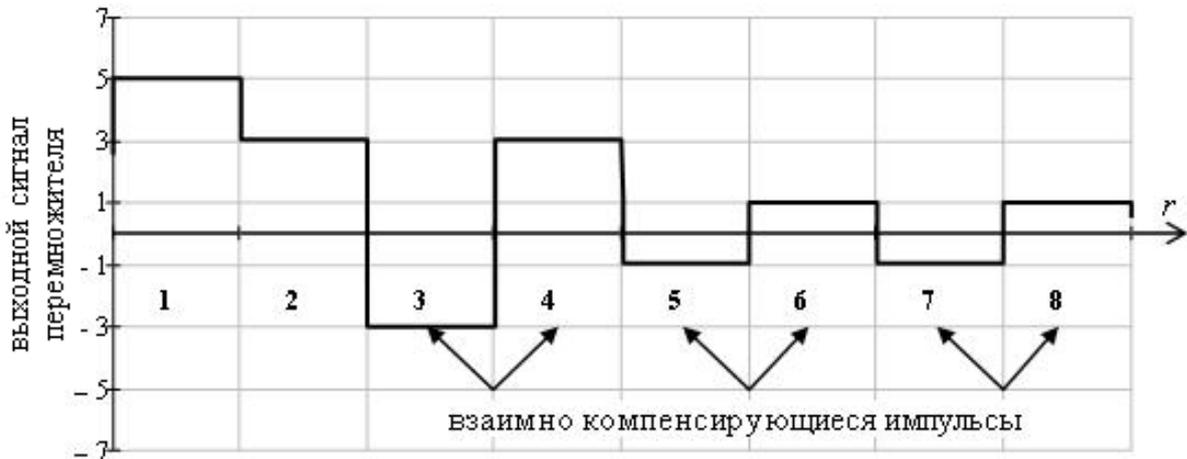


Рис. 1. Реализация выходного сигнала канального перемножителя (пример)

Такие импульсы при интегрировании взаимно компенсируют друг друга. Поэтому в сумме на выходе интегратора

$$B_{m,i,k}(T) = \sum_{r=1}^N \int_0^T \gamma_{i,k,r} g_{i,k,r} w_m(t) dt, \quad (1)$$

где r — порядковый номер чипа, $\gamma_{i,k,r} g_{i,k,r}$ — полезная (информативная) часть выходной смеси [1], $w_m(t)$ — канальный переносчик m -го канала, количество слагаемых существенно меньше N . От взаимного расположения «неуравновешенных» чипов, остающихся в ИО, сумма (1) не зависит, поэтому индекс r далее можно не учитывать.

Машинный эксперимент, проведенный по специально разработанной авторами программе, показывает, что количество различных комбинаций неуравновешенных слагаемых в ИО невелико. Их состав можно определить путем линейного перебора на ЭВМ всех возможных сочетаний входных сигналов системы передачи.

Алгоритм поиска неуравновешенных комбинаций, реализованный на основе матричного аппарата, заключается в следующем.

1. Формируется матрица \mathbf{W} размера $L \times N$, элементы $w_{m,r}$ которой ($m = 1, 2 \dots L, r = 1, 2 \dots N$) совпадают с r -и символами функции Уолша m -го канала. Здесь N — размерность базиса Уолша, L — число каналов. Обычно

$L = N - 1$, так как нулевая (по Уолшу) функция Уолша в качестве переносчика информации не используется.

2. Формируется набор из L информационных символов. Значения информационного символа m -го канала $d_m = -1$ или $+1$ есть m -й разряд в представлении порядкового номера набора d в двоичной системе счисления, равный соответственно 0 или 1. Затем составляется диагональная матрица \mathbf{D} размера $L \times L$ (рис. 2);

3. Формируется матрица \mathbf{W} размера $L \times N$, строки которой совпадают с модулированными функциями Уолша. Нетрудно видеть, что $\mathbf{V} = \mathbf{D}\mathbf{W}$; $\mathbf{V}_m = d_m \mathbf{W}_m$; $\mathbf{V}^{(r)} = \mathbf{D}\mathbf{W}^{(r)}$; $\mathbf{V}_m^T = [b_{m,1} \quad b_{m,2} \quad \dots \quad b_{m,L}]$.

Таким образом, на вход m -го интегратора-сумматора в r -м тактовом интервале поступает чип с амплитудой $b_{m,r}$ из матрицы-строки \mathbf{V}_m^T . Для поиска неуравновешенных состояний необходимо сформировать $L \cdot 2^L$ матриц \mathbf{V}_m^T и найти среди них те, в которых набор элементов $b_{m,1} \dots b_{m,L}$ одинаков, независимо от порядка следования элементов в матрице-строке. Это алгоритм простого последовательного перебора, его блок-схема представлена на рисунке 2.

Найденный таким образом исчерпывающий перечень комбинаций, возникающих при передаче «битов» $+1$ и -1 по тем или иным каналам одного ствола системы DS-CDMA с $N = 8$, $L = 7$, представлен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Состав и количество неуравновешенных слагаемых при $N = 8$

Вариант	Состав комбинации неуравновешенных слагаемых на выходе канального множителя при $k = \text{const}$	Количество комбинаций данного состава
1	$\gamma_{4,k} g_{4,k} + \gamma_{7,k} g_{7,k}$	50
2	$\gamma_{5,k} g_{5,k} + \gamma_{6,k} g_{6,k}$	336
3	$\gamma_{1,k} g_{1,k} + 4 \gamma_{4,k} g_{4,k} + 3 \gamma_{5,k} g_{5,k}$	56
	Итого	442

Здесь $i, k = 0, 1 \dots L$ – порядковые номера дискретных значений амплитуды чипов на выходах мультиплексоров соответственно синфазного и квадратурного ствола системы доступа [1].

При $N = 8$, $L = 7$ и любом значении $k = \text{const}$ существует 3 возможных варианта состава комбинации неуравновешенных слагаемых. Вероятности этих вариантов $\Pi_1 = 50/442 = 0,113$; $\Pi_2 = 336/442 = 0,760$; $\Pi_3 = 56/442 = 0,127$ (табл. 2). Усредненная по каждому из трех вариантов вероятность битовой ошибки в стволе $p_{i0}(\gamma_{i,k} g_{i,k})$ (рис. 3):

$$p_{i_0} = \sum_{k=0}^L C_L^{\frac{L+b_k}{2}} q^{\frac{L+b_k}{2}} (1-q)^{\frac{L-b_k}{2}} \left[\Pi_1 Q \left(\sqrt{\frac{\gamma_{4,k} g_{4,k} + \gamma_{7,k} g_{7,k}}{\sigma_{\eta,1}^2(k)}} \right) + \Pi_2 Q \left(\sqrt{\frac{\gamma_{5,k} g_{5,k} + \gamma_{6,k} g_{6,k}}{\sigma_{\eta,2}^2(k)}} \right) + \Pi_3 Q \left(\sqrt{\frac{\gamma_{1,k} g_{1,k} + 4\gamma_{4,k} g_{4,k} + 3\gamma_{5,k} g_{5,k}}{\sigma_{\eta,3}^2(k)}} \right) \right],$$

где $Q(\cdot)$ – интегральная функция нормального распределения $\sigma_{\eta}^2(k)$ – дисперсия помехи. Методика приближенного вычисления дисперсии помеховой компоненты σ_{η}^2 с негауссовским распределением и коэффициентов $\gamma_{i,k} g_{i,k}$ рассмотрена в работах [1]–[3].

Составы и количество комбинаций, возникающих при передаче «битов» +1 и –1 по тем или иным каналам ствола с $N = 16$, $L = 15$, приведены в таблице 2.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке систем передачи с прямым расширением спектра и кодовым разделением каналов (DS-CDMA).

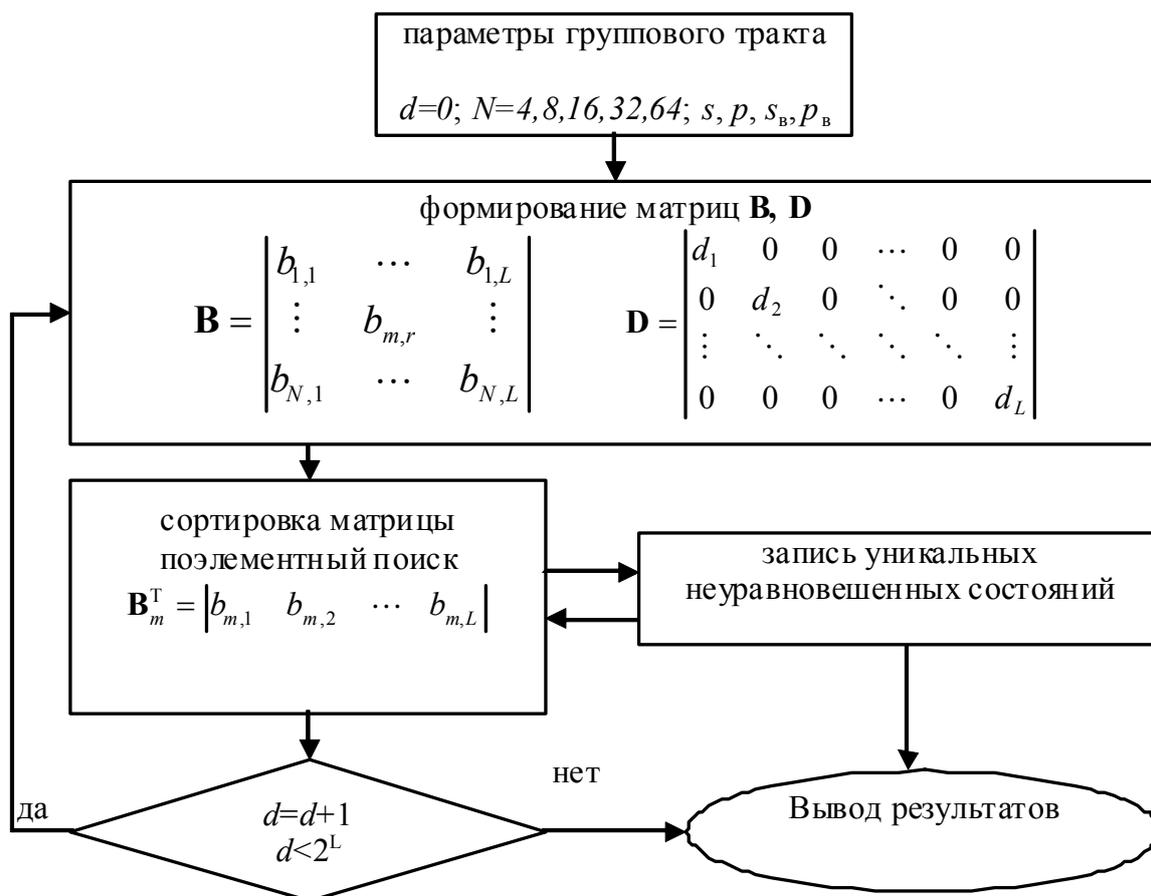


Рис. 2. Блок-схема алгоритма поиска неуравновешенных слагаемых

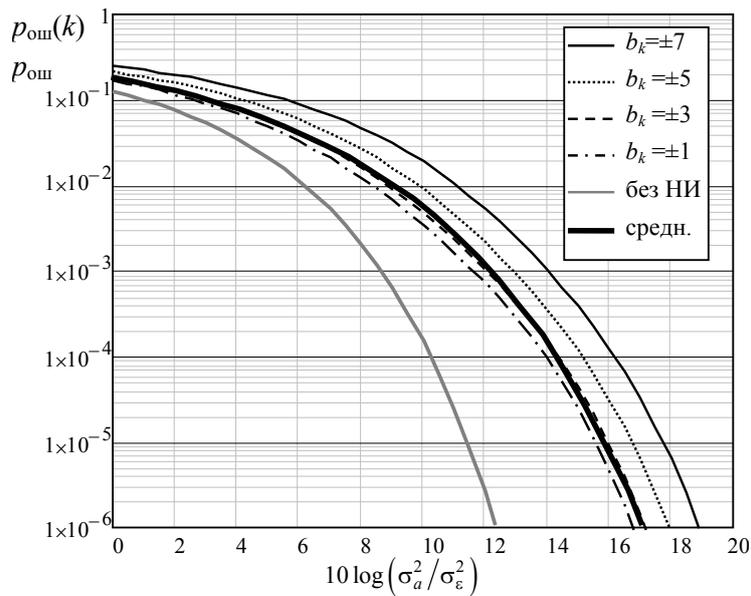


Рис. 3. Средняя по трем вариантам зависимость условной вероятности ошибки от отношения сигнал/шум на входе канального перемножителя

ТАБЛИЦА 2. Состав и количество неравновешенных слагаемых при $N = 16, L = 15$

Вариант	Состав комбинации неравновешенных слагаемых на выходе канального перемножителя при $k = const$	Количество комбинаций данного состава
1	$\gamma_{1,k} g_{1,k} + 8 \gamma_{8,k} g_{8,k} + 7 \gamma_{9,k} g_{9,k}$	240
2	$\gamma_{2,k} g_{2,k} + 4 \gamma_{9,k} g_{9,k} + 3 \gamma_{10,k} g_{10,k}$	3360
3	$\gamma_{3,k} g_{3,k} + 2\gamma_{8,k} g_{8,k} + 2\gamma_{9,k} g_{9,k} + 2 \gamma_{10,k} g_{10,k} + \gamma_{11,k} g_{11,k}$	20150
4	$\gamma_{11,k} g_{11,k} + \gamma_{12,k} g_{12,k}$	60480
5	$2\gamma_{9,k} g_{9,k} + 2\gamma_{10,k} g_{10,k}$	60480
6	$\gamma_{4,k} g_{4,k} + 2\gamma_{5,k} g_{5,k} + 6\gamma_{8,k} g_{8,k} + 6\gamma_{9,k} g_{9,k} + \gamma_{12,k} g_{12,k}$	6720
7	$\gamma_{10,k} g_{10,k} + \gamma_{13,k} g_{13,k}$	20160
8	$\gamma_{9,k} g_{9,k} + \gamma_{14,k} g_{14,k}$	3360
9	$\gamma_{8,k} g_{8,k} + \gamma_{15,k} g_{15,k}$	240
10	$\gamma_{3,k} g_{3,k} + 4\gamma_{9,k} g_{9,k} + 3\gamma_{11,k} g_{11,k}$	1680
11	$\gamma_{4,k} g_{4,k} + 2\gamma_{7,k} g_{7,k} + 2\gamma_{9,k} g_{9,k} + 2\gamma_{10,k} g_{10,k} + \gamma_{12,k} g_{12,k}$	20160
12	$2\gamma_{8,k} g_{8,k} + 2\gamma_{11,k} g_{11,k}$	40320
13	$4\gamma_{6,k} g_{6,k} + 6\gamma_{7,k} g_{7,k} + 4\gamma_{10,k} g_{10,k} + 2\gamma_{11,k} g_{11,k}$	6720
14	$3\gamma_{4,k} g_{4,k} + 8\gamma_{8,k} g_{8,k} + 4\gamma_{9,k} g_{9,k} + \gamma_{13,k} g_{13,k}$	1680
	Итого	245760

Список используемых источников

1. **Нелинейные** искажения группового сигнала в радиосистеме абонентского доступа / В. Э. Гуревич, С. Г. Егоров // Инфокоммуникационные технологии. – 2012. – Т. 10, № 3. – С. 79–82.
2. **Борьба** с помехами / А. А. Харкевич, 4-е изд. – М. : «Либроком», 2013. – 280 с.
3. **An Analytical Framework for CDMA Systems With a Nonlinear Amplifier and AWGN** / A. Conti, D Dardari, V. Tralli // IEEE Trans. Commun. – Vol. 50, No. 7, July 2002.

УДК 621.396

В. Э. Гуревич, Е. О. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА
НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ OFDM-ДЕМОДУЛЯТОРА**

Исследуется зависимость отношения сигнал-помеха в приемнике OFDM-сигнала от скорости движения абонентской станции. Рассчитаны числовые характеристики отношения сигнал-помеха при равномерном и нормальном законах распределения скорости. Представленные результаты могут быть использованы для повышения помехоустойчивости мобильных систем связи с OFDM.

OFDM, отношение сигнал-помеха, модель Кларка, быстрые замирания, законы распределения.

Серьезной проблемой, ограничивающей применение OFDM (orthogonal frequency division multiplexing – ортогональное мультиплексирование с частотным разнесением) в мобильных системах связи, является чувствительность к эффекту Доплера. Быстрые перемещения абонентской станции на отрезках времени, соизмеримых с длительностью OFDM-символов, приводят к кратковременным замираниям сигнала.

Для исследования влияния эффекта Доплера на помехоустойчивость мобильных систем с OFDM применим модель Кларка [1], характеризующуюся сигналом, состоящим из большого числа плоских волн с разными азимутальными углами, и отсутствием прямой видимости между передатчиком и приемником. Передатчик неподвижен, перемещается приемник. Если приемник движется навстречу передатчику, наблюдается положительный доплеровский сдвиг, в противном случае – отрицательный. Главный критерий реальной помехоустойчивости системы – отношение сигнал-помеха на входе приемника, главный фактор, влияющий на систему в модели Кларка – доплеровский сдвиг, вызванный движением объекта.

Принимаемый сигнал

$$s(t) = \sum_{i=0}^{N-1} h(t)s_i(t) + n(t),$$

где N – число поднесущих; $s_i(t)$ – сигнал i -й поднесущей с единичной амплитудой на выходе передатчика; $n(t)$ – аддитивный белый гауссовский шум; $h(t) = \alpha(t)\exp(-j\theta(t))$ – коэффициент передачи канала [2]; $\alpha(t)$ и $\theta(t) = 2\pi[(f_0 + f_D)(t - \tau(t))]$ – изменяющиеся во времени амплитуда и текущая фаза сигнала; f_0 – несущая частота; τ – усредненная случайная задержка прихода многолучевого сигнала на вход приемника; $f_D(t) = f_M(t)\cos\varphi(t)$ – мгновенное значение случайного доплеровского сдвига,

$$f_M = v / \lambda_c, \quad (1)$$

v – полная скорость движения мобильной станции (случайная величина); λ_c – длина волны поднесущей; $-\pi \leq \varphi(t) \leq \pi$ – средний по времени случайный азимут прихода плоской волны относительно направления движения приемника. В коротком промежутке времени – символьном интервале T_s – амплитуда и задержка поднесущей могут рассматриваться как константы: $\alpha(t) = \alpha$, $\tau(t) = \tau$.

Функция автокорреляции фазы коэффициента передачи согласно модели Кларка:

$$\begin{aligned} E[\cos 2\pi T_s f_D] &= E[\cos(2\pi T_s f_M \cos \varphi)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \cos(2\pi T_s f_M \cos \varphi) =, \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos(2\pi T_s f_M \cos \varphi) d\varphi = J_0(2\pi T_s f_M) \end{aligned}$$

где $J_0(\cdot)$ – функция Бесселя нулевого порядка. С учетом (1) получим выражение для отношения сигнал-помеха на входе приемного решающего устройства [3]:

$$y(v) = \frac{\frac{1}{N^2} \left\{ N + 2 \sum_{i=0}^{N-1} (N-i) J_0 \left(2\pi i \frac{v}{\lambda_i} T \right) \right\}}{1 - \frac{1}{N^2} \left\{ N + 2 \sum_{i=0}^{N-1} (N-i) J_0 \left(2\pi i \frac{v}{\lambda_i} T \right) \right\}}. \quad (2)$$

Из (2) следует, что отношение сигнал-помеха зависит от скорости движения мобильного объекта.

Рассмотрим пример: автомобиль с абонентской станцией движется по трассе со скоростью, изменяющейся в пределах от 0 до 120 км/ч. Рассмотрим два интервала изменения скорости: от –120 км/ч до 0 и от 0 до 120 км/ч. Пусть число поднесущих OFDM-сигнала $N = 1024$, центральная частота $f_0 = 2,4$ ГГц, разнос частот $\Delta f = 2,344$ МГц, длительность символа $T_s = 25,6$ мкс.

Рисунок 1 иллюстрирует отношение (2) как функцию $y(v)$ в этом конкретном примере.

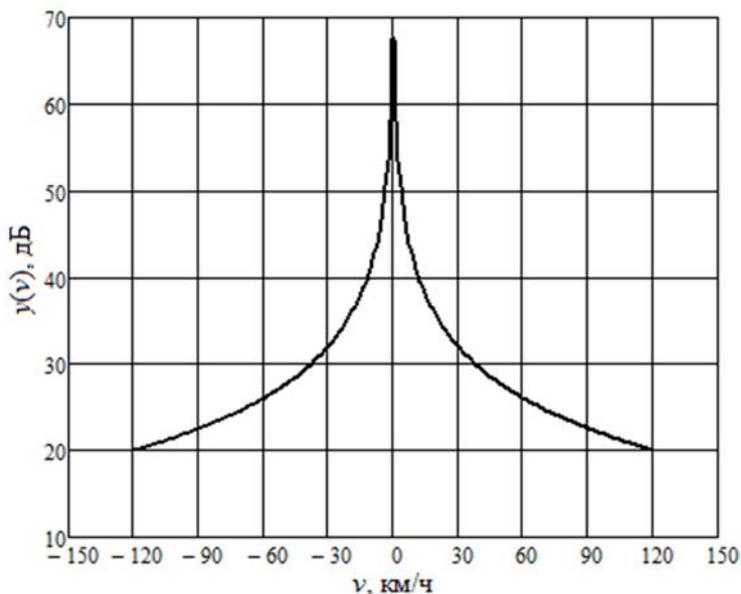


Рис. 1. Зависимость отношения сигнал/помеха в дБ от скорости

Скорость движения автомобиля случайная величина, распределенная по некоторому закону в пределах от v_{\min} до v_{\max} с математическим ожиданием (МО) m_v и среднеквадратичным отклонением (СКО) σ_v . Тогда отношение сигнал-помеха тоже является случайной величиной. Получим выражение для плотности вероятности отношения сигнал-помеха и рассчитаем его МО и СКО. Числовые характеристики отношения сигнал-помеха могут использоваться в алгоритмах восстановления полезного сигнала для улучшения его качества.

Функция $y(v)$ неоднозначна, так как ее аргумент – скорость – имеет два интервала значений. Поэтому ее плотность вероятности

$$W(y) = \sum_k \left(w(v_k) \left| \frac{dv_k}{dy} \right| \right),$$

где индекс $k = 1$ соответствует интервалу с положительным, $k = 2$ – с отрицательным доплеровским сдвигом, $w(v_k)$ – плотность вероятности v в данном интервале, $\left| \frac{dv_k}{dy} \right|$ – производная обратной функции.

Чтобы найти $\left| \frac{dv_k}{dy} \right|$, требуется аналитически выразить функцию $y(v)$, обратную (2). Для этого упростим выражения, входящие в числитель и знаменатель (2).

Обозначим числитель (2) как

$$f(v) = \frac{1}{N^2} \left\{ N + 2 \sum_{i=0}^{N-1} (N-i) J_0 \left(2i\pi \frac{v}{\lambda_i} T_s \right) \right\}. \quad (3)$$

При заданных условиях функция (3) близка к параболе. Аппроксимируем ее по методу наименьших квадратов, тогда функция $f_1(v)$, упрощающая (3),

$$f_1(v) \cong av^2 + bv + c, \quad (4)$$

где a, b, c – коэффициенты параболы.

Графики функций $f_1(v)$ и $f(v)$, представленные на рисунке 2, практически совпадают (СКО лежит в пределах $\pm 1\%$), что обеспечивает достаточную точность вычисления.

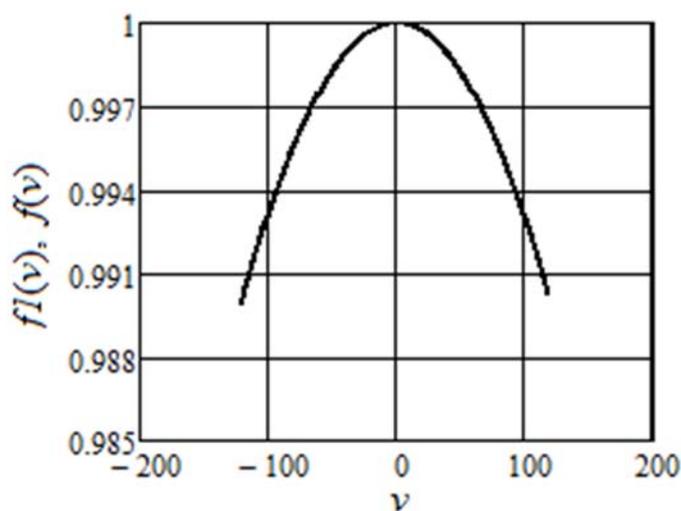


Рис. 2. Функции $f_1(v)$ и $f(v)$

Подставим $f_1(v)$ вместо $f(v)$ в выражение (2):

$$y'(v) = \frac{av^2 - bv + c}{1 - (av^2 - bv + c)}. \quad (5)$$

Вычислив производную обратной функции (5), найдем закон распределения величины y : при нормальном распределении v

$$W(y) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-m_v)^2}{2\sigma^2}} \left(\left| \frac{dv_1}{dy} \right| + \left| \frac{dv_2}{dy} \right| \right),$$

при равномерном распределении v

$$W(y) = \frac{1}{v_{\max} - v_{\min}} \left(\left| \frac{dv_1}{dy} \right| + \left| \frac{dv_2}{dy} \right| \right).$$

Численные расчеты плотности вероятности, СКО и математического ожидания отношения сигнал/помеха проведены в среде Mathcad.

Рисунок 3 показывает, что закон распределения отношения сигнал-помеха существенно зависит от вида распределения скорости движения и ее СКО. При нормальном распределении скорости плотность вероятности отношения сигнал-помеха близка к релейской, а при равномерном распределении – к экспоненциальной.

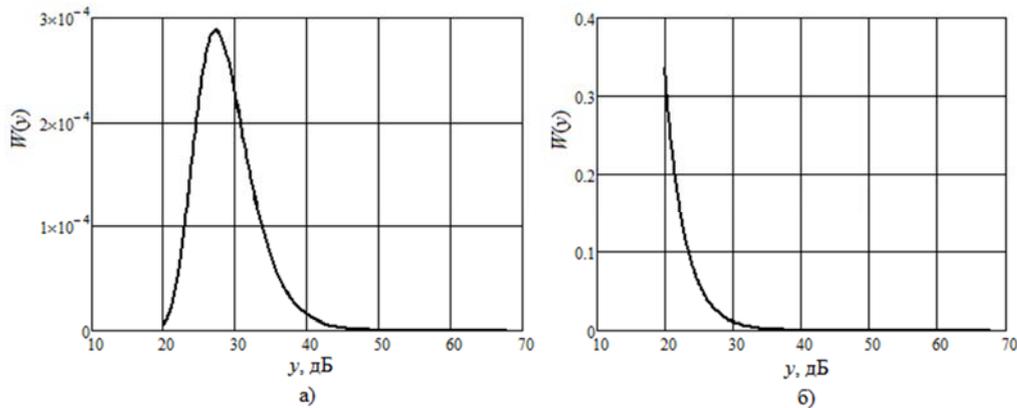


Рис. 3. Плотность вероятности отношения сигнал-помеха при нормальном (а) и равномерном (б) распределении полной скорости движения

Следующий этап исследования – анализ и сравнение вероятности ошибки на входе демодулятора OFDM в канале с аддитивным гауссовским шумом и в канале с быстрыми неселективными замираниями в зависимости от отношения сигнал/помеха. Оценка статистических характеристик отношения сигнал-помеха позволяет оптимизировать фильтрацию и выравнивание принимаемого сигнала. Полученные результаты могут быть использованы при разработке устройств коррекции сигнала на приемной стороне для уменьшения вероятности ошибки.

Список используемых источников

1. **Системы** цифровой радиосвязи / Л. Н. Волков, Л. Н. Немировский, Ю. С. Шинаков. – М. : Экотрендз, 2005. – 392 с.
2. **Principles** of Mobile communications. Second edition / G. L. Stuber. – New York: Kluwer academic publishers, 2002. – 751 с.
3. **Digital** modulation techniques / F. Xiong. – London: Artech house. 2006. – 1039 с.

УДК 623.624

Н. О. Дёшина, Т. Ю. Ковалева, Т. В. Матюхина

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ
ФЕРРОМАГНЕТИКОВ НА РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИТОВ**

В связи с развитием радиоэлектронной аппаратуры, и спутниковой связи. разработка новых радиопоглощающих композиционных материалов для решения проблемы снижения электромагнитных излучений, уменьшения помех и электромагнитной совместимости устройств становится весьма актуальной.

магнитно-мягкие металлы, магнитная проницаемость, феррит, полимерная матрица.

Разработанные радиопоглощающие композиты на основе полимерных технологий представляют собой однородную неупорядоченную дисперсную систему, в которой полимерная матрица является дисперсионной средой, а частицы наполнителя – дисперсной фазой.

Особая группа наполнителей, используемая для придания полимерным материалам магнитных свойств, включает:

- оксидные изотропные ферриты бария и стронция;
- порошки из легированных сплавов редкоземельных металлов с железом и бором ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{11}\text{B}$);
- бинарные сплавы самария и кобальта (SmCo_5 , SmCo_{17}).

Однако бинарные сплавы, несмотря на высокие магнитные параметры, находят ограниченное применение, так как имеют высокую стоимость.

Используемые при создании материалов слоев композитных покрытий ферро- и ферритовые наполнители являются мелкодисперсными порошками или магнитных металлов (железо, кобальт, никель) или порошками ферритов различных марок, представляющих собой двойные окислы железа с окислами, в основном, двухвалентных металлов, например гексагональные кобальтовые, марганцево-цинковые и никель-цинковые ферриты и др. Широкое распространение получили также смешанные ферриты, представляющие твердые растворы двух или нескольких простых ферритов.

Установлено, что положение и ширина частотной области эффективного поглощения зависят от совместного действия различных механизмов дисперсии магнитной проницаемости у ферритов или ферромагнетиков [1].

При низкой концентрации ферритового или ферромагнитного наполнителя ПКМ имеют малую величину магнитной проницаемости. Это связано с наличием немагнитных полимерных прослоек между частицами наполнителя, вызывающих внутреннее размагничивание.

На величину магнитной проницаемости влияет размер частиц магнитного наполнителя и ее форма, чем меньше частица проницаемости m , в связи, с чем для получения высоких значений целесообразно использовать магнитные наполнители, с определенным размером магнитных частиц.

Для получения необходимых магнитных характеристик содержание магнитных наполнителей в полимерных магнитах достигает 88–92 % масс; при этом дисперсный состав должен быть достаточно широким, однако магнитные характеристики (например, коэрцитивная сила) увеличиваются с уменьшением размера частиц до определённого предела (~1–4 мкм). Все применяемые магнитные наполнители характеризуются достаточно высокой твердостью, и их измельчение до требуемых размеров сопряжено со значительными трудностями. Наибольшей эффективностью обладают частицы продолговатой формы, обеспечивающие более высокий уровень намагничивания.

При введении магнитных наполнителей в полимерную матрицу, область резонансного поглощения электромагнитной энергии сдвигается в область более высоких частот, радиопоглощающие свойства возрастают при увеличении концентрации и обеспечении соответствующего размера частиц (не менее домена) магнитного наполнителя [2].

В работе исследованы параметры поглощения трех типов составов композитов, с магнитно-мягкими металлическими наполнителями, широко применяемыми в радиоэлектронной аппаратуре в полимерной матрице «Экопол»:

- мелкодисперсным порошком карбонильного железа Р-10 со средним размер частиц 5–10 мкм (наполнение 10–40 %);
- мелкодисперсным порошком смешанного порошка карбонильного железа и никеля, со средним размером 8–12 мкм;
- нано структурированными частицами сложного состава (железо и его окислы), полученные измельчением до требуемых размеров 20–40 нм. Массовая доля наполнителя 2–30 %.

Полимерная матрица «Экопол» удовлетворяет прочностным и экологическим требованиям, имеет низкую вязкость и высокую адгезию к металлическим поверхностям. В такую полимерную матрицу можно ввести большое количество наполнителя, что позволит увеличить уровень потерь, обеспечивающих поглощение ЭМВ материалом ПКМ

Результаты влияния массовой доли наполнителя с различными размерами частиц магнитно-мягкого наполнителя на уровень поглощения представлен на рисунке 1.

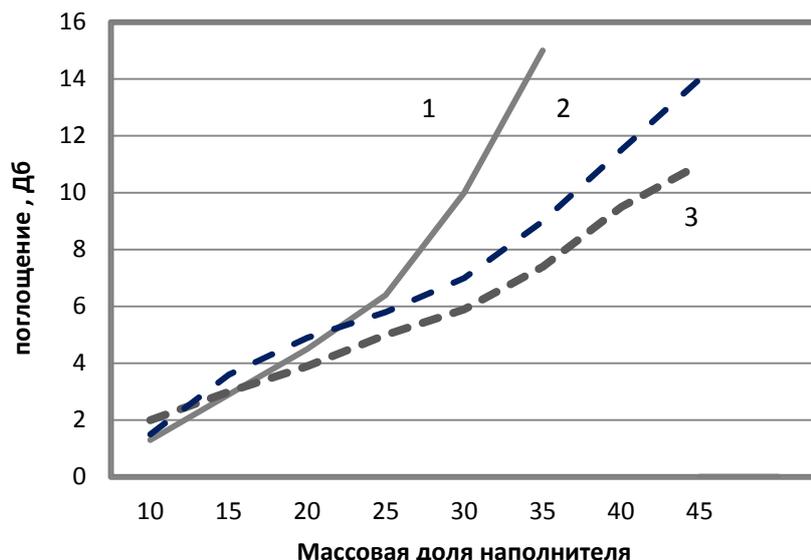


Рис. 1. Зависимость поглощения композитов от массовой доли наполнителя:
 1 – смешанный наполнитель; 2 – наполнитель Р-10;
 3 – нано структурированный наполнитель

Результаты влияния типа магнитного наполнителя и его дисперсности на поглощающие свойства композита представлены на рисунке 2.

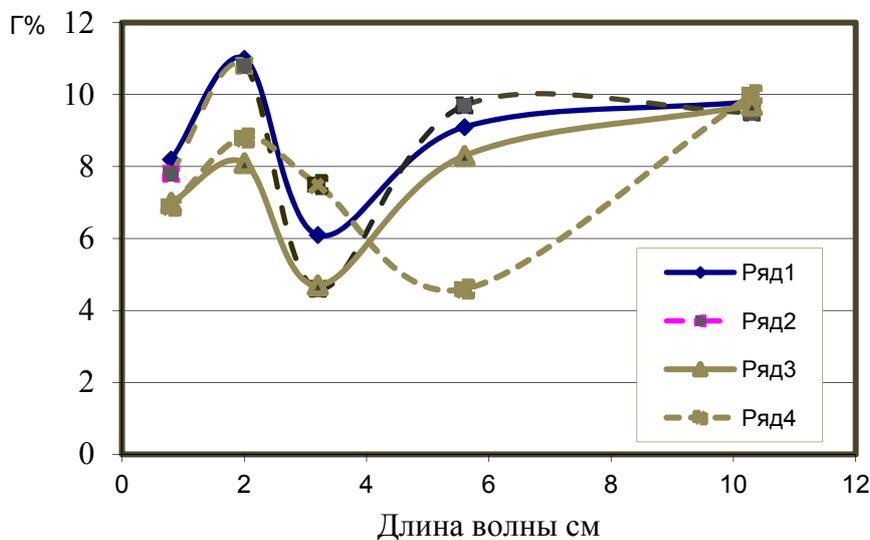


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от длины волны моделей РКМ:
 1 – никелевой наполнитель; 2 – наполнитель Р-10;
 3 – нано структурированный наполнитель; 4 – смешанный наполнитель

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что оптимальным по радиофизическим требованиям является материал, в диэлектрической матрице которого достаточно регулярно распределены однодоменные магнитные частицы, с возможно широким распределением по размерам.

Список используемых источников

1. **Принципы** моделирования и синтеза защитных покрытий промышленных объектов и объектов военной техники / Т. Ю. Ковалева, А. В. Ермаков, А. Г. Ковалева // XXII Всероссийская научно-техническая конференция школы семинара РАРАН «Прием, передача, обработка и отображение информации о быстропротекающих процессах»: сб. статей. – 2012. – С. 262–264.

2. **Разработка** и исследование радиофизических свойств покрытий на основе структурированных композиционных материалов для защиты наземной военной техники / А. В. Ермаков, А. Г. Ковалева, Т. Ю. Ковалева, Г. А. Карпов, М. С. Андрущенко // Всероссийская научно-практическая конференция РАРАН «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – 2012. – Т. 3. – С. 114–118.

УДК 621.372.54

Н. О. Дёшина, А. Р. Кубалова, Т. А. Рыжикова

**АНАЛИЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
ФИЛЬТРОВ СВЧ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ HFSS**

Возникающие задачи при конструировании современных радиосистем, требуют для своего решения применения более новых методов анализа и синтеза как всей системы в целом, так и отдельных её узлов. Программы точного моделирования трехмерных структур – это новый, активно внедряемый подход, который становится основным инструментом конструирования, существенно увеличивая скорость разработки новых СВЧ устройств. Одной из таких программ является программа HFSS Ansoft (High Frequency Structure Simulator).

конструирование, моделирование, анализ, СВЧ устройства, программа.

В настоящее время большое развитие получила программа High Frequency System Simulator (HFSS) компании AnSoft, которая предназначена для анализа трехмерных СВЧ структур. В последние несколько лет именно HFSS занимает лидирующее положение в мире проектирования СВЧ устройств [1]–[3].

Программа HFSS предназначена для моделирования СВЧ устройств и расчета их характеристик и включает в себя пакет программ. Конструктивный модуль HFSS позволяет начертить виртуальную модель исследуемого устройства, расчетный модуль, проводит расчет электромагнитного поля для построенной модели, а постпроцессор дает возможность провести обработку и детальный анализ полученных результатов.

При конструировании виртуальной модели необходимо начертить анализируемое устройство, указать материалы для каждого объекта, опреде-

лить порты и задать граничные условия на поверхностях. Кроме того, постановка задачи включает установку частотного диапазона для анализа и определение условий сходимости решения. На рисунке 1 представлен алгоритм работы программы HFSS.

HFSS позволяет с высокой точностью рассчитывать внешние параметры СВЧ многополюсников. Это служит основой для интегрирования HFSS с другими программами проектирования. Рассчитанные S -параметры можно использовать далее в программах анализа линейных и нелинейных схем. HFSS полностью совместим с платформой Ansoft Designer, предназначенной для сквозного проектирования радиоэлектронных систем.

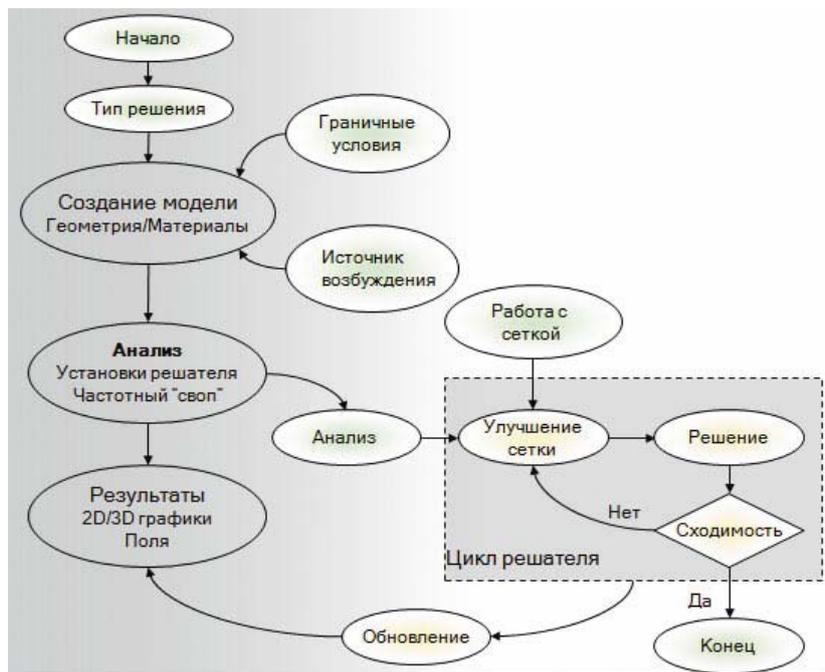


Рис. 1. Алгоритм работы HFSS

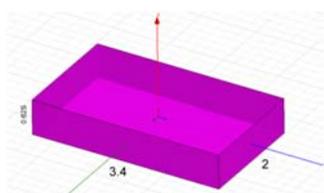
Процесс конструирования с помощью HFSS включает в себя ряд стандартных шагов:

1. Создание модели анализируемой структуры:
 - создание трехмерной графической модели структуры (чертежа);
 - задание параметров материалов, из которых состоит структура.
2. Определение электродинамических параметров структуры включает:
 - задание граничных условий на поверхностях, формирующих анализируемый объект;
 - определение и калибровка портов;
 - задание параметров решения.
3. Электродинамический анализ исследуемого объекта:
 - анализ объекта в полосе частот;
 - параметрический анализ объекта;

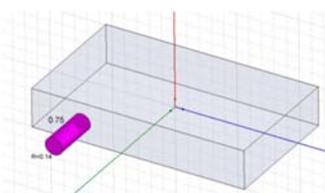
- параметрическая оптимизация объекта.
- 4. Визуализация результатов электродинамического анализа включает:
 - построение графиков в декартовых, полярных координатах, диаграмм Смита, диаграмм направленности и т. д.;
 - анимация распределений электромагнитного поля и электрического тока;
 - сохранение результатов анализа в файлах данных.

Технология HFSS позволяет выполнить расчет электрических и магнитных полей, токов, S -параметров и излучений. Процесс выполнения расчета полностью автоматизирован, пользователь только задаёт геометрические параметры, свойства материалов и желаемый результат.

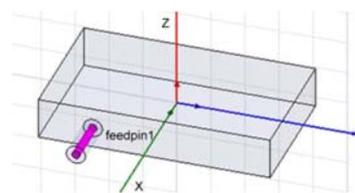
Ниже на рисунках 2, 3, 4, 5 приведены примеры построения фильтра, параметрический анализ полосового фильтра, процесс оптимизации полосового фильтра и результат оптимизации, выполненные HFSS.



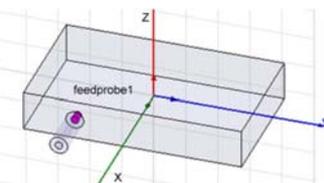
корпус фильтра



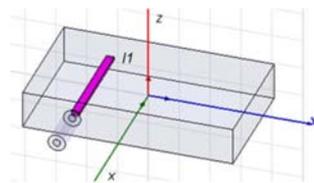
Корпус фильтра и первый цилиндр коаксиальной линии



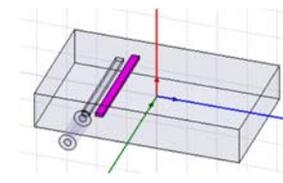
Внутренняя жила коаксиального ввода



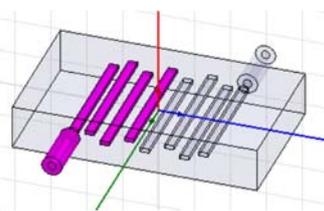
Штырек связи с фильтром



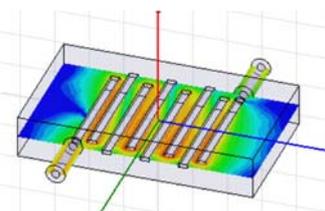
Черчение первой линии фильтра



Черчение второй линии фильтра



Дублирование половины элементов, с помощью вращения вокруг оси



Вид поля в среднем сечении фильтра

Рис. 2. Пример построения фильтра

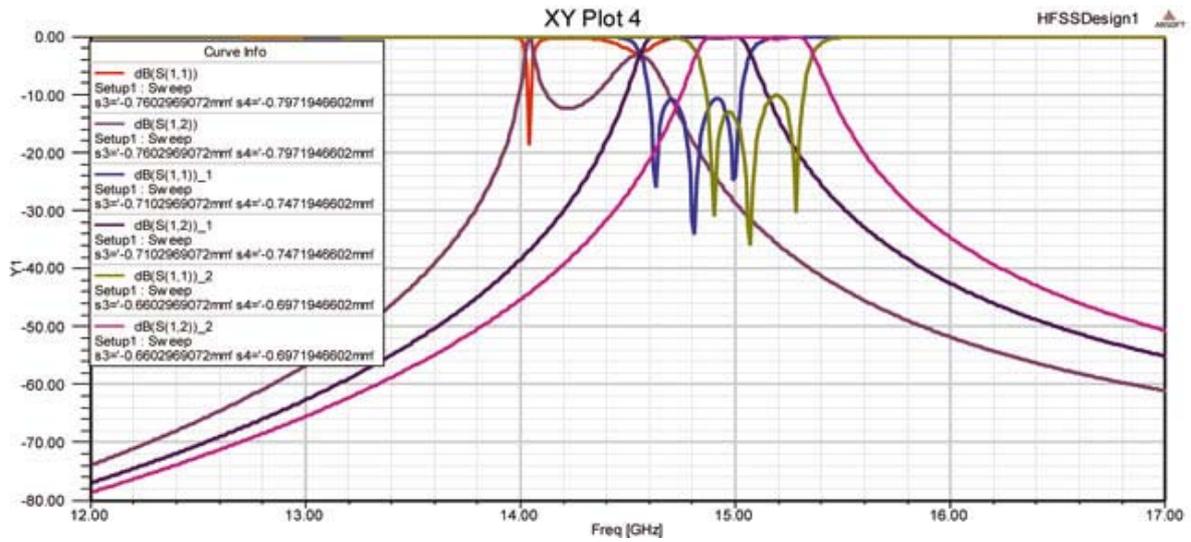


Рис. 3. Параметрический анализ полосового фильтра

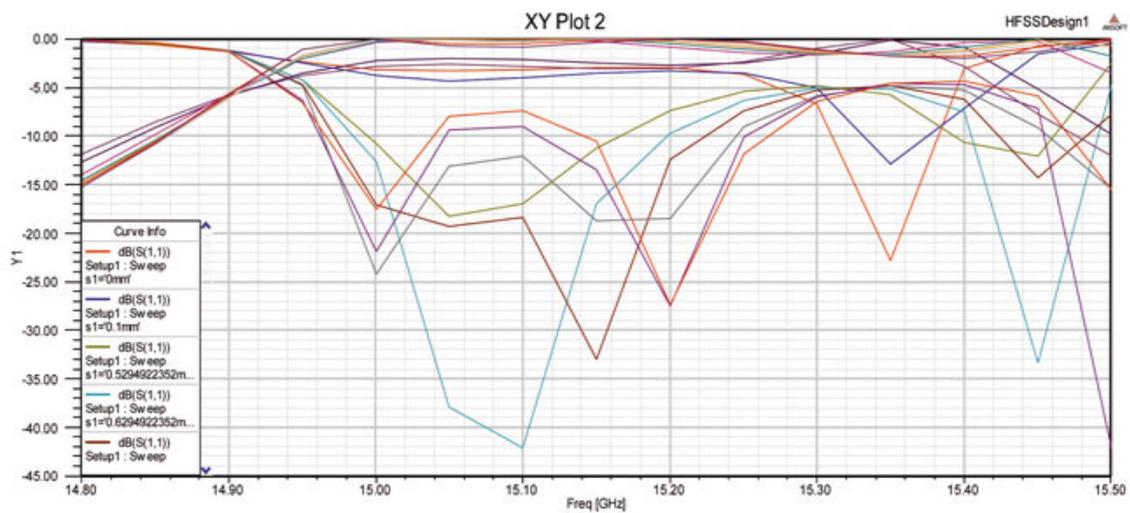


Рис. 4. Процесс оптимизации полосового фильтра

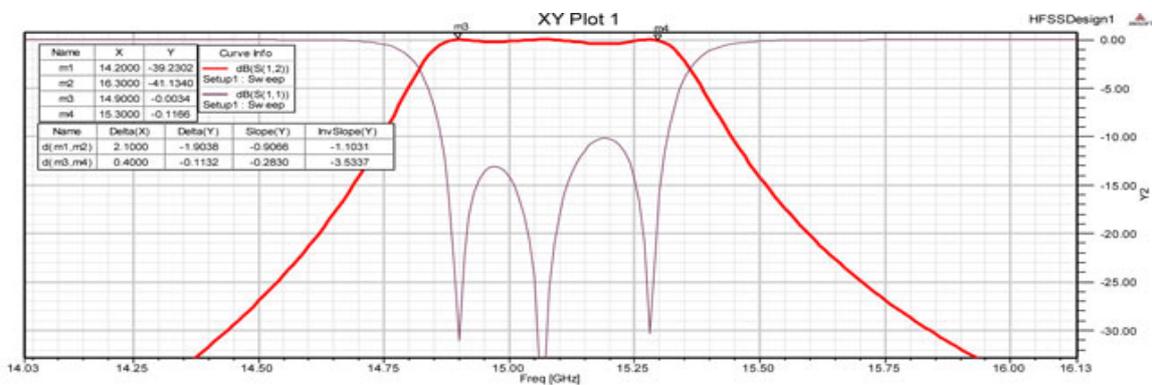


Рис. 5. Результат оптимизации

HFSS – это мощный пакет программ, с помощью которого вычисляются многомодовые S-параметры и электромагнитные поля для трехмерной пассивной структуры произвольной формы. В программе имеется интуитивный интерфейс, упрощающий описание проекта, мощная программа расчета электромагнитного поля, адаптер и мощный процессор для беспрецедентного представления электромагнитных характеристик.

К преимуществу программы можно отнести: удобный интерфейс для 3D-моделирования, полную совместимость с AutoCAD и всестороннюю базу материалов. А анимация динамической поверхности позволяет проследживать чертежи пошагово через циклы вращения и смещения одного кадра за другим.

Список используемых источников

1. Синтез и моделирование микроволновых фильтров / А. Р. Кубалова, С. В. Томашевич. – СПб. : СПбГУТ, 2012. – 216 с.
2. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ структур с помощью HFSS / С. Е. Банков, А. А. Курушин, В. Д. Разевиг; под редакцией проф. С. Е. Банкова. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004. – 208 с.
3. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft / С. Е. Банков, А. А. Курушин. – М. : ЗАО «НПП «РОДНИК», 2009. – 256 с.

УДК 621.396.67

Н. О. Дёшина, А. Р. Кубалова, Т. А. Рыжикова

АППРОКСИМАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ СИНТЕЗЕ ФИЛЬТРОВ ЗОЛОТАРЕВА–КАУЭРА

Любая физически реализуемая электрическая цепь имеет передаточную функцию. Поэтому первым этапом проектирования фильтров является решение задачи аппроксимации. Данная задача состоит в том, чтобы найти устойчивую и физически реализуемую передаточную функцию, которая будет наилучшим образом приближена к заданным идеальным характеристикам фильтра. Эллиптические фильтры, которые иногда называют фильтрами Золотарёва-Кауэра, обладают колебаниями и в полосе пропускания, и в полосе заграждения.

аппроксимация, фильтры, характеристика, цепи.

Фильтры являются важной частью многих микроволновых устройств, которые применяются в радионавигации, радиолокации, космической связи, аппаратуре для научных исследований и т. п. Их используют для частотной селекции микроволновых сигналов. Современная радиоэлектроника, при её

стремительном развитии, предъявляет к фильтрам все более жесткие требования, а именно: стабильность параметров, высокое качество исполнения, малые габариты и вес, низкая себестоимость. В связи с этим разработчикам приходится совершенствовать и методы синтеза, и применяемые материалы, и технологии изготовления фильтров.

Содержание теории электрических цепей составляют задачи анализа и синтеза, а именно анализ свойств заданных электрических цепей и построение электрических цепей с заданными свойствами [1]–[4].

Процесс синтеза электрической схемы делится на два этапа:

1. Аппроксимация, т. е. получение математического выражения частотной зависимости затухания в виде функции, удовлетворяющей условиям осуществимости;

2. Реализация, т. е. представление полученного математического выражения в виде идеализированной электрической схемы.

Разработка гибридно-интегральных схем приводит к задаче микроминиатюризации пассивных частотно-селективных цепей, которые и определяют габариты всего блока. Одним из направлений микроминиатюризации является использование полосковых согласующих и фильтрующих цепей, имеющих полюса затухания на конечных частотах. Эти цепи имеют существенные преимущества перед полиномиальными цепями, так как позволяют реализовать требуемые характеристики более компактными структурами.

Аналитические методы аппроксимации, основанные на трудах выдающихся русских математиков прошлого века П. Л. Чебышева и Е. И. Золотарева, нашли исключительно широкое применение при проектировании фильтров. Эти методы являются самыми надежными и удобными для проектировщика фильтров. Однако сфера применения аналитических методов ограничена расчетом фильтров либо без потерь в реактивных элементах, либо с так называемыми однородными потерями, т. е. с равнодобротными реактивными элементами. При расчете фильтров используются так называемые аппроксимирующие выражения. Одним из таких выражений является дробь Золотарева.

Дробь Золотарева дает возможность получить равноволновое приближение, как в полосе пропускания, так и в полосе задерживания. Для четных n эта дробь записывается в виде:

$$R_z(\Omega) = H_1 \cdot \prod_v \frac{\Omega_{0v}^2 - \Omega^2}{\Omega_v^2 - \Omega^2},$$

для нечетных n дробь будет иметь вид:

$$R_z(\Omega) = H_1 \cdot \Omega \cdot \prod_v \frac{\Omega_{0v}^2 - \Omega^2}{\Omega_v^2 - \Omega^2}.$$

Нули и полюса дроби Золотарева:

$$\Omega_{0v} = \operatorname{sn}\left(\frac{2v-1}{2n} \cdot K; k\right); \Omega_v = \frac{1}{k \cdot \Omega_{0v}} \text{ — для нечетных } n,$$

$$\Omega_{0v} = \operatorname{sn}\left(\frac{v}{n} \cdot K; k\right); \Omega_v = \frac{1}{k \cdot \Omega_{0v}} \text{ — для четных } n,$$

где K – полный эллиптический интеграл первого рода с модулем $k = \frac{f_1}{f_3}$ – крутизна среза фильтра; f_1 – граничная частота полосы пропускания, f_3 – граничная частота полосы задерживания.

При подстановке дроби Золотарева в выражение для рабочего затухания фильтра получаем:

$$a = 10 \lg [1 + \varepsilon R^2(\Omega)], \quad (1)$$

где $\varepsilon = 10^{0,1 \cdot \Delta a} - 1$ – коэффициент, характеризующий неравномерность затухания в полосе пропускания фильтра в зависимости от частоты; Δa – неравномерность затухания в полосе пропускания, дБ.

Фильтры, характеристики затухания которых описываются выражением (1) называют фильтрами Золотарева-Кауэра или эллиптическими фильтрами.

Характеристика затухания такого фильтра показана на рисунке.

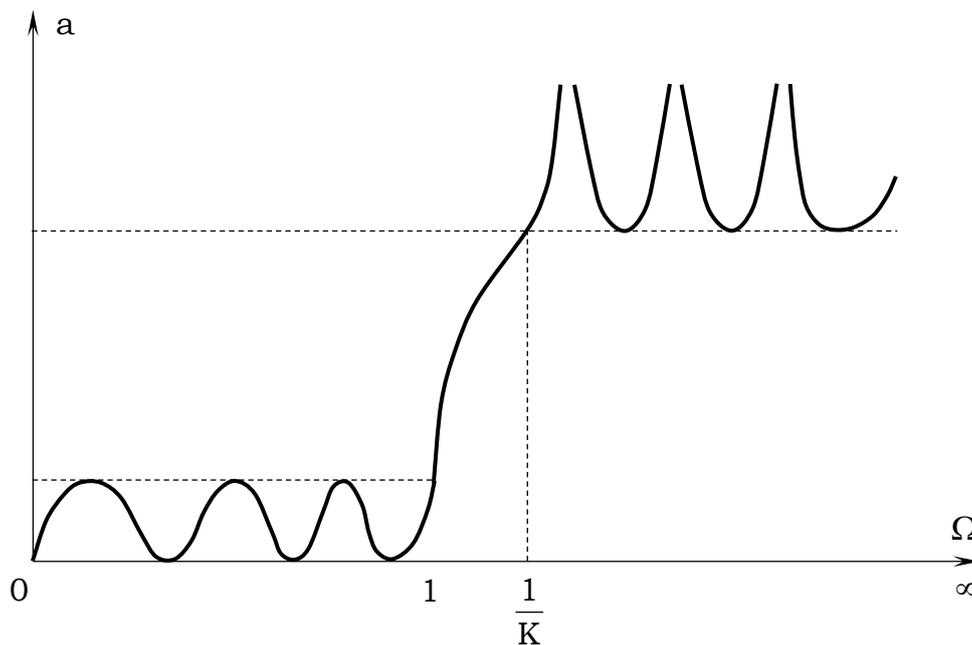


Рисунок. Характеристика затухания фильтра Золотарева-Кауэра

Эллиптические фильтры, т. е. СВЧ фильтры с неполиномиальными характеристиками рабочего затухания находят широкое применение в микроминиатюрной радиоаппаратуре СВЧ. По сравнению с полиномиальными фильтрами преимущество эллиптических фильтров объясняется тем, что

крутизну характеристик затухания в переходной области у фильтров Золотарёва-Кауэра можно увеличивать изменением параметров соответствующих резонаторов, т. е. смещением полюсов затухания, тогда как у полиномиальных это достигается лишь увеличением числа резонаторов. Указанные преимущества особенно проявляются в фильтрах Золотарёва-Кауэра с узкими переходными областями [5].

Интерес разработчиков СВЧ радиоаппаратуры к эллиптическим фильтрам (фильтры Золотарёва-Кауэра) можно объяснить тем, что эллиптические фильтры при одинаковых требованиях к характеристике затухания имеют меньшее число звеньев по сравнению с обычными неполиномиальными фильтрами. Например, при одинаковых потерях в полосе пропускания, фильтры Золотарёва-Кауэра при заданной переходной области обеспечивают почти на 50% более высокое затухание по сравнению с полиномиальными фильтрами. Разработка новых методов расчета и реализация фильтров Золотарёва-Кауэра в микрополосковом исполнении имеет важное значение для улучшения электрических и массогабаритных характеристик СВЧ модулей.

Список используемых источников

1. **Основы** теории цепей. Учебник / В. П. Бакалов, В. Ф. Дмитриков, Б. И. Крук. – М. : Радио и связь, 2000. – 589 с.
2. **Теория** электрических цепей. Учебник / В. П. Бакалов, П. П. Воробийенко, Б. И. Крук. – М. : Радио и связь, 1998. – 444 с.
3. **Справочник** по расчету фильтров / Р. Зааль. – М. : Радио и связь, 1983. – 752 с.
4. **Теория** линейных электрических цепей. Учебник / А. Ф. Белецкий. – М. : Лань, 2009. – 544 с.
5. **Анализ** и синтез микроволновых эллиптических фильтров / А. Р. Кубалова, С. В. Томашевич, СПбГУТ. – СПб., 2013. – 368 с.

УДК 004.021

П. Д. Дмитриев

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В СЕТЯХ WI-FI

В статье проведен сравнительный анализ методов и алгоритмов определения местоположения абонентов в сетях Wi-Fi. Критерием анализа являлась предполагаемая точность определения местоположения и отсутствие требования предполагаемого изменения в аппаратных составляющих как абонентского, так и сетевого оборудования.

сети Wi-Fi, определение местоположения, локальные сети, IEEE 802.11.

Не для кого не секрет, что в настоящее время широкое распространение получила возможность определения местоположения (позиционирования) того или иного объекта, как на открытом пространстве, так и в закрытых помещениях.

Если для позиционирования на местности справедливо выбрать глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), такие как ГЛОНАСС и GPS, исходя из явных преимуществ: размер охватываемой территории или достаточно высокая точность определения местоположения вне зданий, то для закрытых помещений схожих систем просто нет.

За последние годы широко распространились локальные сети, на основе технологии Wi-Fi (IEEE 802.11). Это дало возможность применять методы определения местоположения внутри помещений на практике.

Целью статьи является анализ некоторых существующих методов и алгоритмов позиционирования объекта в локальных сетях Wi-Fi для последующей экспериментальной проверки наиболее подходящего(-их) в стенах СПбГУТ. Критерием анализа являлась предполагаемая точность определения местоположения и отсутствие требования предполагающего изменения в аппаратных составляющих как абонентского, так и сетевого оборудования. Данную работу стоит рассматривать как начальный теоретический задел для дальнейших исследований в области определения местоположения внутри помещений.

Согласно [1], основные методы позиционирования опираются на существующую инфраструктуру сети, тем самым не требуют изменений в существующих абонентских устройствах.

Известны методы позиционирования такие как Proximity и Weighted centroid [2].

В первом случае искомому объекту присваиваются координаты точки доступа с наибольшей силой сигнала. Погрешность в определении местоположения при таком подходе может составлять более нескольких десятков метров.

Второй метод основан на вычислении геометрического центра плоской фигуры, образованной несколькими точками доступа и дополненной мощностями сигналов. Метод Weighted centroid является улучшенным вариантом алгоритма centroid, в котором вычисляется только геометрический центр. Точность определения местоположения в Weighted centroid напрямую зависит от числа точек доступа и сигналов от них, доступных абонентскому устройству. Подход в качестве предварительных измерений требует только знание расположения точек доступа.

Кроме перечисленных, известны также методы использующие следующие параметры:

- Time of Arrival (ToA) – время прибытия;

– Received Signal Strength (RSS) – сила принимаемого сигнала.

Подход использующий ToA (альтернативное название Time of Flight – ToF) основан на времени распространения сигнала, причем регистрируется величина и фаза для каждого радиолуча. Исходя из проведенного сравнения методов [3], использующих параметры сигналов RSS и ToA, можно сделать вывод, что ToA чувствительнее к ширине полосы частот канала, нежели RSS. При наличии высокого уровня сигнала и прямого пути радиолуча методы ToA способны обеспечить более высокую точность, по сравнению с RSS. К явным недостаткам можно отнести требование к наличию прямого пути прохождения сигнала от точки доступа к искомому объекту, в противном случае возникает затухание и переотражение, что негативно сказывается на точности определения местоположения.

Методы, использующие RSS основаны на силе принимаемого сигнала. В настоящее время большинство систем позиционирования в сетях Wi-Fi используют методы, основанные на измерении уровня принимаемого сигнала, например, система компании Ekahau [4]. Особенно выделяется алгоритм Fingerprinting (индивидуальная идентификация).

Данный алгоритм характеризуется 2 фазами работы: offline и online.

В фазе offline происходит сбор и запись величин RSS, от точек доступа, координаты которых определены, с последующей отправкой результатов записи на удаленный сервер. Следует обратить внимание, что измерения силы сигналов производятся в заранее известных и запланированных областях от различных точек доступа. Впоследствии, на удаленном сервере, формируется некая база данных, которая, по сути является «радиокартой». Обобщенный пример «радиокарты» приведен в таблице.

ТАБЛИЦА. Обобщенный вид радиокарты

Известная область	Точка доступа 1	Точка доступа 2	Точка доступа N
O_1	RSS_{11}	RSS_{21}	RSS_{N1}
O_2	RSS_{12}	RSS_{22}	RSS_{N2}
O_m	RSS_{1m}	RSS_{2m}	RSS_{Nm}

Фаза online подразумевает измерение силы сигналов от различных точек доступа (посредством абонентского устройства), отправку их на сервер, где и происходит их сравнение с информацией из «радиокарты». По сути, абонентское устройство запрашивает свое примерное местонахождение в пространстве. В свою очередь, сервер отвечает на запрос результатом сравнения полученных данных с уже имеющимися. Стоит отметить, что данный подход может включать различные алгоритмы, например, nearest neighbor [5], k-nearest neighbor [2] и других.

Явным плюсом методов, использующих параметр RSS, независимость от наличия прямой видимости и довольно высокая точность определения местоположения. При достаточно высоком количестве измерений в помещении, точность позиционирования может быть гораздо повышена. К сожалению, алгоритм Fingerprinting (индивидуальная идентификация) не лишен недостатков. Самым очевидным является составление базы данных («радиокарты»). Это влечет за собой достаточно большое затрачиваемое время для сбора данных; постоянное обновление «радиокарты», по ряду причин, например, добавление (или удаление) точки доступа.

Для дальнейших исследований, наиболее интересными представляются методы, использующие параметр RSS. Хотя подходы на основе RSS и имеют весьма трудоемкий процесс предварительных измерений (составление «радиокарты»), но позволяют достичь более высокой точности.

Кроме того, для будущих работ целесообразно детально рассмотреть и проанализировать алгоритмы, позволяющие одновременно формировать некую «карту» и определять местоположение на ней. Такие алгоритмы получили название Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), что буквально можно перевести как «одновременная картография и определение местоположения».

Список используемых источников

1. **Исследование** направлений интеграции ГНСС с перспективными средствами массовых телекоммуникаций и нерадиотехническими датчиками, как дополнительными источниками навигационной информации: отчет о НИР (промежут.) / ОАО «РИРВ»; рук. Баринов С. П.; исполн. Агафонов Н. Б., Бабаков К. Н., Бедрин И. Б., Горбунов И. С., Кустов О. В., Моисеенко Д. И., Сиверс М. А. – СПб., 2011. – 339 с.

2. **WhAC**: a WiFi-Based Application for Indoor Customer Localization / R. Molteni, F. Perini. – Politecnico di Milano, 2011. – 110 p.

3. **On RSS and ToA based Indoor Geolocation – A comparative Performance Evaluation** / A. Hatami, K. Pahlavan, M. Heidari, F. Akgul // Wireless Communications and Networking Conference WCNC 2006. IEEE, Vol. 4. – С. 2267–2272.

4. **Позиционирование** в сетях Wi-Fi / А. Н. Волков, М. А. Сиверс, В. А. Сухов // Вестник связи. – 2010. – № 11. – С. 28–33.

6. **RADAR**: An In-Building RF-based User Location and Tracking System / P. Bahl, V. Padmanabhan // IEEE INFOCOM, Tel-Aviv, Israel, Mar. 2000. – PP. 775–784.

Статья представлена научным руководителем доктором технических наук, профессором М. А. Сиверсом.

УДК 681.3.06

Д. В. Журавов, А. Б. Степанов

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ MATLAB

Статья посвящена описанию разработанной технологии генерации С-кода средствами MATLAB для реализации алгоритмов вычисления непрерывного вейвлет-преобразования на цифровом сигнальном процессоре. Такой подход позволяет значительно сократить временные затраты для получения программного кода.

непрерывное вейвлет-преобразование, цифровой сигнальный процессор, MATLAB, Simulink, вейвлет-спектрограмма.

При анализе сигналов применяются различные алгоритмы цифровой обработки сигналов, в том числе и те, которые основаны на использовании непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) [1, 2]. Реализация подобных алгоритмов может осуществляться на цифровых сигнальных процессорах (ЦСП) и программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). В данной статье рассмотрим один из возможных вариантов реализации – на ЦСП.

Непрерывное вейвлет-преобразование может быть получено на основе:

$$C(a, b; f(t), \psi(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt, \quad (1)$$

где $f(t)$ – анализируемый сигнал, $\psi(t)$ – вейвлет, a – коэффициент масштабирования, b – сдвиг по времени, $*$ – комплексное сопряжение.

При реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов на ЦСП в основном применяются или язык Ассемблера (язык низкого уровня), или язык C/C++ (язык высокого уровня). Система MATLAB позволяет генерировать С-код для реализации различных систем цифровой обработки сигналов, выполнять его оптимизацию по объему или быстродействию. Для получения С-кода может использоваться ядро MATLAB или подсистема динамического моделирования Simulink.

Технология проектирования алгоритмов цифровой обработки сигналов на основе НВП с применением системы MATLAB включает в себя следующие этапы:

1. Постановка задачи.
2. Разработка алгоритма.
3. Выбор цифрового сигнального процессора.
4. Выполнение моделирования проектируемой системы. Создание Simulink-модели или m-файла в соответствии с разработанным алгоритмом.

5. Настройка Simulink-модели в соответствии с выбранным ЦСП. Настройка параметров генерации и оптимизации С-кода в Simulink-coder или MATLAB-coder.

6. Тестирование С-кода в интегрированной среде разработки и получение загрузочной программы.

Данные этапы рассмотрим подробнее.

1. Постановка задачи: реализовать алгоритм вычисления непрерывного вейвлет-преобразования на ЦСП TMS320C5515.

2. Разработка алгоритма [1, 3].

Прежде всего, перепишем уравнение (1) с учетом замены:

$$\psi_a(t) = \psi^*(t/a),$$

$$C(a, b; f(t), \psi(t)) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_a(t - b) dt.$$

Перейдем от непрерывного к дискретному типу сигнала, при этом произведем следующие замены: $t \rightarrow nT$, $b \rightarrow mT$, $a \rightarrow pT$.

Получим НВП в дискретном виде:

$$C(pT, mT; f(nT), \psi(nT)) = \frac{1}{\sqrt{pT}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \psi_a(nT - mT), \quad (2)$$

Данную формулу (2) можно интерпретировать, как взаимно-корреляционную функцию (ВКФ) сигнала $f(nT)$ и вейвлета $\psi(nT)$. Для расчета ВКФ используем теорему о быстрой корреляции и быстрое преобразование Фурье (БПФ).

По теореме о быстрой корреляции:

$$\frac{1}{\sqrt{pT}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \psi_a(nT - mT) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{pT}} F^*(\omega) \Psi_a(\omega),$$

где $F(\omega)$ и $\Psi_a(\omega)$ – дискретное преобразование Фурье (ДПФ) сигнала и вейвлета соответственно, ω – круговая частота.

В заключение, приведем непосредственно алгоритм вычисления НВП:

– с помощью алгоритма БПФ вычислим ДПФ последовательности $\psi_a(nT)$, обозначим его $\Psi_a(\omega)$;

– с помощью алгоритма БПФ вычислим ДПФ последовательности $f(nT)$, обозначим его $F(\omega)$;

– находим произведение: $\frac{1}{\sqrt{pT}} F^*(\omega) \Psi_a(\omega)$ для каждого значения дискретизированного коэффициента масштаба pT ;

– с помощью алгоритма БПФ вычислим обратное ДПФ для каждого значения pT и получим вейвлет-коэффициенты НВП.

3. Выбор цифрового сигнального процессора.

Цифровой сигнальный процессор был определен при постановке задачи. Он входит в состав отладочной платы Digital Spectrum TMS320C5515

EVM. При демонстрации работы системы для загрузки сигнала может быть задействована SD-карта, а для отображения вейвлет-спектрограммы – LCD-дисплей.

4. Выполнение моделирования проектируемой системы.

На данном этапе используем подсистему динамического моделирования Simulink [4]. Разработаем Simulink-модель, реализующую построение вейвлет-спектрограммы. Такая Simulink-модель (рис. 1) включает следующие блоки:

- Signal From Workspace – предназначен для загрузки сигнала из рабочей области MATLAB, в которую в свою очередь он может быть загружен пользователем или поступать от других устройств, подключенных к компьютеру через виртуальный COM-порт.
- Data Type Conversion – предназначен для преобразования типа данных с плавающей точкой в тип данных с фиксированной точкой.
- NVP_sub – подсистема, которая непосредственно реализует алгоритм расчета вейвлет-коэффициентов для построения вейвлет-спектрограммы.
- Signal To Workspace – предназначен для записи в рабочую область матрицы вейвлет-коэффициентов.

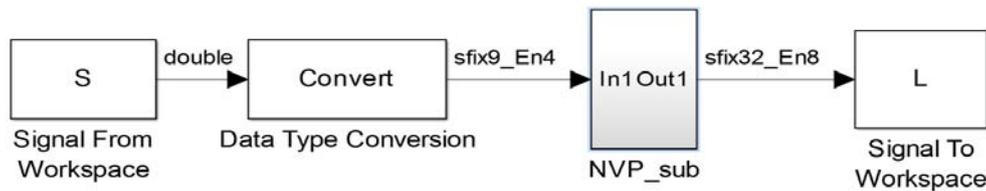


Рис. 1. Simulink-модель

На рисунке 2 приведена подсистема NVP_sub, рассмотрим ее основные блоки:

- In1, Out1 – предназначен для ввода сигнала и вывода вейвлет-коэффициентов;
- Signal From Workspace1 – предназначен для загрузки вейвлета из рабочей области MATLAB. Вычисление вейвлета осуществляется с помощью разработанного m-файла;
- FFT – предназначен для выполнения БПФ;
- Matrix Multiply – предназначен для выполнения поэлементного умножения;
- IFFT – предназначен для выполнения обратного БПФ.

5. Настройка Simulink-модели в соответствии с выбранным ЦСП выполняется в следующем порядке:

- выбор параметров решателя и времени моделирования;
- выбор аппаратной платформы;

- выбор параметров для генерации С-кода и его оптимизации.

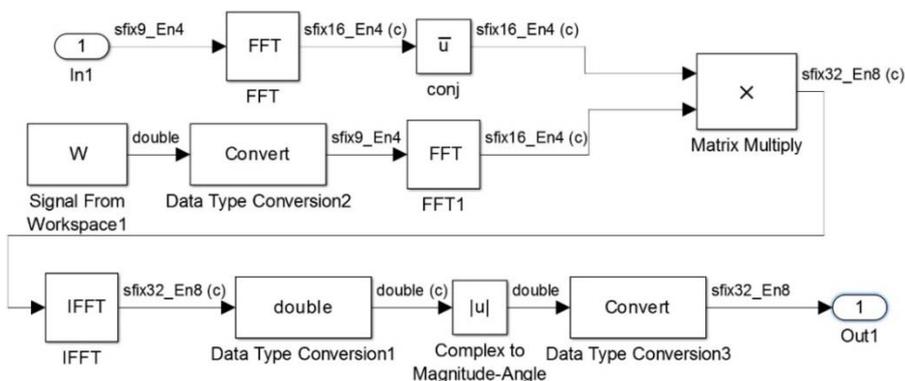


Рис. 2. Подсистема NVP_sub

При успешной генерации С-кода выводится отчет со списком заголовочных и исходных файлов.

6. Тестирование С-кода в интегрированной среде разработки.

Процессор TMS320C5515 разработан фирмой Texas Instruments. При разработке и отладке проектов для данного процессора используется интегрированная среда разработки Code Composer Studio (CCS). Для этого:

- создадим новый проект;
- добавим сгенерированные файлы с расширением *.c и *.h;
- осуществим сборку проекта (рис. 3);
- настроим конфигурацию и получим загрузочную программу.

Рис. 3. Завершение сборки проекта

При тестировании работы системы были получены вейвлет-спектрограммы, которые совпадают с вейвлет-спектрограммами, рассчитанными в MATLAB в пакете Wavelet Toolbox. При тестировании использовались низкочастотные сигналы без и с высокочастотной составляющей, что нашло отображение на вейвлет-спектрограмме (рис. 4).

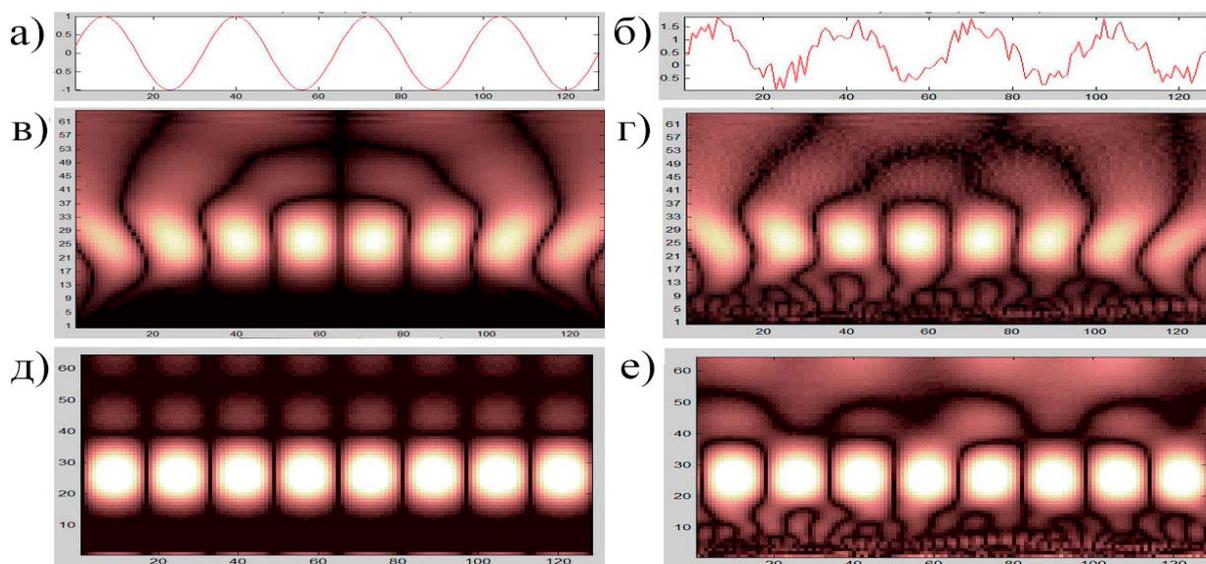


Рис. 4. Сравнение вейвлет-спектрограмм: а) и б) – низкочастотные сигналы без и с высокочастотной составляющей; в) и г) – вейвлет-спектрограммы, полученные в пакете Wavelet Toolbox; д) и е) – вейвлет-спектрограммы, полученные при реализации разработанного алгоритма

В заключение отметим, что основными преимуществами получения С-кода с применением системы MATLAB являются:

- возможность объединения двух этапов проектирования систем ЦОС: моделирования и реализации;
- скорость получения С-кода;
- возможность оптимизации С-кода по объему или быстродействию.

Список используемых источников

1. **Применение** вейвлетов для ЦОС / Г.-Г. Штарк. – М. : Техносфера, 2007. – 192 с.
2. **Применение** методов вейвлет-анализа в электроэнцефалографии / С. М. Арбузов, А. Б. Степанов. – СПб. : Линк, 2009. – 104 с.
3. **Цифровая** обработка сигналов: практический подход, 2-е издание / Э. Айфичер, Б. Джервис. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
4. **Цифровая** обработка сигналов. Моделирование в Simulink / А.И. Солонина. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

УДК 623.624

А. Д. Иванов, Т. Ю. Ковалева, Т. А. Рыжикова

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР И ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ
С СЕЛЕКТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

В работе рассмотрены принципиальные возможности создания композитных материалов с селективными свойствами, обеспечивающими пропускание и поглощение электромагнитных волн в определенных частях частотных диапазонах СВЧ. Представлены результаты электрофизических исследований структуры, обеспечивающей свойства селективности.

диэлектрическая проницаемость, полимерная матрица, наполнитель.

Композиты с селективными свойствами относятся к материалам, которые пропускают электромагнитное излучение (ЭМИ) в заданной полосе длин волн $\Delta\lambda$ и задерживают на определенной длине волны λ или в полосе длин волн. Подобные материалы [1] называют заграждающими, или пропускающими частотно-селективными материалами (ЧСМ), в зависимости от их структуры и назначения. Эти материалы применяются в технике для пропускания определенной частоты или выделения определенной частоты из широкого спектра электромагнитного излучения (селективно-пропускающие, радиопрозрачные) либо для исключения излучения определенной частоты из широкого спектра электромагнитного излучения (селективно-задерживающие, радиопоглощающие).

Некоторые области использования ЧСМ:

- антенные обтекатели подвижных объектов военной техники (ВТ);
- защитные кожухи переносной электронной аппаратуры (ЭА), радаров в условиях быстрого реагирования;
- защита биологических объектов и РЭА от воздействия ЭМИ определенной частоты, опасной в малых дозах для объектов в случае резонансного характера.

Радиопрозрачные материалы (РПЗМ) и изделия (РПИ) широко используют в антенных укрытиях, антенных обтекателях самолетов и ракет в условиях аэродинамических и тепловых ударов, дождевой, пылевой, газовой эрозии, ионизирующих излучений, в качестве перегородки-окна в ускорителях и электронных приборах, для обеспечения передачи электромагнитной энергии [1].

Прозрачность этих материалов обеспечивается малыми диэлектрическими потерями в заданном интервале рабочих температур ($\text{tg}\delta \cdot 10^{-2} - 10^{-5}$, $\epsilon \leq 10$) и низким уровнем отражения радиоволн ($|\Gamma| \leq 1\%$). Основу таких

материалов составляют органические и неорганические. диэлектрики-пластмассы, керамопласты, керамика, плавленый кварц.

РПЗМ обеспечивают пропускание ЭМИ радиочастотного диапазона (10^5 – 10^{12} Гц), при минимальном его отражении. Распространяясь в объеме этих материалов, электромагнитные волны (ЭМВ) создают переменное электрическое поле, энергия которого минимально преобразуется в тепловую энергию в композите.

Способность материала поглощать высокочастотное излучение или пропускать зависит от его состава и структуры. Селективные радиопоглощающие материалы (РПМ) не обеспечивают поглощения излучения любой частоты. Материал определенного состава на одних частотах заданного диапазона характеризуется лучшей поглощающей способностью, на других поглощающие свойства могут быть много ниже, имеют место окна пропускания или прозрачности [2].

Принципиальные возможности создания ЧСМ:

1. Совмещение четвертьволнового поглощающего покрытия для одной частотной полосы с полуволновым соотношением длины волны в веществе для другой частотной полосы диапазона функционирования.

2. В случае создания частотно-селективного конструктивного композитного материала, частотные полосы радиопрозрачного и радиопоглощающего материалов будут чередоваться при других соотношениях кратности длин волн, а именно при полуволновом соотношении длины волны с толщиной композита и при выборе определенных электрических или электромагнитных параметров композита и числа слоев всей гетерогенной структуры.

3. Синтез составов композитов с заданными электромагнитными параметрами, обладающими широкими полосами частотной дисперсии диэлектрической и магнитной проницаемостей.

4. Использование высоко анизотропных гексагональных ферритов в качестве наполнителей композитных РПМ, позволяет осуществлять частотно-селективное поглощение электромагнитного излучения ЭМИ путем управления частотой естественного ферритмагнитного резонанса.

Исследование прохождения ЭМВ в диапазоне частот 8–26 ГГц показало, что коэффициент пропускания в среднем составляет около 60 %. Вместе с тем, были обнаружены узкие окна пропускания, через которые проходит до 90 % энергии [3]. Появление тонкой структуры, включающей интенсивные полосы пропускания, можно объяснить нелинейными эффектами взаимодействия ЭМВ со спинами магнитоактивных ядер.

ЭМВ при падении на пластину из композита частично отражается, что характеризуют коэффициентом отражения. Проходящее через образец СВЧ излучение может поглощаться материалом по двум механизмам.

Присутствующие в материале свободные носители заряда переводят энергию электромагнитного излучения в тепло, что можно описать независящим от частоты коэффициентом диффузного поглощения. Второй тип поглощения связан с квантовыми переходами между магнитными уровнями примесных ядер. У диэлектрических материалов диффузное поглощение практически равно нулю. Такие материалы считаются радиопрозрачными.

РПМ имеют высокий коэффициент поглощения ($K_{\text{погл}} \approx 1$). Эти материалы пропускают лишь несколько процентов от падающей мощности ЭМИ. Однако они могут иметь довольно высокий коэффициент отражения $K_{\text{отр}}$ от входной границы раздела сред. Поэтому за эффективность радио поглощения следует принимать долю потерянной энергии при одном акте отражения. Если $K_{\text{отр}} = 0,6$, а коэффициент пропускания $K_{\text{пр}} = 0$, то потеря составляет 40 %, что является достаточно высоким показателем для радиочастотного поглотителя. В РПМ необходимо минимизировать электронную составляющую проводимости, поскольку электроны способны экранировать объемную часть образца.

Чем меньше электронная проводимость, тем большая глубина проникновения электромагнитной волны. В веществе композита также должны присутствовать магнитные моменты, способные взаимодействовать с ЭМИ. Поэтому в РПМ должны существовать ферромагнитные фазы. Квантовые переходы между магнитными уровнями значительно усложняют картину взаимодействия ЭМИ с веществом. В этом случае все коэффициенты – отражения, поглощения и пропускания становятся зависящими от частоты.

При этом сумма коэффициентов определяется следующим образом:

$$K_{\text{отр}} + K_{\text{погл}} + K_{\text{пр}} = 1. \quad (1)$$

Коэффициент прохождения слоя композита определяется через коэффициент ослабления:

$$T_1 = F_1 (1 - r_1) (1 - r_{12}) (1 + F_1^2 r_{11} r_{12}), \quad (2)$$

где r_1, r_{12} – коэффициенты Френеля.

Коэффициент прохождения ЭМВ через слой композита без потерь определяется по круговой диаграмме.

Коэффициент затухания определяется через электромагнитные параметры слоя композита и зависит от длины волны:

$$\alpha_1 = 2\pi d_1 / \lambda \cdot (\epsilon_1 - 1) \cdot \text{tg} \delta_1 \cdot (\sqrt{\epsilon_1 - \sin^2 \theta}). \quad (3)$$

Установлено, что присутствие изоморфных примесей как в радиопрозрачных, так и в радиопоглощающих материалах оказывает значительное влияние на процесс пропускания, поглощения и отражения электромагнитных волн. Для разработки селективных покрытий необходимо исследование структуры радиопрозрачных и радиофизических свойства композитных материалов.

Моделирование и расчет электромагнитных и радиофизических параметров селективных покрытий проведен на основе метода геометрической оптики [3]. Результаты расчета электромагнитных параметров структуры композитов на основе аэрированных наполнителей и различных полимерных матриц представлены в таблице.

Расчет прогнозируемых величин диэлектрических параметров селективных композитов произведен по методу Лихтеннекера на основе значений различных концентраций аэрированных наполнителей для различных матриц [3].

Радиопрозрачные композиты определенной структуры не изменяют, существенным образом, амплитуду и фазу проходящей сквозь них электромагнитной волны радиочастотного диапазона. Физико-химические свойства компонентов композита и их процентное соотношение оказывают определяющее влияние на их функциональные параметры.

ТАБЛИЦА. Результаты расчета диэлектрической проницаемости

Тип наполнителя	Микросферы стекла, марки К25			Вермикулит ВВФ-0,5 вспученный			Перлит ПВ-М вспученный		
	15	20	30	15	20	30	15	20	30
Концентрации наполнителей, %	15	20	30	15	20	30	15	20	30
Тип матрицы	Эпоксидная ЭД-6								
Вещественная ϵ'	4,7	3,7	2,7	4,1	3,65	2,2	4,4	3,8	2,4
Мнимая ϵ''	0,08	0,06	0,009	0,073	0,048	0,006	0,073	0,05	0,008
Тип матрицы	Силоксановый СКТВ								
Вещественная ϵ'	3,85	3,4	2,7	3,8	3,05	2,3	3,8	3,5	2,25
Мнимая ϵ''	0,078	0,063	0,005	0,069	0,045	0,007	0,078	0,053	0,006
Тип матрицы	Хлорсульфированный полиэтилен – ХСПЭ								
Вещественная ϵ'	3,28	3,05	2,2	3,1	2,15	1,8	3,15	2,35	1,9
Мнимая ϵ''	0,06	0,05	0,008	0,058	0,008	0,006	0,059	0,01	0,003

Объектом экспериментальных исследований электрофизические свойства композитов являлись образцы РПЗМ и РПМ с различными наполнителями и полимерными матрицами.

Исследовались композиты с наполнителями:

- аэрированными, для увеличения радиопрозрачных свойств;
- ферромагнитными (марганцево-цинкового, никель-цинкового, кобальтового ферритов) для поглощающих свойств.

Некоторые результаты исследования электрофизических свойств композитов в диапазоне частот 2–12 ГГц представлены на рисунке.

Выбор типов полимерных матриц произведен исходя из физических и физико-механических свойств высокомолекулярных (типа СКН, БСК и др.) и жидких каучуков (СКД). Лучшие результаты по электрофизическим свойствам при использовании хлорсульфированной полимерной матрицы ХСПЭ с наполнителем перлитом ПВ-М.

Экспериментальные исследования показали, что нанесение ферромагнитных наполнителей на поверхности плоской структуры РПИ, слоем толщиной, соизмеримой с глубиной проникновения ЭМВ в веществе, при одной длине волны определило полосу поглощения электромагнитной энергии при другой, меньшей кратности длине волн.

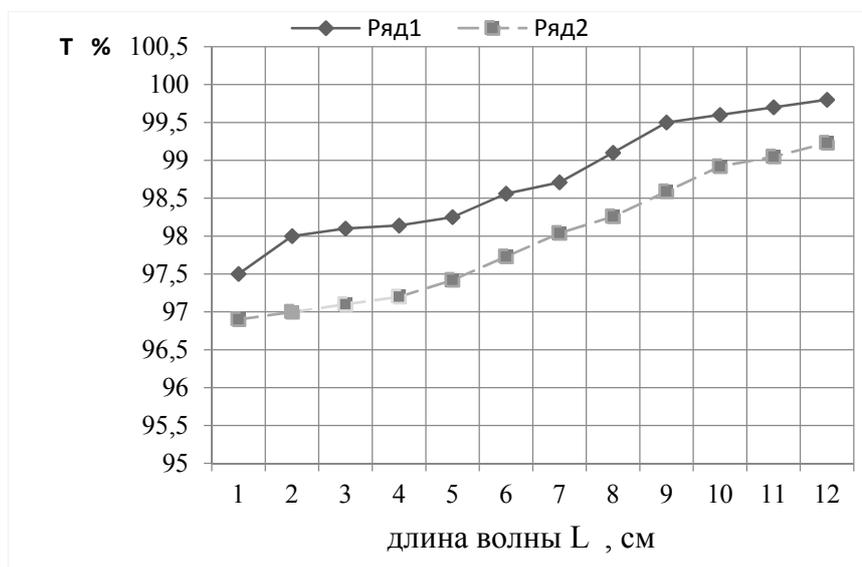


Рисунок. Зависимость коэффициента прохождения (ось y) от длины волны (ось x).
Ряд 1 – перлита ПВ-М в ХСПЭ; ряд 2 – микрошеры К-25 в СКТВ

Список используемых источников

1. **Frequency selective Surfaces. Theory and Design** / Ben A. Munk. – John Wiley & Sons, Inc., 2000. – 330 p.
2. **Селективные радиопоглощающие материалы** / Т. Ю. Ковалева, А. В. Ермаков, А. Г. Ковалева, Д. И. Кирик, А. В. Иванов // XXIV Всероссийская научно-техническая конференция школы семинара РАРАН: сб. статей, 2013. – С. 272–287. С. 403–406.
3. **Результаты разработки селективных защитных материалов для подвижных объектов военной техники** / Т. Ю. Ковалева, А. В. Ермаков, А. В. Иванов, А. Г. Ковалева, И. М. Старобинец // XVI Всероссийская научно-практической конференция «Актуальные проблемы защиты и безопасности»: тр. конференции, РАРАН, 2014. – Т. 3. – С. 379–385.

УДК 534.88

А. Ф. Иванова, Г. Г. Рогозинский

АНАЛИЗ ЗВУКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Звуковые ландшафты являются новым направлением в акустической экологии и звуковом дизайне. Автоматизированный анализ звуковых ландшафтов позволит упростить процесс их исследования и откроет путь к новому классу систем дополненной реальности.

звуковые ландшафты, акустическая экология, вейвлетный анализ.

До недавнего времени в мире не существовало понятия, способного охарактеризовать окружающую звуковую среду в контексте совокупности присутствующих в ней звуков и их природы. В 60-х годах XX века для описания звуков, которые окружают человека в его жизненном пространстве, канадский композитор и эколог Рэймонд Мюррей Шафер (род. 1933) ввел термин звуковой ландшафт (англ. *Soundscape*, от *Sound* – звук и *Landscape* – ландшафт) [1]. С тех пор термин звуковой ландшафт претерпел определенные изменения и в настоящее время он может быть применим:

- к фактической звуковой среде;
- к объективной записи звукового ландшафта;
- к музыкальным произведениям, основанным на создании искусственных пространств.

Звуковые ландшафты являются объектом изучения и использования во многих областях: акустическая экология, архитектура, ландшафтно-акустический дизайн, звуковой дизайн, конкретная музыка и электронная музыка. Основные этапы работы со звуковыми ландшафтами включают в себя слушание, анализ, классификацию и каталогизацию.

Проблема, вынесенная в заголовок, не является новой. С самого начала изучения звуковых ландшафтов исследователи фактически занимаются в том или ином виде деконструкцией звуковых ландшафтов, с последующим анализом их составляющих. Одной из наиболее актуальных проблем, связанных с анализом звуковых ландшафтов, является их автоматизированная классификация. По аналогии с системами преобразования музыкальных записей в ноты, здесь должно происходить **обнаружение** отдельных компонент звукового ландшафта, их **классификация** (отнесение к определенной группе других объектов) и **кодификация** (запись в виде условных символов, удобных для чтения человеком или для последующего синтеза).

Рассмотрим различные способы записи звуков, использующиеся в предметной области. В силу того, что нас интересуют звуковые ландшафты, где тембр преобладает над высотностью звуков (к которым, зачастую, этот музыкальный термин вообще не может быть применен, например, к шуму), оставим за рамками традиционную музыкальную запись, отметив, однако, ее обширный потенциал даже в подобных задачах.

Одним из наиболее традиционных и естественных способов описания как самого звучания, так и способа извлечения является словесный. Например, В. Н. Добровольский (1856–1920) – этнограф, краевед и фольклорист не только описывал звукоподражания словами, но и имитировал голосом пение птиц. Его имитации были записаны нотными знаками, Н. Д. Бером – профессиональным музыкантом и помощником в исследованиях народной культуры [2].

Французский композитор и теоретик музыки Пьер Шеффер (1910–1995), наиболее яркий представитель авангардного музыкального направления *конкретная музыка*, начал свои опыты весной 1948 года, экспериментируя со звуками индустриального происхождения, окружающих предметов, шумом, ударными инструментами и фортепиано. Инструментальные и вокальные отрывки, так же, как и шумовой материал, записывались на пленку, видоизменялись при помощи аппаратуры и затем формировали звуковую ткань произведения композитора. Так появилась новая единица композиционного пространства – звуковой объект (*objet sonore*). Способ мышления не нотами, а звуковыми объектами диктует необходимость описания морфологии данных объектов. В своей книге Трактат о музыкальных объектах [3] он выделяет семь основных морфологических критериев:

- масса (площадь звуковысотного пространства в звуковом объекте);
- гармонический тембр (спектр звукового объекта);
- гранулярность (качественный показатель неравномерностей в звуке);
- динамический контур (огибающая громкости звукового объекта);
- аллор (модуляция амплитуды и/или частоты);
- мелодический контур (траектория изменения звукового объекта в звуковысотном пространстве);
- контур массы (траектория массы звукового объекта, включающая в себя спектральную огибающую).

Упомянутый ранее Реймонд Мюррей Шафер модифицировал методы Пьера Шеффера для того, чтобы применить их для полевых работ, разработав различные аналитические аспекты, в том числе и физическое описание. С точки зрения последнего, Шафер выделяет следующие параметры: расстояние от наблюдателя (м); громкость оригинального звука (дБ); степень разборчивости в общей звуковой атмосфере; текстуру, частоту появления отдельных звуков в звуковом ландшафте.

На рисунке 1 представлены циклы естественного звукового ландшафта Западного побережья Британской Колумбии.

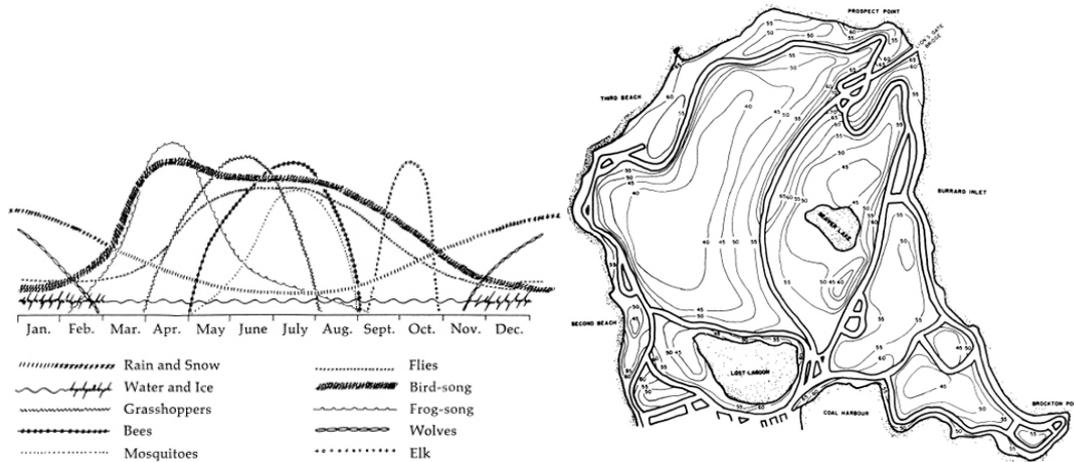


Рис. 1. Циклы естественного звукового ландшафта Западного побережья Британской Колумбии (слева); карта изобелов Стэнли Парк, Ванкувер (справа)

Карта изобелов (Стэнли Парк, Ванкувер) показывает средний уровень звука в различных местах. Измерения уровня шума производились каждую среду в период с мая по июль 1973 года на пешеходных дорожках. В каждой точке были взяты три значения по 10 секунд, впоследствии усредненные вместе для получения кривой изобелов.

Приведенные выше примеры иллюстрируют многообразие способов описания звуковых ландшафтов. Исследования Шафера привели к методикам, позволяющим дать наглядный и исчерпывающий анализ звукового ландшафта. Однако, в том случае, когда проблема ставится в русле автоматизированной классификации звуковых ландшафтов, мы, по определению, не можем прибегнуть к использованию человеческих аналитических способностей.

Среди традиционных технических способов анализа различных звуков можно отметить построение осциллограмм и методы спектрального анализа. Первое дает лишь информацию об изменениях мгновенной амплитуды во времени, что, безусловно, не достаточно, так как крайне важно знать характер изменения звука в частотной области. Классический спектральный анализ является другой крайностью – выделяя частотные составляющие за время анализа, мы теряем временное разрешение, необходимое для анализа огибающих громкости. Компромиссным вариантом является оконное преобразование Фурье (ОПФ), позволяющее получить спектрограмму – спектр, развернутый во времени. На основе ОПФ можно разработать алгоритм автоматизированного анализа звуковых ландшафтов. Однако, здесь возникает известная проблема, обуславливающая использование в подобных задачах вейвлетных базисов – в случае со звуковыми ландшафтами мы имеем дело со сложными нестационарными сигналами, в которых вместе

присутствуют составляющие различных масштабов времени: кратковременные составляющие (треск сверчков и цикад), средние по времени составляющие (звуки проезжающего транспорта) и протяженные составляющие (звук работающего крана, шум автострады). Необходимость временной локализации кратковременных составляющих (для которых важнее разрешение по времени) и выделения частотных компонент протяженных составляющих (существующих фактически на протяжении всего времени анализа) указывает на потенциальную эффективность вейвлетных преобразований. Первая задача, в которой вейвлетные преобразования проявили свои замечательные качества – анализ сейсмической активности [4], является родственной анализу звуковых ландшафтов.

На рисунке 2 представлена структурная схема работы системы автоматизированного анализа звуковых ландшафтов.

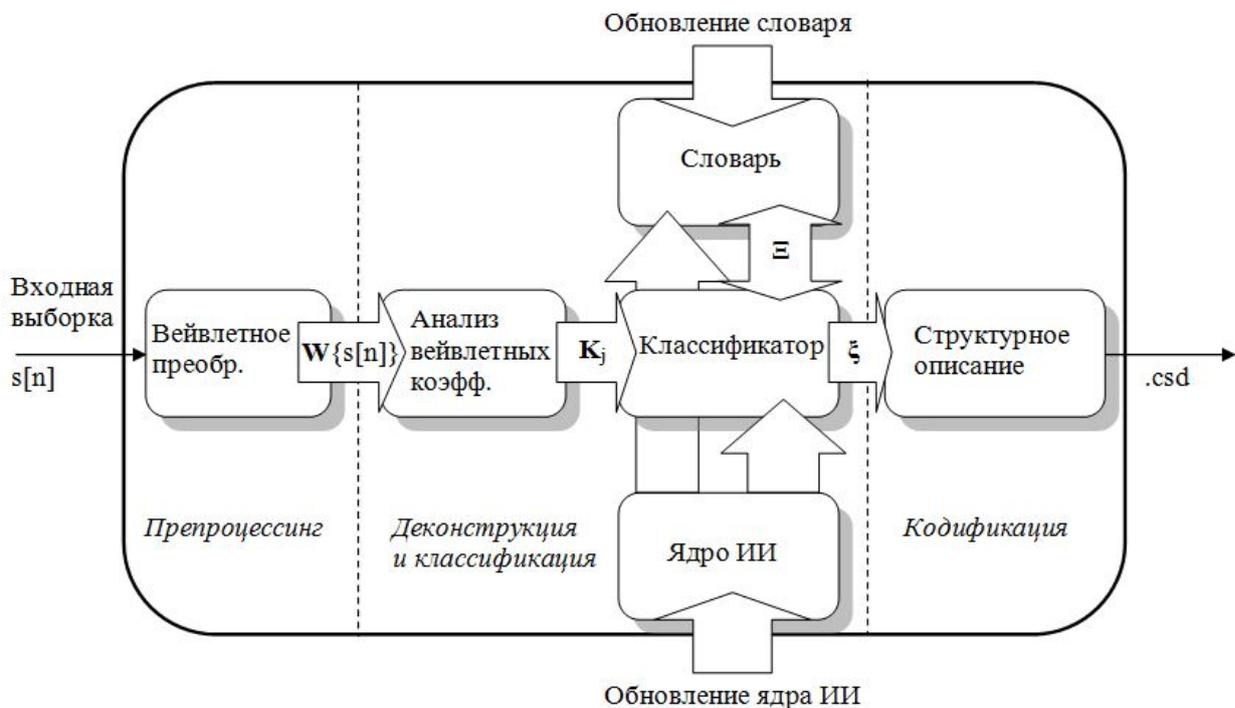


Рис. 2. Структурная схема системы автоматизированного анализа звуковых ландшафтов

Блок вейвлетного преобразования выступает в качестве инструмента препроцессинга для выборки отсчетов входного сигнала $s[n]$. Вектор вейвлетных коэффициентов $W\{s[n]\}$ поступает в блок анализа, где происходит выделение классификационных признаков с помощью пороговой и статистической обработки коэффициентов преобразования. На выходе блока мы имеем вектор признаков K_j , являющийся входом для классификатора. В результате работы ядра искусственного интеллекта, на основании вектора признаков происходит деконструкция исследуемой выборки звукового

ландшафта (выделение в ней отдельных элементов) и классификация элементов звукового ландшафта в соответствии с тембральным пространством Ξ .

Выходом классификатора является вектор координат ξ в тембральном пространстве, соответствующий выделенным элементам звукового ландшафта. Он является основой для структурного описания элементов при помощи языков структурного аудио, напр. *Csound* [5].

Результат преобразования фрагмента звукового ландшафта в формальное описание структуры его компонентов и информации о моментах их активности, представленное в виде кода *Csound*, может быть использовано для последующего ресинтеза звукового ландшафта, компактной передаче по каналу связи или создания графической партитуры.

Представленная автоматизированная система анализа звуковых ландшафтов является частью комплекса распределенной генерации компьютерной музыки [6]. Благодаря этой системе, комплекс получит возможность извлекать данные об окружающих звуковых ландшафтах и, впоследствии, воссоздавать их из моделей, созданных в результате анализа.

Подобные решения могут найти применение в интерактивном звуковом дизайне и системах дополненной реальности.

Список используемых источников

1. **The Soundscape**. The Tuning of the World / R.M. Schafer, Destiny Books, 1994. – 301 p.
2. **Официальный сайт** Института Наследия (материалы сайта). – URL: <http://heritage-institute.ru/index.php/-ourpublications/208-q-q> (Дата обращения 20.03.15).
3. **Traite des Objets Musicaux** / P. Schaeffer, SEUIL, 1966. – 701 p.
4. **Wave propagation and sampling theory** / J. Morlet et al // *Geophysics*. – 1982. – N 47(2). – PP. 203–221.
5. **The Csound Book** / R. Boulanger, MIT Press, 2000. – 740 p.
6. **Особенности** использования и корректность работы генетического алгоритма для распределенной генерации компьютерной музыки / Г. Рогозинский, А. Щекочихин // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – № 1 (59). – С. 80–84.

УДК 539.12.043

Е. В. Калинин, Е. Р. Милютин

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ
ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ СВЧ ПРИБОРОВ**

Рассмотрено влияние ионизирующего излучения (ИИ) на характеристики электронно-компонентной базы СВЧ при испытаниях на радиационную стойкость с применением новой методики испытаний. Проведён анализ отказа СВЧ усилителя при испытаниях на радиационную стойкость. На основе результатов анализа показана важность выбора режима работы компонентов СВЧ при испытаниях на радиационную стойкость.

электронно-компонентная база СВЧ, ионизирующее излучение, экспериментальное исследование.

Интенсивное освоение космического пространства потребовало учёта воздействия ионизирующего излучения (ИИ) на электронно-компонентную базу приборов СВЧ. Поэтому весьма важны предварительные испытания электронных компонент (ЭК) на радиационную стойкость.

Для проведения испытаний на установках, моделирующих различные виды ИИ, был разработан малогабаритный тестер⁴. Создание тестера позволило предложить новую методику проведения испытаний ЭК СВЧ на радиационную стойкость, поскольку существующая методика имеет ряд недостатков, основным из которых является то, что на ЭК подаются тестовые сигналы и напряжения питания, величина которых остаётся постоянной во время всего цикла испытаний, в процессе которых происходит набор определённой дозы ИИ, а на выходе компонента измеряются параметры статического режима работы.

Детальный контроль работоспособности компонента осуществляется в этом случае только в перерывах между циклами испытаний и последующим контрольным замером (КЗ) характеристик на специальном измерительном комплексе. Таким образом, в процессе испытаний ЭК находится в статическом режиме, который не отражает реальных условий работы ЭК, кроме того он более устойчив к воздействию ИИ, что может завышать уровень радиационной стойкости ЭК. Наконец, функциональный отказ в ЭК будет обнаружен лишь при проведении КЗ.

По новой методике ЭК находится в динамическом режиме работы, параметры входных сигналов изменяются в процессе облучения ИИ, при этом с помощью разработанного тестера ведутся непрерывные измерения набора

⁴ Новая методика испытаний приборов СВЧ на радиационную стойкость / Е. Р. Милютин, Е. В. Калинин // Вестник связи. – 2013. – № 5. – С. 38–40.

параметров ЭК, наиболее эффективно влияющих на его работоспособность. Данные измерений автоматически фиксируются для их дальнейшей обработки⁵.

Рассмотрим, в качестве примера, результаты испытаний СВЧ усилителя в процессе воздействия ИИ. Режим работы усилителя и параметры тестовых сигналов приведены в таблице. Во время испытаний проводились измерения напряжения питания (U_d) и коэффициента усиления (G_p).

Из рисунка 1, на котором показана зависимость U_d от поглощенной дозы ИИ, видно, что величина (U_d) остаётся постоянной и не превышает значений, указанных в таблице, и лишь при отказе ЭК наблюдается небольшой скачок параметра.

ТАБЛИЦА. Параметры тестового режима СВЧ усилителя

Параметр	Обозначение	Значения	Единицы измерения	Примечания
Напряжение питания	U_d	4,9	В	Min = 4,5 В Max = 5,3 В
Ток потребления	$i_{\text{потр}}$	65	мА	
Частота входного сигнала	F_{in}	1200–1800	МГц	
Мощность входного сигнала	P_{in}	< 0	дБм	
Коэффициент усиления	G_p_{Min}	16	дБ	1200 MHz
		16	дБ	1800 MHz

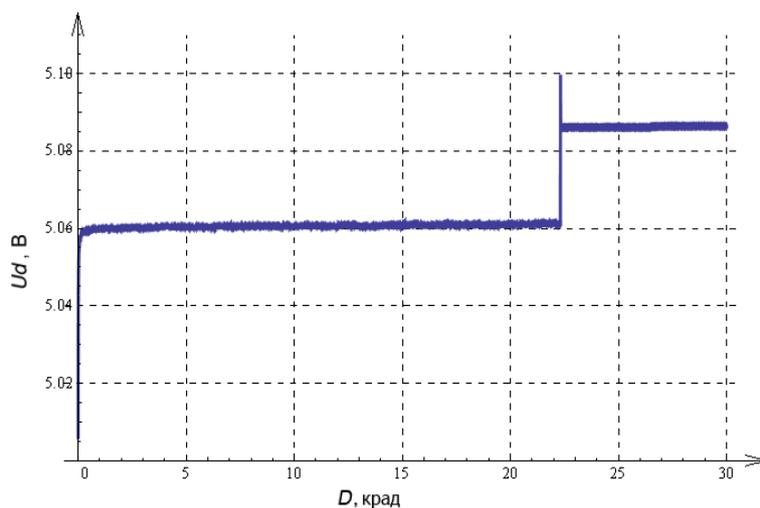


Рис. 1. Зависимость напряжения питания усилителя СВЧ от поглощённой дозы ИИ

При измерениях коэффициента усиления производилась калибровка тестера в диапазоне частот, приведённых в таблице. Результаты измерений представлены в виде трёхмерного массива данных (рис. 2).

⁵ Там же.

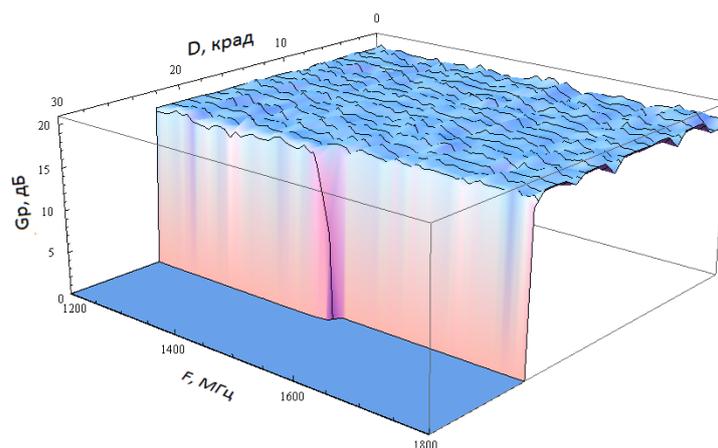


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления в рабочей полосе частот от поглощённой дозы ИИ

В результате воздействия ИИ происходит функциональный отказ СВЧ усилителя. Как видно на рисунке 2, в момент отказа коэффициент усиления резко падает, при этом режим работы по питанию меняется незначительно и выражен только небольшим скачком параметра (Ud).

Для определения момента отказа выделим временной промежуток, в котором происходит выход коэффициента усиления Gp за рабочие показатели (табл.). Этот промежуток представляет срез трехмерного массива данных в рабочей полосе частот (рис. 3).

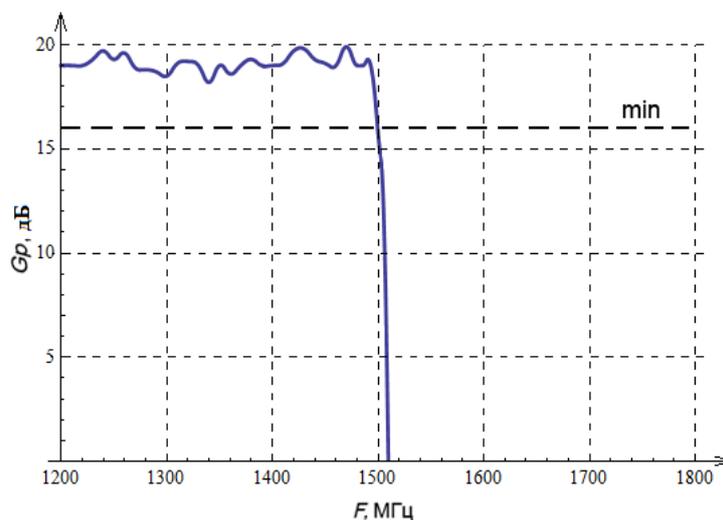


Рис. 3. Коэффициента усиления в рабочей полосе частот в момент отказа усилителя

В результате измерений было показано, что поглощённая доза при отказе ЭК составляет 22,34 крад. Если рассмотреть результаты испытаний по методике, которая применялась ранее, то результат будет значительно

отличаться, аппроксимация зависимости коэффициента усиления, построенная по результатам КЗ представлена на рисунке 4, доза отказа ЭК составляет 18,54 крад.

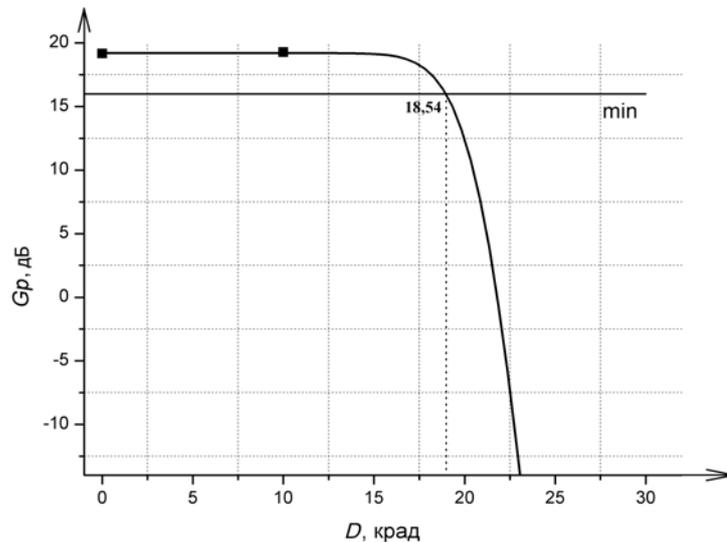


Рис. 4. Зависимость коэффициента усиления от поглощённой дозы ИИ, усилителя СВЧ полученная по результатам КЗ

Сопоставляя результаты, полученные при использовании двух методик, можно сделать вывод, что методика, при которой детальный контроль параметров СВЧ компонента осуществляется при КЗ, приводит к занижению уровня радиационной стойкости ЭК.

Такой результат приводит, как бы к искусственной перестраховке надёжности компонента, но может получиться, и обратная ситуация которая приведёт к завышению уровня стойкости ЭК, и как следствие, к несанкционированному отказу компонента в процессе эксплуатации. С применением старой методики вполне возможна и другая ситуация, если в процессе испытаний возникает отказ, и он не зафиксирован в процессе воздействия ИИ, то в случае возврата параметров к исходным значениям, при проведении КЗ отказ не будет обнаружен. Тоже самое касается и кратковременных отказов.

Такие обстоятельства приведут к неправильному определению уровня стойкости ЭК и возможность его применение в аппаратуре специального назначения с заявленным уровнем стойкости. Естественно, что такая ситуация является неприемлемой. Таким образом, применение тестера и необходимый контроль параметров СВЧ ЭКБ необходим для достоверной оценки работоспособности ЭК при воздействии ИИ.

УДК 623.624

Д. Д. Капралов, Д. И. Кирик, Т. Ю. Ковалева, Л. Л. Начкебия

**МЕТОД МНОГОФАКТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА НА БАЗЕ
ОДНОФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ**

В статье представлены некоторые результаты моделирования радиопоглощающих материалов, позволяющие сократить количество необходимых исследований, а также дающие возможность использовать при построении многофакторной модели накопленный однофакторный экспериментальный материал.

композит, волновое сопротивление, электромагнитные параметры

Эффективность применения радиопоглощающих материалов (РПМ) на объектах, различного назначения достигается снижением энергии отраженной электромагнитной волны, излучаемой в направлении прихода облучающего сигнала. Радиопоглощающие материалы выполняются в виде композитов (РКМ), представляющих отдельные элементы конструкций подвижных объектов или в виде покрытий (РПП), наносимых на поверхности защищаемых объектов.

Как объект математического моделирования РПМ представляют сложные технические системы взаимосвязанных элементов, состоящие из нескольких уровней [1]. В элементах технических систем протекают процессы структурообразования и деструкции, подлежащие моделированию (рис. 1).

Радиопоглощающий композит находится под воздействием целого ряда внешних факторов, часть из которых могут быть измерены (контролируемые воздействия), а часть – не поддаются измерению, или их влияние не существенно (не контролируемые воздействия). В результате моделирования устанавливается взаимосвязь выходных параметров объекта, характеризующие свойства РКМ или РПП и управляющих воздействий.

Подобная задача должна быть решена с учетом множества критериев эксплуатационных характеристик материалов, показателей структуры и свойств, учета рецептуры и технологии, т. е. радиопоглощающий материал необходимо рассматривать системно, как сложную техническую систему, испытывающую на себе комплекс воздействий и имеющую целый ряд управляемых параметров.

Такой подход требует:

- обобщения научных и методологических основ математического моделирования и многокритериального синтеза РПМ;
- разработки математического аппарата анализа и синтеза РПМ;
- проблемно ориентированных программных комплексов;

– создания на их основе РПМ с заданными свойствами.

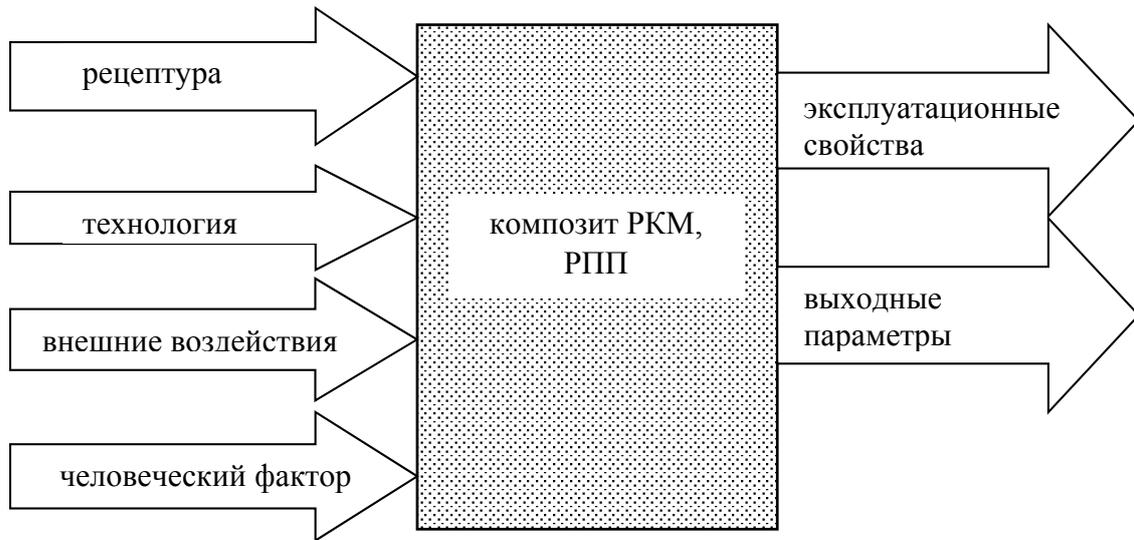


Рис. 1. Схема композита и покрытия, как объектов исследования

Принцип многофакторного моделирования [1] на базе однофакторных моделей позволяет сократить количество необходимых исследований, повысить точность математического моделирования, а также даёт возможность использовать при построении многофакторных математических моделях уже накопленный однофакторный экспериментально-статистический материал.

Теоретические и экспериментальные исследования [2] показали, что форма композита незначительно влияет на его эффективность. Главным фактором, определяющим качество композита или покрытия, являются радиофизические свойства материала и структурные или конструкционные особенности РПП и РКМ.

В частности, к задаче моделирования и расчета радиопоглощающих слоистых структур композитов не удастся применить метод, основанный на использовании частотных характеристик, положенных в основу математического описания полиномов Чебышева, который нашел широкое применение для расчета неоднородных согласующих слоев, применимых для использования в покрытиях.

Рассмотрим полу бесконечный слой поглощающего материала с равномерно распределенными по толщине потерями (упрощенный вариант), с известными электромагнитными характеристиками и с плоской границей. Пусть на границу раздела материала и воздушного пространства (для простоты, по радиофизическим свойствам будем считать вторую среду вакуумом) нанесен бесконечный слой другого материала с конечной толщиной. Необходимо исследовать зависимость коэффициента отражения данной системы (композитное покрытие – материал) от электромагнитных параметров системы и толщины слоя в радиочастотном диапазоне [3].

Поставленная задача решается в приближении сплошных сред. Также в разрабатываемой модели не будет учитываться нагрев материалов за счет диссипации энергии волны и температурные коэффициенты параметров. Для упрощения расчетов примем, что волна распространяется перпендикулярно поверхности покрытия. Для исключения влияния материала защищаемого объекта на результаты исследования предположим, что полу бесконечная среда – идеальный металл.

В таком случае, используя формулы Френеля для расчета коэффициентов отражения и прохождения, получим расчетную формулу для коэффициента отражения по мощности с учетом множественных отражений на границах РКМ или РПП:

$$\Gamma = \left| \frac{Z-Z_0}{Z+Z_0} \right|^2 + 16 \cdot \left| \frac{Z \cdot Z_0}{Z+Z_0} \right|^2 \cdot \sum_{i=1}^{\infty} |\exp(2 \cdot i \cdot D \cdot \text{Im}(k)) \cdot \left(\frac{Z_0-Z}{Z_0+Z} \right)^{(i-1)}|^2,$$

где Z – комплексное волновое сопротивление материала РКМ или РПП; Z_0 – волновое сопротивление вакуума; D – толщина образца; k – волновое число в материале РПМ.

Исследуемая модель на основе данного соотношения была исследована на ЭВМ в математической среде «Maple 16», по разработанной программе.

Для минимизации функции полного отражения в условиях ограниченной толщины материала покрытия (его массогабаритных параметров) необходимо выполнение двух существенных условий:

1. Принципиальное электромагнитное согласование материала и внешней средой во всем частотном диапазоне. Данное условие означает равенство волновых сопротивлений на границе сред, а также равенства комплексных величин диэлектрической и магнитной проницаемостей материала.

2. Высокие значения мнимых частей магнитной и диэлектрической проницаемостей материала во всем диапазоне частот.

Проведенный анализ моделирования коэффициента отражения в зависимости от электромагнитных параметров – вещественных и мнимых частей диэлектрической и магнитной проницаемостей и толщины РПМ, в заданных пределах варьирования, показал, что возможно достижения коэффициента отражения менее 2,5 %, для ферромагнитных материалов уже на частоте 1 ГГц, при толщине, порядка 10 мм.

Установлено, что рассогласование исследуемой структуры материала с внешней средой не является критичным для анализируемой системы. Результат моделирования во всем частотном диапазоне при вещественной части магнитной проницаемости μ' , отличающейся от вещественной части ϵ' не более чем в 3 раза, при остальных прежних параметрах результат практически не изменился. Для видимого изменения необходимо различие в мнимых частях параметров магнитной μ'' и диэлектрической ϵ'' проницаемостях, не более, чем в 1,3 раза. При большом различии значений этих параметров никакими другими параметрами добиться снижения коэффициента отражения ниже определенного уровня невозможно.

Проанализируем поведение модели с аналогичными параметрами, при условии абсолютного электромагнитного согласования в диапазоне частот от 110 МГц до 1 ГГц, на более низких частотах. Результат моделирования представлен на рисунке 2.

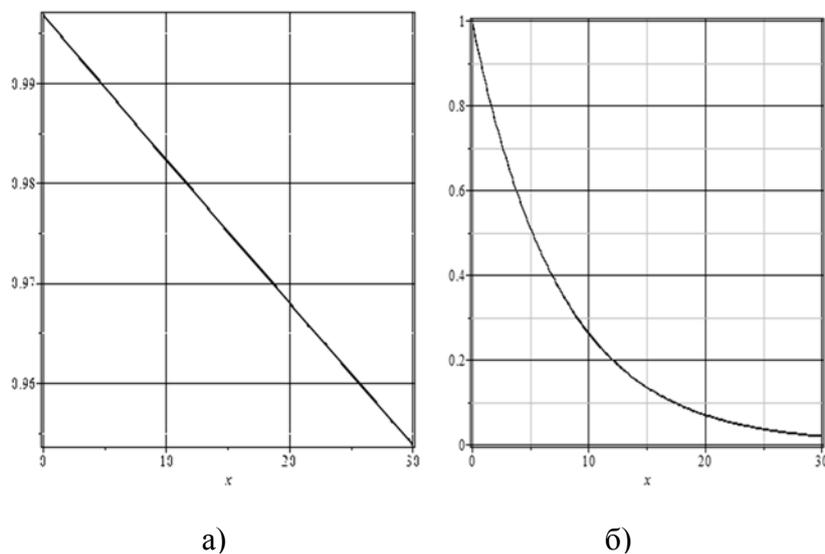


Рис. 2. Зависимость коэффициентов отражения (ось y) от мнимой части относительной диэлектрической проницаемости (ось x) на частотах: а) 110 МГц – и б) 1 ГГц

Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что даже в случае согласования волновых сопротивлений среды и РКМ (РПП) достаточно сложно добиться поглощения электромагнитных волн с частотами меньше 500 МГц в дальней зоне Френеля.

Проблема синтеза прецизионных РПМ композитов и покрытий в широком диапазоне частот до сих пор очень актуальна. Существующие технологии позволяют создавать различные материалы, а предварительный расчет требуемых параметров многократно ускоряет этот процесс.

Моделирование и расчет коэффициента отражения (для проверки разработанной модели) синтезированного материала, по результатам измерений электромагнитных параметров, сравним с моделированием, на основе варьируемых значений. В качестве исследуемого композита рассмотрен материал на основе смешанного наполнителя, состоящего из порошков ферритов в полимерной матрице. Результат моделирования в диапазоне частот от 1 до 10 ГГц – на рисунке 3.

Вид этого графика хорошо согласуется с эмпирическими данными, что еще раз подтверждает корректность моделирования и теоретических расчетов по разработанной программе моделирования.

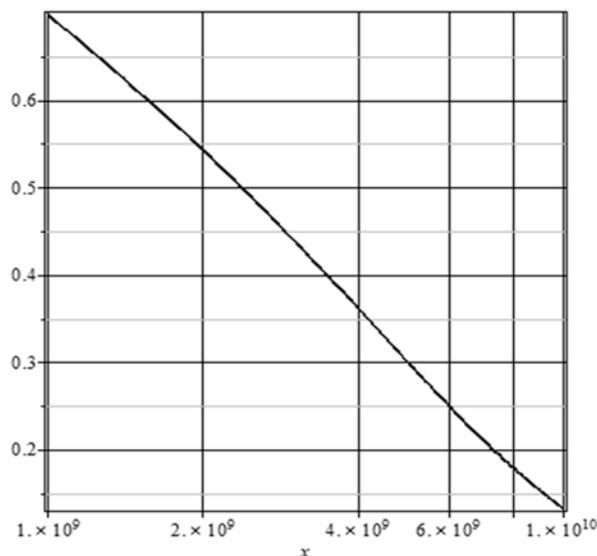


Рис. 3. Зависимость коэффициента отражения (ось y) от частоты (ось x) для экспериментального образца композита.

Список используемых источников

1. **Исследование** математических моделей структурообразования композиционных материалов аналитическими методами / А. Н. Бормотов, И. А. Прошин, А. В. Васильков // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – № 2. – С. 62–70.

2. **Моделирование** и синтез радиопоглощающих материалов для защиты наземной военной техники / Т. Ю. Ковалева, А. В. Ермаков, А. Г. Ковалева, М. С. Андриющенко // Всероссийская научно-практическая конференция РАРАН «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – 2012. – Т. 3. – С. 279–283.

3. **Математическое** моделирование электродинамических параметров многофункционального радиопоглощающего материала / Т. Ю. Ковалева, А. В. Ермаков, А. Г. Ковалева, Д. И. Кирик, Л. Л. Начкебия // XXV Юбилейная Всероссийская научно-техническая конференция школы-семинара РАРАН «Прием передач, обработка и отображение информации о быстропротекающих процессах»: сб. статей. – 2014. – С. 292–297.

УДК 621.396

А. В. Киреев, Г.А. Фокин

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В СЕТЯХ LTE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРУГОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Сети четвертого поколения стандарта LTE активно развиваются в Российской Федерации. Позиционирование источников радиоизлучения в сетях LTE посредством

пространственной обработки сигналов является перспективным при последующем комплексировании с данными мобильной сети в целях увеличения точности.

круговая антенная решетка, позиционирование, пеленгация, имитационная модель.

Определение направления прихода сигнала является областью исследования во многих сферах, включая радиолокацию, мобильные сети, сейсмологию. Широко изученная линейная антенная решетка (АР) обеспечивает оценку направления только в одной плоскости. С точки зрения получения информации об источнике в двух измерениях вызывает интерес круговая АР, так как позволяет определить и азимутальный угол, и угол места [1]. В статье предлагается решение задачи по определению источника прихода сигнала в двумерном пространстве посредством круговой АР средствами имитационного моделирования в Matlab.

Постановка задачи

Существует множество методик для определения угла прихода сигнала: обрабатываются с помощью методов пеленгации таких как MUSIC, ESPRIT, Capon. Для решения задачи будем использовать метод MUSIC (Multiple signal classification) [2], так как он обладает высокой устойчивостью при низких значениях отношения сигнал-шум [3].

Схема моделирования включает в себя следующие этапы (рис. 1):

1. Смоделировать радиоканал сети LTE средствами ПО 3GPP TR 25.996 [4].
2. Реализовать на языке Matlab имитационную модель круговой АР.
3. Оценить пеленги (углы прихода сигнала) с помощью алгоритма MUSIC.

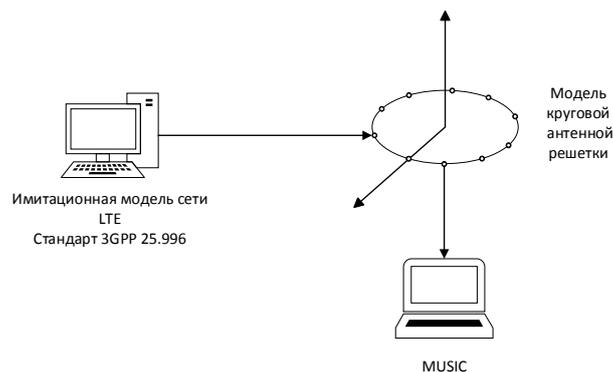


Рис. 1. Схема моделирования

Теоретическое обоснование

Представим круговую АР с M элементов и радиусом r , на которую попадают сигналы от L источников (рис. 2). Координаты источников сигнала

определяются углами φ (азимутальный угол), θ (угол места). Вектор отсчетов сигнала с круговой АР в момент времени k определяется как:

$$x(k) = A(m)s(k) + n(k),$$

где m – вектор направлений углов θ и φ , $A(m)$ – матрица отклика в пространстве элементов АР, $s(k)$ – вектор сигналов от различных ИРИ в k -й момент времени, $n(k)$ – вектор шумов [5]. Алгоритм MUSIC работает с корреляционной матрицей сигнала, которая определяется:

$$R = E(xx^H). \quad (1)$$

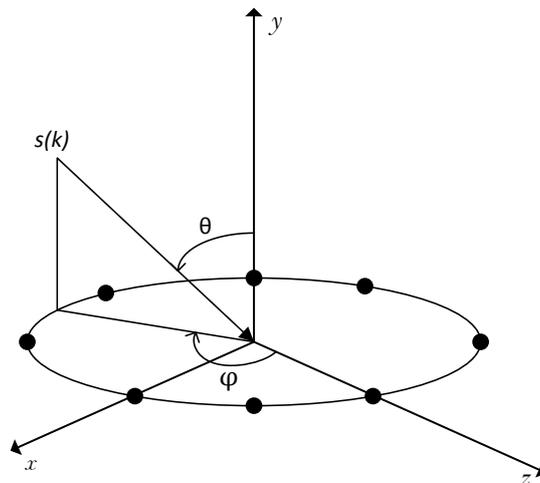


Рис. 2. Модель круговой антенной решетки

Получив корреляционную матрицу (1) необходимо вычислить собственные значения $\lambda_i (i = 1, \dots, N)$ и расположить в порядке убывания. Далее, необходимо вычислить собственный вектор e_i для каждого собственного значения. После этого из массива собственных векторов выделяется подпространство шума $E_n = (e_{N-L}, \dots, e_N)$. Подпространство шума определяется собственными значениями соответствующими $N - L$. Таким образом, последним шагом в реализации алгоритма MUSIC является поиск максимумов углового спектра:

$$f_{MUSIC}(\varphi, \Theta) = \frac{1}{a^H(\varphi, \Theta) E_n E_n^H a(\varphi, \Theta)}.$$

Ход моделирования

По вышеприведенным формулам в программной среде Matlab была смоделирована круговая АР и алгоритм спектрального оценивания MUSIC. На данный момент программная реализация модели 3GPP TR 25.996 не поддерживает трехмерный режим, то есть по умолчанию угол места принят за ноль. Таким образом результаты моделирования проверялись и оценивались только по азимутальному углу. Результатом моделирования является

график пространственного спектра (рис. 3). Пик спектральной плоскости азимут прихода сигнала.

Моделирование проводилось 1000 раз для 1000 выборок ИХ радиоканала. Проведенный анализ (табл.) позволяет сделать вывод о том, что в 90 % случаев погрешность составила менее одной десятой градуса, что подтверждает корректную программную реализацию алгоритма и имитационной модели радиоканала.

В дальнейшем для решения задачи пеленгации в трехмерном пространстве планируется самостоятельно доработать модель имитации радиоканала, чтобы обеспечить возможность задать угол места и проверить на имитационной модели круговой антенной решетки.

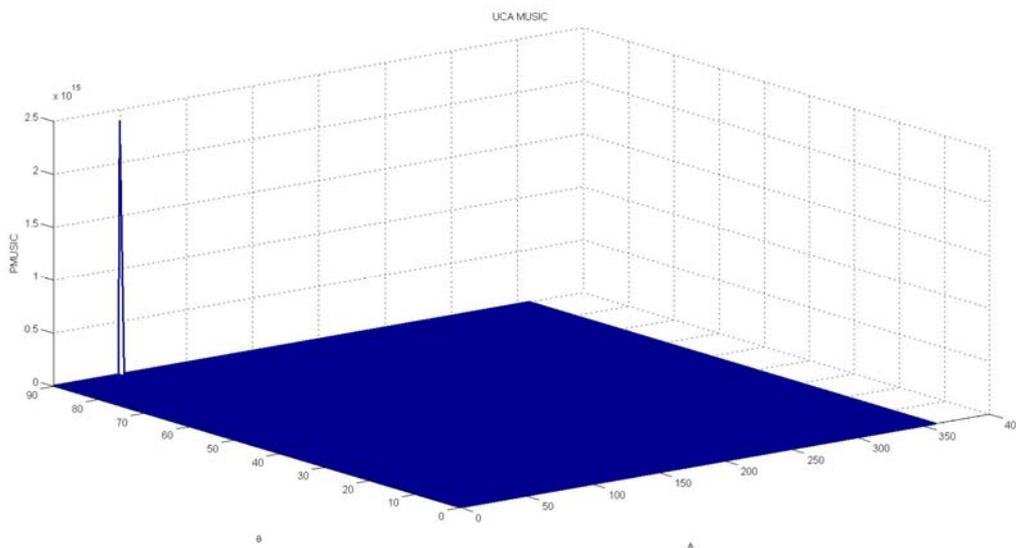


Рис. 3. График пространственного анализа при 50 градусах

ТАБЛИЦА. Результаты подсчета угла прихода сигнала

Количество выполненных моделирований	Количество результатов, вышедших за погрешность в одну десятую градуса	Количество результатов внутри погрешности в одну десятую градуса
1000	113	887

Список используемых источников

1. **Modified** UCA-ESPRIT and modified UCA-ROOT-MUSIC for estimating DOA of coherent signals using one snapshot / Al Jabr K. A. – Wichita State University, 2007. – Режим доступа: <http://soar.wichita.edu/handle/10057/1516>. (Дата обращения 05.04.2015).
2. **Multiple** Emitter Location and Signal Parameter Estimation / R. O. Schmidt // IEEE Trans. Antennas Propagation. – March 1986. – Vol. AP-34. – PP. 276–280.
3. **Эффективность** применения сверхразрешающих спектральных оценок в бортовых угломерных фазированных антенных решетках / В. В. Добырин, А. В. Немов // Радиотехника. – 1999. – № 9. – С. 65–67.

4. **Spatial** channel model for multiple input multiple output (MIMO) simulations Release 6 // Стандарт 3GPP TR25.996 V6.1.0. – Режим доступа: <http://www.3gpp.org/DynaReport/25996.htm>. (Дата обращения 05.04.2015).

5. **Позиционирование** базовой станции в сетях LTE средствами пространственной обработки сигналов/ А. В. Киреев, Г. А. Фокин // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании»: сб. научных статей. – СПб. : СПбГУТ. – 2014. – С. 124–128.

УДК 623.624

Д. И. Кирик, Т. Ю. Ковалева, С. М. Сотенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОЦЕЛЕВЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИТОВ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В работе рассмотрены принципиальные возможности создания многоцелевых радиопоглощающих композитов материалов, исследование их электродинамических свойств и оценка эффективности их использования, для снижения электромагнитных излучений и увеличения помехозащищенности систем передачи информации.

ферромагнетики, ферриты, полимерная матрица, стеклоткань.

Радиопоглощающие композиты представляют класс композиционных материалов (РКМ) позволяющих уменьшать силу и отражение электромагнитного сигнала в сторону источника излучения и являются одним из эффективных средств решения проблем электромагнитной безопасности и электромагнитной совместимости радиоэлектронной техники.

Разработка многоцелевых защитных РПК и покрытий экономически целесообразна, так как их синтез осуществляется на основе одного типа поглощающего состава. РКМ могут быть использованы для изготовления отдельных элементов, экранов защищаемых объектов, а где это невозможно по конструктивным особенностям объекта, применяются покрытия. При этом может быть в значительной степени решена и задача обеспечения электромагнитной совместимости электронных систем бортового оборудования за счет его экранирования [1].

Существенное снижение взаимных помех в передающих и приемных трактах устройств, работающих в диапазоне 3–37 ГГц, возможно только за счет создания и применения РКМ нового поколения, обеспечивающих расширение функциональных и тактико-технических возможностей электронных средств спецтехники.

Основными источниками отраженного излучения наземных подвижных объектов являются элементы ходовой части, корпуса, модуль вооружения, навесное оборудование и др. Для авиационных конструкций – это антенны и антенные обтекатели, кабина экипажа, воздухозаборники и выходные сопла, внешние подвески, фюзеляж, места сопряжения фюзеляжа с хвостовым оперением киля, уголковые отражатели.

Для ЛА с заданной малой заметностью в качестве ключевого элемента ее снижения в конструкциях используются полимерные композиционные материалы специального назначения. Например, используемые в конструкциях фюзеляжа самолета «Суперпластики» превосходят по удельной прочности высокопрочные стали, являются «прозрачными» для излучения РЛС, в отличие от металлов, обладающих свойством отражения падающего излучения в сторону излучателя при нормальном расположении поверхности самолета относительно падающего излучения.

Экспериментальные исследования и теоретические оценки показывают, что дальнейшее совершенствование и развитие помехозащищенности радиоаппаратуры в целом, а также повышение стабильности характеристик РКМ и покрытий могут быть достигнуты путем использования композитных магнитных материалов на основе порошков ферромагнетиков поликристаллических ферритов различного химического состава, диспергированных в полимерную матрицу [1].

Объектами исследований служили композиционные материалы на основе порошков ферритов и ферромагнетиков с различной дисперсностью. Разделение частиц по размерам проводилось седиментационным методом.

Установлено, что изменение размеров частиц оказывает значительное влияние на электродинамические характеристики композита, уменьшение приводит к снижению как действительной, так и мнимой части магнитной проницаемости, и смещению ее максимума в область более высоких частот.

В данной работе представлены результаты исследования электродинамических свойств РКМ и покрытий, выполненных на основе одного состава поглощающей полимерной матрицы для отдельных элементов конструкций и поверхностей объектов. Итогом проводимого исследования является обеспечение возможностей физической реализации структуры покрытий, наносимых на металлические поверхности объектов и экранов, а также структуры РКМ для отдельных элементов подвижных объектов, обеспечивающих минимально возможный коэффициент отражения в заданном частотном диапазоне.

В качестве возможных путей реализации РКМ и покрытий рассмотрены варианты лакокрасочных композиций составов на основе вододисперсионных матриц с дисперсными наполнителями ферромагнетиков и ферри-магнетиков [2, 3].

Использовался широко принятый, быстрый метод пневматического (воздушного) распыления нанесения покрытия, в котором композиция попадает в низконапорный воздушный поток и распыляется. Данный способ имеет ограничения, связанные с вязкостью композиции радиопоглощающего состава. Этот метод эффективен при использовании вододисперсионных полимерных матриц, так как позволяет получать слой достаточной толщины, а также в одном технологическом цикле производить изготовление композитов и нанесение покрытий на металл.

Исследования электродинамических свойств материалов проводились на модельных образцах РКМ и РПП.

Композиции составов для измерений характеристик поглощения наносились:

– на стальные пластины, очищенные перед нанесением РПП от продуктов коррозии, окалины, жировых и других загрязнений, размером 150x150 мм и толщиной 1,5 мм;

– на отдельные слои стеклотканей, в количестве 10 слоев, композита.

Результаты измерений коэффициентов отражений от нескольких модельных образцов РПП представлены в таблице 1, РПМ на рисунке 1.

Полученные в процессе исследования результаты испытаний физико-механических характеристик, адгезии к некоторым типам металлов, прочности при растяжении и разрыве, на ударную вязкость соответствуют поставленным требованиям. Эти характеристики имеют приоритетное значение при нанесении радиопоглощающего состава в качестве покрытия на металлические поверхности объектов [3].

Таблица 1. Результаты измерений коэффициентов отражений образцов РПП

Обр. №	Толщ. d , мм	Частотный диапазон f , ГГц				
		3,2–4,8	5,64–6,24	9,6–12	12–15	35–38
		Коэффициент отражения Γ_{cp} %				
№ 1	1,0	12,2	10,3	5,1	9,2	4,5
№ 2	1,5	10,5	9,8	8,8	8,25	4,9
№ 3	1,8	9,3	9,5	5,5	4,2	3,9
№ 4	2,0	9,0	9,4	4,0	4,8	3,7
№ 5	2,5	8,5	8,9	2,2	4,0	3,7

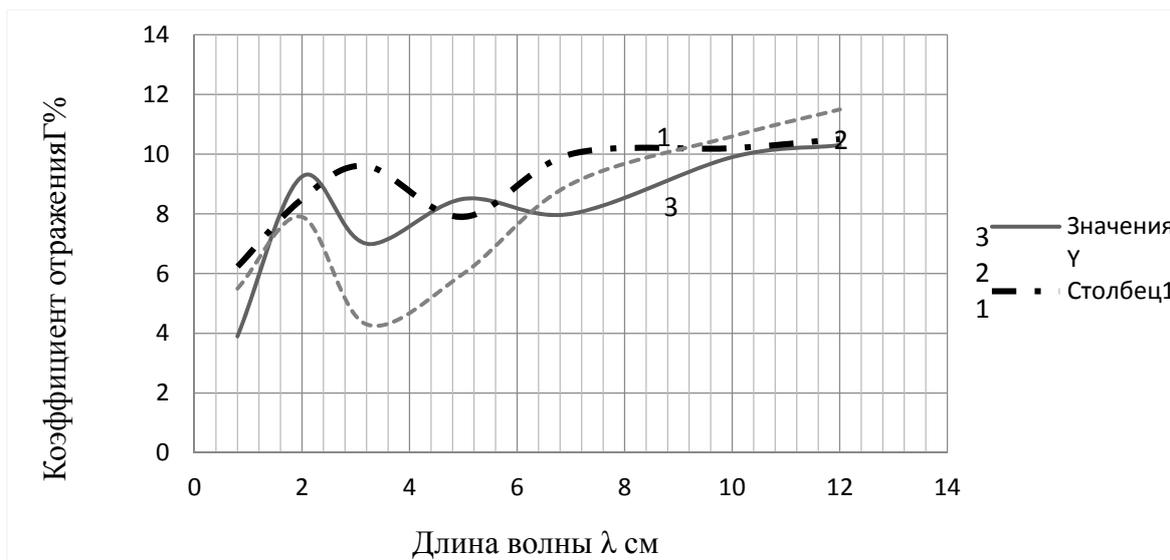


Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения от частоты модельных образцов:
 1 – макет (не спрессованный образец); 2 – спрессованный РКМ;
 3 – образец покрытия на металлической подложке

Для некоторых конструктивных частей и элементов подвижных объектов требуется использование защитных РКМ, а не покрытий. Разработанный композит представляет достаточно эластичную слоистую структуру на основе пакета стеклотканей с нанесенным радиопоглощающим составом на каждый слой и спеченный под прессом при температуре 170–175⁰С.

В таблице 2 представлены результаты измерений коэффициентов отражений от РКМ в диапазоне от 3 ГГц до 37 ГГц (0,8 до 10 см), на металлической подложке и в свободном пространстве, в спрессованном варианте и в макете из отдельных слоев.

Таблица 2. Результаты измерений коэффициентов отражений от РКМ

Коэффициенты отражения $ \Gamma $, % на длинах волн, см					
Опытные образцы	0,8	2	3,2	10	Примечание
Образец из отдельных 8 слоев стеклотканей					
Без металлической подложки	3,9 %	9,25 %	7,0 %	9,9 %	Толщина образца 0,45 см
На металлической подложке	6,24 %	12,5 %	10,4 %	14,0 %	Размер 14x18 см
Спрессованный образец					
Без металлической подложки	4,97 %	7,0 %	7,0 %	9,25 %	Толщина образца 0,35 см
На металлической подложке	7,0 %	9,1 %	7,5 %	14,0 %	Размер 14x18 см Вес 260 г

В таблице приведены результаты измерений макета и модельного образца, выполненных на основе стеклотканей с нанесенным составом на одной из поверхностей пакета стеклотканей. Результаты измерений коэффициентов отражений макета и спрессованного композита, расположенных на металлической подложке, имеют более низкий результат, что связано с резонансными явлениями в материале композита, при двойном прохождении электромагнитной волны через вещество.

Коэффициент отражения несколько выше у макета, чем у спрессованного модельного образца композита, вследствие измененной толщины при прессовании.

Исследования физико-механических свойств РКМ, на основе выбранных компонентов показало, что введение до 50–70 % масс наполнителей незначительно вызывает уменьшения пластичности композита, тогда как дальнейшее увеличение содержания наполнителя (до 90 % масс.) приводит к ее снижению. Установлено, что при введении металлических ферромагнетиков зависимость прочности на растяжение выше, чем при введении ферритов при тех же концентрациях.

Анализ результатов сравнения частотных зависимостей двух модельных образцов (рис. 1) макета и спрессованного РКМ показывает незначительные отличия. Повышение поглощающих свойств, при прессовании связано с проникновением магнитного наполнителя внутрь стеклоткани, что позволяет варьировать толщину композита, в зависимости от мест его использования на защищаемом объекте.

Список используемых источников

1. **Радиофизические** аспекты моделирования экранирующих материалов для технических систем передачи информации / Т. Ю. Ковалева, С. М. Доценко, Д. И. Кирик, А. Г. Ковалева, А. В. Ермаков // XV Всероссийская научно-практической конференция «Актуальные проблемы защиты и безопасности»: тр. конф., РАРАН 2012. – Т. 3. – С. 283–288.
2. **Исследование** влияния конструкторско-технологических параметров на радиофизические и физико-механические свойства покрытий / Т. Ю. Ковалева, С. М. Доценко, А. В. Ермаков // XXV Всероссийская научно-техническая конференция школы семинара «Передача, прием, обработка и отображение информации в быстропротекающих процессах»: сб. статей, РАРАН 2014. – С. 292–297.
3. **Моделирование** и синтез радиопоглощающих материалов для защиты наземной военной техники / Т. Ю. Ковалева [и др.] // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. – 2011. – Вып. 9–10. – С. 21–26.

УДК 674.047:66.047.354

Д. И. Кирик, В. А. Шульгин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ В ПОЛЕ СВЧ

Установление энергетической функциональной зависимости резонатора лесосушильной камеры для получения математической модели системы контроля процесса теплопереноса, дает идеальное представление о процессе сушки древесины в соответствии с математической моделью, основанной на дифференциальных уравнениях суммы дивергенций теплопереноса и массопереноса. Такое представление способствует созданию комплексной технической измерительно-контрольной системы, которая позволяет выполнять измерительный контроль процесса сушки пиломатериала в микроволновой лесосушильной резонаторной камере, осуществлять непрерывное определение градиентов влажности и температуры в древесине, производить регулирование подводимой к материалу микроволновой мощности по энергетической функциональной зависимости резонатора лесосушильной камеры в соответствии с балансом мощностей источника энергии электродинамической системы контроля процесса сушки.

СВЧ-сушка древесины, резонатор, добротность резонансной камеры, тангенс угла диэлектрических потерь, энергия электромагнитного поля, дивергенция теплопереноса и массопереноса, градиенты температуры и влажности, источник сторонних сил, подведенная мощность.

Высокоинтенсивная сушка древесины при обеспечении необходимого качества материала может быть осуществлена при условии внутреннего переноса влаги к поверхностным зонам с малыми значениями градиентов влагосодержания древесины. Это становится возможным, если выполняемый процесс будет происходить в соответствии с уравнением (1), с изменением знака на противоположный перед вторым членом уравнения потока массы, когда все градиенты положительные:

$$q' = -\alpha' \rho_0 \frac{\partial u}{\partial x} \pm \alpha' \rho_0 \delta \frac{\partial T}{\partial x} - \alpha'_p \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (1)$$

где α' , α'_p – коэффициент потенциалопроводности молекулярного и капиллярного переноса влаги, коэффициент потенциалопроводности молярного переноса пара соответственно; ρ_0 – плотность сухой древесины; δ – относительный коэффициент термодиффузии; $\partial u / \partial x$, $\partial T / \partial x$, $\partial P / \partial x$ – градиенты влажности, температуры, давления соответственно [1]–[3].

Изменение направления градиента температуры можно достичь, применением источника энергии СВЧ, который осуществляет диэлектрический нагрев древесины по объему V.

При воздействии на влажную древесину микроволнового электромагнитного поля можно регулировать температуру центральных зон объема материала, поддерживая ее определенное значение. Одновременно можно регулировать и давление паровоздушной среды в материале, принимая во внимание анизотропное строение древесины.

В зависимости от температуры, создаваемой в материале, процессы влагопереноса можно подразделить на интенсивные при вскипании воды и малоинтенсивные (низкотемпературные), в которых вода не достигает точки кипения. Обобщенное математическое описание процессов теплопереноса и массопереноса в древесине рассмотрено Г. С. Шубиным в работе [4].

Дифференциальное уравнение массопереноса определяет частную производную объемной концентрации влаги по времени i -го связанного вещества древесины $\frac{\partial U_i \rho_0}{\partial t}$, (кг/м³) которая равна сумме дивергенций диффузионных $q'_{i, \text{диф}}$ и молярных $q'_{i, \text{мол}}$ потоков массы и источника i -го вещества q_i^x , связанных фазовым переходом:

$$\frac{\partial U_i \rho_0}{\partial t} = -\text{div}(q'_{i, \text{диф}} + q'_{i, \text{мол}}) + q_i^x. \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение теплопереноса определяет частную производную от объемной концентрации теплосодержания по времени $c \rho_0 \frac{\partial T}{\partial t}$, которая равна дивергенции плотности потока энтальпии, передаваемой за счет теплопроводности или диффузионного и молярного движения:

$$c \rho_0 \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\lambda \nabla T) + \sum i q_i^x - \sum (q'_{i, \text{диф}} + q'_{i, \text{мол}}) c_i \nabla T, \quad (3)$$

где c – приведенная удельная теплоемкость тела; λ – коэффициент теплопроводности; $\sum i q_i^x$ – источник тепла; $\sum (q'_{i, \text{диф}} + q'_{i, \text{мол}}) c_i \nabla T$ – конвективная составляющая массопереноса; приведенная удельная теплоемкость тела c определяется выражением: $c = c_0 + \sum c_i U_i$.

Суммарный источник тепла в этих выражениях $\sum i q_i^x$ может быть сопоставлен с выражением для баланса мощностей вектора Пойтинга электродинамики.

$$\sum i q_i^x \sim P_{\text{СТ.СР}} = P_{\text{П.СР}} + P_{\text{И.СР}}. \quad (4)$$

Отсюда следует, что подведенный поток тепла расходуется на нагревание древесины в соответствии с поглощаемой мощностью $P_{\text{П.СР}}$ и излучение энергии обратно к генератору, вызывая тем самым его нагрев.

Следовательно, для выбора оптимального режима сушки древесины с целью получения наибольшего КПД, необходимо осуществлять согласо-

вание генератора с нагрузкой, которой является помещенная в резонатор сушильной камеры древесина, и контролировать градиенты температуры и влажности по функциональной энергетической зависимости резонатора.

Для осуществления контроля уровня градиентов температуры и влажности необходимо получить градуировочную характеристику первичного измерительного преобразователя (ПИП). Градуировочная характеристика может быть получена на основе параметров резонатора сушильной камеры – добротности $Q = 1/tg\delta$, где $tg\delta$ – тангенс угла потерь (определяет потери мощности в резонаторе).

Выражение для добротности нагруженного резонатора представлено в виде:

$$Q_H = \omega_p \frac{W}{P_{\Pi\Sigma} + P_H} = \omega_p \frac{W}{P_{\Pi\Sigma}} \frac{1}{1 + P_H/P_{\Pi\Sigma}} = Q \frac{1}{1 + P_H/P_{\Pi\Sigma}},$$

где $\omega_p = 2\pi f_p$ – угловая резонансная частота резонатора.

Соответственно для затухания нагруженного резонатора:

$$d_H = \frac{1}{Q_H} = d(1 + P_H/P_{\Gamma}).$$

На основе математической модели, представленной дифференциальными уравнениями (2) и (3), возможно осуществление измерительного контроля процесса сушки пиломатериала в микроволновой лесосушильной резонаторной камере, вести непрерывное определение градиентов влажности и температуры, производить регулирование подводимой мощности по энергетической функциональной зависимости резонатора лесосушильной камеры $d_H = \frac{1}{Q_H} = d(1 + P_H/P_{\Gamma})$ в соответствии с балансом мощностей (4) системы контроля процесса сушки.

Список используемых источников

1. **Резонансные явления** в процессе СВЧ-сушки древесины / В. И. Мелехов, В. А. Шульгин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 3. – С. 89–95.
2. **Контроль сушки пиломатериалов** в СВЧ-лесосушильной камере резонаторного типа / В. И. Мелехов, В. А. Шульгин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал – 2014. – № 4. – С. 70–79.
3. **Особенности сушки древесины** (возникновение электрического пробоя) / В. А. Шульгин // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 219–222.
4. **Сушка и тепловая обработка древесины**: учеб. пособие / Г. С. Шубин. – М. : Лесная промышленность, 1990. – 336 с.

УДК 621.391

Д. Я. Лапшов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОГИБАЮЩЕЙ СИГНАЛА В НЕОДНОРОДНОМ КАНАЛЕ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ С МОРСКИМ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ

Работа посвящена описанию применения метода обобщающего задачи статистической теории связи и электродинамики. На его основе получена функция распределения огибающей сигнала.

корреляционная матрица, огибающая сигнала, функция распределения.

Использование статистически неоднородных каналов связи с низкой энергетикой, накладывает серьезные ограничения на основные характеристики (помехоустойчивость, скорость передачи) системы связи. Причем, наиболее критичным аспектом этих ограничений является процесс радиоприема.

Ярким примером такого канала можно считать канал связи ИСЗ – подвижный морской объект. Радиоприем в таком канале осуществляется на всенаправленную антенну, помещенную в корпус из анизотропного материала, и находящуюся на взволнованной поверхности моря. Указанные особенности приводят к существенным замираниям и рассеянию в месте приема.

Анализ специфики такого канала наряду с решением задач статистической теории связи, требует внимательного рассмотрения вопросов электродинамики случайного электромагнитного поля, принимаемого антенной.

Хорошим вариантом решения, позволяющим совместно рассмотреть частные задачи статистической теории связи и статистической электродинамики, является метод, предложенный в работе [1].

Суть этого метода, сводится и использованию следующей методологии. В качестве основной статистической модели сигнала, используемой в теории связи, фигурирует многомерное распределение вероятностей, характеризующее некоторой корреляционной матрицей. При этом одним из основных методов анализа изменения статистических свойств сигналов при их преобразовании является определение корреляционной матрицы вероятностной модели преобразованного сигнала.

Рассмотрим стационарный узкополосный нормальный случайный процесс, который представим, как сумму квадратурных составляющих [2]:

$$\xi(t) = A(t) \cdot \cos \omega_0 t + C(t) \cdot \sin \omega_0 t, \quad (1)$$

где ω_0 – центральная частота энергетического спектра; $A(t)$ и $C(t)$ – стационарные и стационарно связанные случайные функции, совместное распределение которых нормальное.

Рассмотрим сумму детерминированного сигнала $S(t)$ [2].

$$S(t) = u(t) \cdot \cos \omega_0 t + v(t) \cdot \sin \omega_0 t = a(t) \cdot \cos(\omega_0 t - v_s(t)), \quad (2)$$

где $a(t) = \sqrt{u^2(t) + v^2(t)}$ и $v_s(t) = \arctg\left(\frac{v(t)}{u(t)}\right)$ – огибающая и фаза узкополосного сигнала, и случайного процесса (1)

$$\eta(t) = [A(t) + u(t)] \cdot \cos \omega_0 t + [C(t) + v(t)] \cdot \sin \omega_0 t = E(t) \cdot \cos[\omega_0 t - \phi(t)], \quad (3)$$

где $E(t)$ и $\phi(t)$ – огибающая и фаза случайного процесса.

Значительный интерес представляет задача нахождения функций распределения огибающей $E(t)$ и фазы $\phi(t)$ случайного процесса из выражения (3). Для этого прежде всего необходимо определить функции распределения значений $A(t)$ и $C(t)$.

Совместное распределение случайных функций $A(t)$ и $C(t)$ в два момента времени t и $t+\tau$, представляющее четырехмерное нормальное распределение с нулевым средним и дисперсией σ^2 , задается корреляционной матрицей [2]:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & R_C(\tau) & R_S(\tau) \\ 0 & 1 & -R_S(\tau) & R_C(\tau) \\ R_C(\tau) & -R_S(\tau) & 1 & 0 \\ R_S(\tau) & R_C(\tau) & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где $R_C(\tau)$ и $R_S(\tau)$ – коэффициент корреляции, одинаковый для $A(t)$ и $C(t)$, и взаимный коэффициент корреляции функций $A(t)$ и $C(t)$.

Переходя теперь к описанию информативных параметров сигнала в плоскости статистической электродинамики, запишем корреляционную матрицу распределения плотности вероятности квадратурных компонент исследуемого поля в двух пространственно-разнесенных точках [1]:

$$K_0 = \sigma^2 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0 & \gamma_{12} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \gamma_{12} \\ \gamma_{12} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \gamma_{12} & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где γ_{12} – функция когерентности линейно поляризованного поля, σ^2 – полная мощность флуктуаций.

Обобщая приведенный выше подход (на основе сопоставления (4) и (5)) на случай частной статистики канала связи с морским подвижным объектом, и используя данные из работы [3] построим функцию распределения огибающей сигнала в рассматриваемом канале. На рисунке по оси

абсцисс отложены уровни сигнала, а по оси ординат частота появления этих уровней.

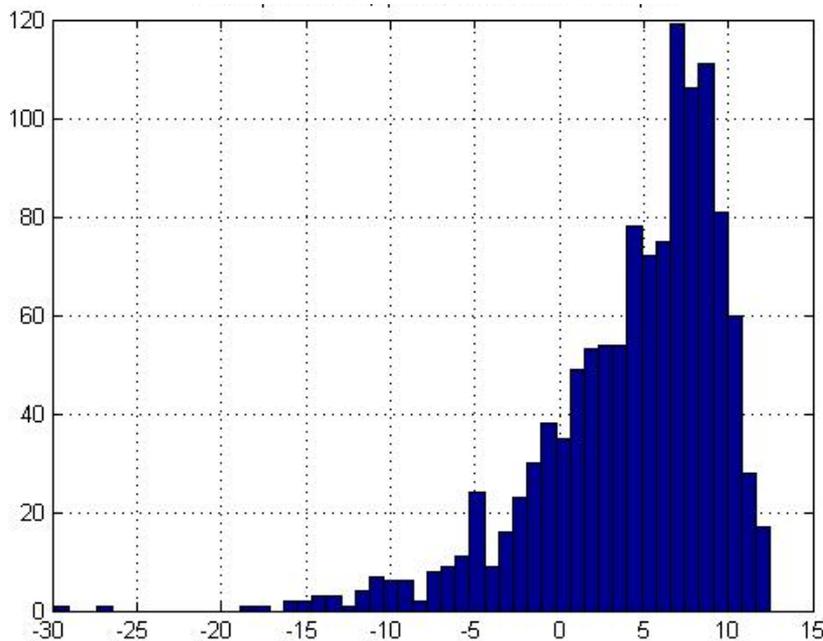


Рис. 1. Функция распределения огибающей радиосигнала

Приведенный пример показывает возможность применения метода, представленного в [1] для анализа статистически неоднородного канала связи с морским подвижным объектом.

Список используемых источников

1. **Теория** когерентности электромагнитного поля / В. А. Потехин, В. Н. Татаринцев. – М. : Радио и связь, 1978. – 207 с.
2. **Теоретические основы** статистической радиотехники / Б. Р. Левин. – М. : Радио и связь, 1989. – 549 с.
3. **Военно-техническое обеспечение работ по модернизации многофункциональной буксируемой антенны: отчёт о НИР** заключ.: 50-05 / в/ч 30895-III; рук. Пятненко А. Е. ; исполн. : Молотков Г. Р. [и др.]. – СПб., 2002. – 70 с. – Библиогр. : с. 68–70. – № ГР 04678327350. – Инв. № 81361020635.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором О. С. Когновицким.

УДК 621.396

Ч. Д. Ле, О. А. Симонина

**АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ СОСУЩЕСТВОВАНИЯ
БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В НЕЛИЦЕНЗИРУЕМОМ ДИАПАЗОНЕ 2,4 ГГц**

Сегодня мобильность пользователя становится все выше, а спрос на беспроводные портативные устройства с поддержкой Wi-Fi и Bluetooth продолжает расти. Можно сказать, что беспроводная технология малой дальности (short-range wireless technology) благодаря низкой стоимости становится все более популярной. Существует три базовых стандарта в этой области: IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.1 (Bluetooth) и IEEE 802.15.4 (Zigbee). Они вместе работают в нелицензируемом диапазоне (ISM band) 2,4 ГГц, что вызывает серьезную проблему совместимости, обусловленную интерференцией. В статье внимание сосредоточено на механизмах обеспечения сосуществования указанных беспроводных технологий в нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц.

нелицензируемый диапазон, ISM, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, интерференция.

С распространением беспроводных сетей и устройств в нелицензируемом диапазоне ISM, складывается ситуация, когда несколько однородных или разнородных сетей, использующих одну и ту же частоту, сосуществуют в единой физической среде. Например, часто пользователи подключаются к сети с ноутбуков или телефонов с поддержкой Wi-Fi при включенном интерфейсе Bluetooth, также есть возможность сформировать несколько пикосетей Bluetooth в конференц-зале. Другой пример – умный дом, решение, в котором подразумевается одновременное использование устройств Wi-Fi и Zigbee. Без использования координации между совместно расположенными сетями внутриканальная интерференция становится основным фактором, ограничивающим производительность систем.

При возникновении коллизий полученные пакеты отбрасываются без восстановления данных, осуществляется повторная передача, что увеличивает вероятность порождения новых столкновений. Таким образом, явление интерференции приводит к уменьшению пропускной способности сети, являющейся одним из ключевых показателей QoS. Это приводит к существенному увеличению потерь и задержек, вплоть до критических.

Интерференция возникает, когда различные технологии используют перекрывающуюся частоту в перекрывающийся период времени, что приводит к значительному ухудшению производительности систем. В нелицензируемом диапазоне 2,4 ГГц возможны следующие сценарии возникновения интерференции: Wi-Fi и Bluetooth, Wi-Fi и Zigbee, Bluetooth и Zigbee,

а также собственная интерференция. Собственная интерференция рассматривается в спецификациях этих технологий и хорошо исследована. Интерференция между Bluetooth и Zigbee малозначима, потому что их мощности передачи близки по значениям, а случаи совместной работы на практике встречаются крайне редко. Мощность передачи Wi-Fi намного больше, чем Bluetooth и Zigbee, следовательно, возможно значительное влияние интерференции. Поэтому будем рассматривать только два случая: 1) Wi-Fi и Bluetooth; 2) Wi-Fi и Zigbee.

В настоящее время принято две классификации механизмов сосуществования. Первая использует в качестве критерия совместное использование ресурсов: частоты, времени и пространства [1]. Однако, эта классификация не указывает на возможность использования механизмов сосуществования для различных технологий. Вторая классификация, по группе IEEE TG2, ориентирована на взаимодействие устройств [2]. По группе TG2, механизмы сосуществования разделяются на два типа: совместные и несовместные механизмы.

Совместные механизмы (collaborative mechanisms) требуют непосредственной связи между технологиями семейства IEEE 802.11 и Bluetooth/Zigbee. Сосуществование осуществляется путем организации ортогональной передачи в домене времени. Необходимым условием является наличие модулей обеих технологий, реализованных на одной и той же физической единице (например, в одном ПК). Совместные механизмы разделяются на два типа: размещенные (collocated) и неразмещенные (non-collocated) совместные механизмы. Термин «размещенные» означает, что разные модули разных беспроводных технологий находятся на одном физическом устройстве. Совместные механизмы сосуществования особенно подходят для приложений размещенных сценариев, однако, их применение ограничено из-за ряда ограничений. В большинстве случаев, Bluetooth/Zigbee и 802.11 разделены физически, поэтому применение таких механизмов практически невозможно в случае использования разнородных устройств в одной сети.

Несовместные механизмы (non-collaborative mechanisms) работают без осуществления какой-либо непосредственной связи между 802.11 и Bluetooth/Zigbee модулями. Они добиваются сосуществования путем проведения двух взаимоувязанных процессов: классификации каналов и адаптивного управления действиями.

Классификацией каналов называется процедура, используемая для оценки состояния канала и обнаружения интерференции. В настоящее время все несовместные механизмы используют такие показатели для оценки качества канала, как BER, FER, PLR, мощность, SNR, RSSI, LQI, ACK, beacon и т. д. Адаптивное управление действиями будет принимать решение основываясь на результатах, полученных в процессе классификации канала.

Адаптивное управление действиями используется непосредственно для избегания интерференции. Объектом адаптивной подстройки могут выступать различные параметры и действия над ними: смена частоты (канала), регулирование мощности передачи, выбор наилучшего типа/длины пакетов, планирование передачи и прочее. При этом различные механизмы используют разные адаптивные управления действиями.

Несовместные механизмы свободны от ограничений, свойственных совместным механизмам, поэтому применимы к большему числу сценариев и приложений.

В таблицах 1 и 2 приведен результат анализа механизмов сосуществования технологии Wi-Fi с Bluetooth и Zigbee.

ТАБЛИЦА 1. Анализ механизмов сосуществования WLAN и Bluetooth

Механизм	Тип механизма	Показатель оценки канала	Технология	Особенности
AFH	Несовместный	PER PLR BER	Bluetooth	Ограничения памяти, мощности. Требует модификации оборудования. Нет обратной совместимости
MDMS	Несовместный	PER PLR BER	Bluetooth	Уменьшение пропускной способности. Вносит задержку
BIAS	Несовместный	BER	Bluetooth	Неэффективен для нивелирования интерференции между пикосетями Bluetooth
V-OLA D-OLA	Несовместный и совместный	Нет	WLAN Bluetooth	Значительная задержка в Bluetooth
Управление мощностью	Несовместный	Мощность	Bluetooth WLAN	Гонка мощностей. Интерференция в соседних системах
Адаптивный выбор типа пакета	Несовместный	Нет	Bluetooth	Увеличение протокольной избыточности
LBT	Несовместный	Нет	Bluetooth	Неустойчив к резким изменениям
AWMA	Размещенный совместный	Нет	Bluetooth WLAN	Не работает с SCO ссылкой
РТА				Вносит задержку
МЕНТА				Вносит задержку
Нуллификация пакета	Неразмещенный совместный	Нет	Bluetooth	Сложность реализации

ТАБЛИЦА 2. Анализ механизмов сосуществования WLAN и Zigbee

Механизм	Тип механизма	Показатель оценки канала	Технология	Особенности
Техника когнитивного радио	Несовместный	LQI SNR Обнаружение энергии	Zigbee	Ухудшение качества связи основного пользователя
ACH	Несовместный	LQI ALQI	Zigbee	Требует модификации оборудования
Адаптивная CCA	Несовместный	Обнаружение энергии. Контроль несущей	WLAN	Увеличение коллизий
UWC алгоритм	Совместный	ACK	WLAN Zigbee	Необходимость поддержки всеми устройствами сети
Распределенная адаптация частоты	Несовместный	Маяк (beacon)	Zigbee	Проблема перехода смежных устройств к новому каналу
Последовательная передача запроса данных	Несовместный	ACK Обнаружение энергии	Zigbee	Неэффективно для топологии ad-hoc
CSCC	Совместный	Нет	WLAN Zigbee	Слабая защита от интерференции

Можно сказать, что механизмы сосуществования используются для повышения производительности системы при наличии интерференции, а также снижают интерференцию, вызванную на других устройствах, активно действующих в диапазоне ISM. Однако, не существует метода, который может быть использован для всех сценариев, поэтому можно выделить в отдельную задачу разработку рекомендаций по использованию механизмов сосуществования для заданного сетевого решения. Согласно исследованиям [3, 4], были исключены из дальнейшего рассмотрения возможных методов смягчения увеличение или уменьшение мощности передачи и фрагментация пакетов. Совместное планирование WPAN и WLAN передачи применимо только в особых обстоятельствах, когда Bluetooth/Zigbee и 802.11 устройства работают на одном и том же узле.

Список используемых источников

1. **Wireless** coexistence between IEEE 802.11-and IEEE 802.15. 4-based networks: A survey / D. Yang, Y. Xu, M. Gidlund // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2011. – Т. 2011. – PP. 1–17.

2. **Standards** Committee et al. Part 15.2: Coexistence of wireless personal area networks with other wireless devices operating in unlicensed frequency bands. – IEEE LAN/MAN, 2003. – 23 p.

3. **Interference** evaluation of Bluetooth and IEEE 802.11 b systems / N. Golmie et al. // Wireless Networks. – 2003. – Т. 9. №. 3. – PP. 201–211.

4. **Interference** in the 2.4 GHz ISM band: challenges and solutions / N. Golmie // Network. for Per. Computing. – 2005. – Т. 500. – С. 48.

УДК 621.396.67

А. Н. Ликонцев

О ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗНОСА АНТЕНН СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ОДНОЙ ОПОРЕ

Предложена установка на антенных мачтах базовых станций мобильной связи препятствия в виде сферы, позволяющая значительно уменьшить вертикальный разнос между антеннами.

антенны мобильной связи, разнос между антеннами, наведенные сопротивления, антенные мачты базовых станций мобильной связи.

Современное быстрое развитие систем мобильной (сотовой) связи, привнося в нашу жизнь много новых удобств, требует в то же время проведения больших работ по планированию, организации и эксплуатации сетей сотовой связи. В частности, вопросы размещения базовых станций (БС) сетей мобильной (сотовой) связи (особенно в урбанизированных районах) с каждым годом обретают всё большую актуальность в связи с ростом числа самих базовых станций, обострением экологических и электромагнитных ограничений, усложнением конструкций антенно-мачтовых сооружений и т. д.

Провайдеры сотовой связи размещают свои базовые станции, согласно разработанному частотно-территориальному плану и, соответственно, строят антенно-мачтовые сооружения, которые, как правило, имеют аналогичные конструкции и схему построения. Рост числа абонентов и, как следствие, необходимость увеличения числа базовых станций приводит к тому, что на одних и тех же зданиях и сооружениях устанавливается по несколько антенно-мачтовых сооружений разных провайдеров мобильной (сотовой) связи.

В ряде мест, имеющих важное, архитектурное и историческое значение, установка антенно-мачтовых сооружений мобильной (сотовой) связи

не совсем желательна. В связи с этим возникает необходимость в минимизации ущерба от их установки.

Для организации мобильной связи в городах, в основном, используются панельные антенны, представляющие собой антенные решетки поперечного излучения из симметричных вибраторов, снабженные рефлектором⁶.

В нашей задаче – разработке технологии совместной установки антенн мобильной связи на одной опоре одним из важнейших факторов будет минимизация взаимного влияния этих антенн друг на друга.

В первую очередь такое влияние возможно через наведенные сопротивления, которые меняют входные сопротивления антенн, что приводит к рассогласованию антенно-фидерного тракта базовых станций.

Можно предположить, что препятствие шарообразной формы, расположенное между панельными антеннами мобильной связи (рис. 1), позволит уменьшить вертикальный разнос между антеннами без ухудшения качества связи.

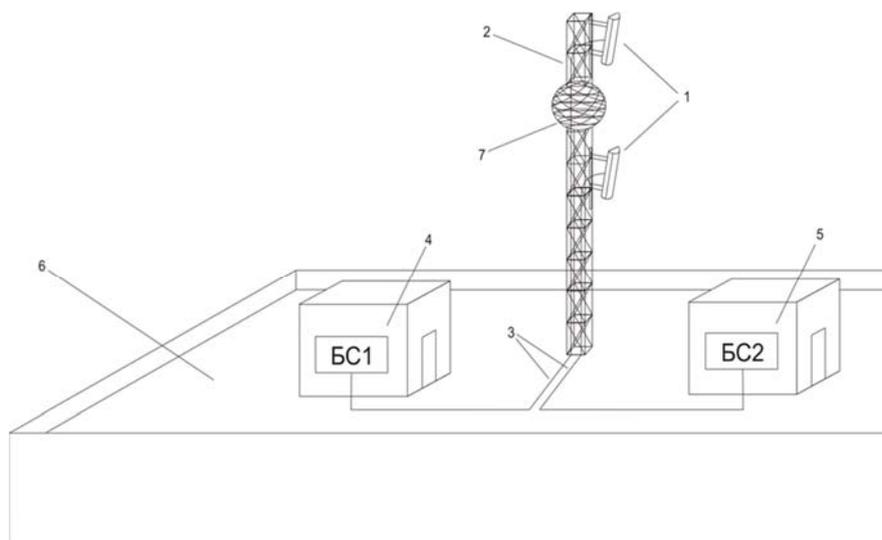


Рис. 1. Предлагаемый вариант размещения на мачте препятствия:

- 1 – панельные антенны, 2 – антенная мачта, 3 – фидера, 4 – первая базовая станция, 5 – вторая базовая станция, 6 – крыша здания, 7 – препятствие в виде сферы

Для проверки влияния местоположения препятствия на величину наведенного сопротивления, т. е. на величину коэффициента стоячей волны (КСВ) в фидере питания панельной антенны было проведено экспериментальное исследование с помощью анализатора спектра *FSH-6*, имеющего встроенный генератор. При проведении данного исследования были использованы: панельная антенна сотовой связи и препятствие, изготовленное в натуральную величину из металлической сетки с ячейками в 35 мм.

⁶ Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебник для вузов / под ред. Г. А. Ерохина. 2-е изд. – М. : Горячая линия-Телеком, 2004. – 491 с.

В ходе эксперимента изменялось расстояние между антенной и препятствием. Установлено, что наличие препятствия рядом с панельной антенной в наихудшем случае дает увеличение значения КСВ в фидере с 1,20 до 1,21, т. е. не на много.

Для определения величины ослабления электромагнитного поля препятствием шарообразной формы была создана экспериментальная установка с учетом коэффициента электродинамического подобия, равного 11. Передающая часть установки состояла из СВЧ генератора Г4-83, работающего на частоте 10 ГГц, к которому с помощью коаксиального кабеля и коаксиально-волноводного перехода была подключена рупорная антенна. Приемная часть состояла из рупорной антенны, к которой через волноводно-коаксиальный переход и коаксиальный кабель был подключен анализатор спектра Agilent E4407B. Между приемной и передающей частью размещалось препятствие. Эксперименты показали, что уровень мощности на выходе приемной антенны уменьшается при установке препятствия в среднем на двадцать и более дБ, т. е. в 100 раз и больше. Следовательно, препятствие в виде сферы дает увеличение развязки между антеннами более чем в 100 раз.

Также, одним из факторов, влияющих на величину разноса антенн, также является пространственная избирательность антенн. Но поскольку, антенны мобильных терминалов имеют широкую диаграмму направленности, то этим фактором можно пренебречь.

Таким образом, использование на антенной мачте препятствия в виде сферы между панельными антеннами мобильной связи различных провайдеров GSM позволит значительно уменьшить расстояние между ними на одной опоре и сократит количество мачтовых сооружений, как в исторически ценных местах, так и на крышах городских строений.

УДК 621.396.67

А. П. Максимов, С. В. Томашевич

МИКРОВОЛНОВЫЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА ПЛАНАРНЫХ СТУПЕНЧАТЫХ РЕЗОНАТОРАХ

Разработан новый тип планарного микроволнового ступенчатого эллиптического полосно-пропускающего фильтра без заземлённых резонаторов с реализацией на симметричных полосковых линиях. Предложена методика расчёта фильтра с применением симулятора электромагнитного поля на различных этапах расчёта.

эллиптический фильтр, СВЧ фильтр, полосковая линия передачи, полосоно-пропускающий фильтр, многопроводная линия, электромагнитное моделирование.

Эллиптическим называют фильтр, характеристика затухания которого пульсирует как в полосе пропускания (ПП), так и в полосе заграждения (ПЗ), и имеет нули передачи на конечных частотах. Данные свойства позволяют аппроксимировать характеристику идеального фильтра с применением наименьшего числа резонаторов.

Из-за относительной сложности расчёта эллиптические фильтры (ЭФ) СВЧ пока не получили широкого распространения в радиотехнике. Однако благодаря развитию современных средств электромагнитного моделирования и их внедрению в процесс расчёта ЭФ СВЧ, открылась возможность точнее предсказывать характеристики реального устройства. В связи с этим становится актуальными накопление и анализ экспериментальных данных о работе ЭФ СВЧ, разработка новых и модификация предложенных ранее способов реализации ЭФ СВЧ с учётом тенденций к миниатюризации в радиотехнике, а также разработка методик инженерного расчёта наиболее перспективных структур.

Наиболее перспективным способом реализации планарного ЭФ является структура из двух параллельно соединённых решёток связанных линий со скачком волнового сопротивления в точке соединения. Достоинством подобных структур является наибольшая компактность за счёт реализации на многопроводной линии.

Ранее Роудсом была изложена методика проектирования ступенчатых ЭФ только для объёмных стержней в среде с воздушным заполнением [1]. С точки зрения уменьшения массогабаритных характеристик и повышения технологичности устройства представляет интерес реализация ступенчатого ЭФ СВЧ на планарных резонаторах.

В работах Роудса резонаторные стержни заземлены с одной или с двух концов (рис. 1 а, б). Соединение обоих концов объёмных резонаторов в воздушной среде со стенками корпуса приводит к дополнительной прочности конструкции [2]. При реализации на планарных линиях передачи заземление нежелательно, однако без него можно обойтись с помощью новой схемы, концы резонаторов которой работают в режиме холостого хода.

В предлагаемой схеме резонатор, состоящий из заземлённых и разомкнутых отрезков линии передачи одинаковой электрической длины, преобразуется в полуволновый резонатор, разомкнутый с обоих концов (рис. 2).

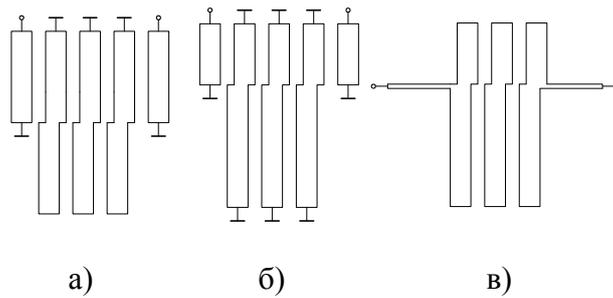


Рис. 1. Способы реализации ступенчатого ЭФ СВЧ:
 а) с резонаторами одинаковой длины; б) с резонаторами различной длины;
 в) без заземлённых резонаторов

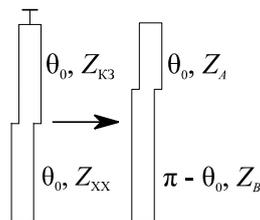


Рис. 2. Преобразование резонатора ступенчатого ЭФ СВЧ

Это преобразование можно произвести путём решения системы уравнений (1) для волновых сопротивлений Z_A и Z_B каждого резонатора.

$$\begin{cases} \frac{1}{Z_{XX}} - \frac{1}{Z_{K3} \cdot \text{tg}(\theta_0)^2} = \frac{1}{Z_A} - \frac{1}{Z_B} \\ \frac{1}{Z_{XX}} + \frac{1}{Z_{K3} \cdot \text{tg}(\theta_0)^2} = \frac{1}{Z_A} - \frac{\theta_0 - \pi}{Z_B \cdot \theta_0} \end{cases} \quad (1)$$

В системе уравнений (1) приравниваются мнимые части входных проводимостей резонаторов одинаковой длины с заземлением (рис. 1 а) и резонаторов без заземления новой структуры (рис. 1 в) и их первые производные при $\theta = \theta_0$.

Входные проводимости исходной и преобразованной структур хорошо совпадают только в узкой полосе частот (относительная ПП до 5 %).

Входные и выходные согласующие цепи выполняются на четвертьволновых трансформаторах. Для их реализации подходят МПЛ высокого волнового сопротивления. Рекомендуется выбирать входное сопротивление внутренней части схемы таким, чтобы волновое сопротивление микрополосковых четвертьволновых трансформаторов не превышало 150 Ом.

Неоднородность среды распространения электромагнитных волн в связанной МПЛ вызывает существенные затруднения при соотнесении эквивалентной схемы связанных МПЛ с расчётной цепью из элементов с сосредоточенными параметрами, поэтому внутреннюю часть фильтра рекомендуется выполнять на СПЛ.

Полученные собственные и взаимные волновые сопротивления определяют волновые сопротивления или погонные ёмкости чётных и нечётных электромагнитных мод в связанных СПЛ. Определение физических размеров, связанных СПЛ сводится к вычислению краевых погонных ёмкостей чётного и нечётного возбуждения линии в присутствии второй линии и вычислению погонной краевой ёмкости изолированной линии. На рисунке 3 представлены кривые взаимной погонной ёмкости C_M/ϵ_0 и краевой ёмкости со стороны связи при чётном возбуждении линии C_{fe}/ϵ_0 в зависимости от зазора, вычисленные с помощью двухмодового электромагнитного моделирования методом конечных элементов для материала подложки Rogers RO4003C с $\epsilon_r = 3,38$, высотой $b = 3,048$ мм, толщиной металлизации $\tau = 35$ мкм, на частоте $f_0 = 2,5$ ГГц.

Ширина линии вычисляется с помощью графика на рисунке 3 и формулы для ёмкости плоского конденсатора:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{b - \tau}{\epsilon_r} \cdot \left(\frac{C_g/\epsilon_0}{2} - C_{fe1}/\epsilon_0 - C_{fe2}/\epsilon_0 \right),$$

где W – ширина полоска; b – высота диэлектрика; τ – толщина металлизации подложки; C_g/ϵ_0 – погонная ёмкость линии на землю; C_{fe1}/ϵ_0 , C_{fe2}/ϵ_0 – краевые ёмкости на землю по обеим сторонам линии при чётном возбуждении в присутствии соседних линий (рис. 3).

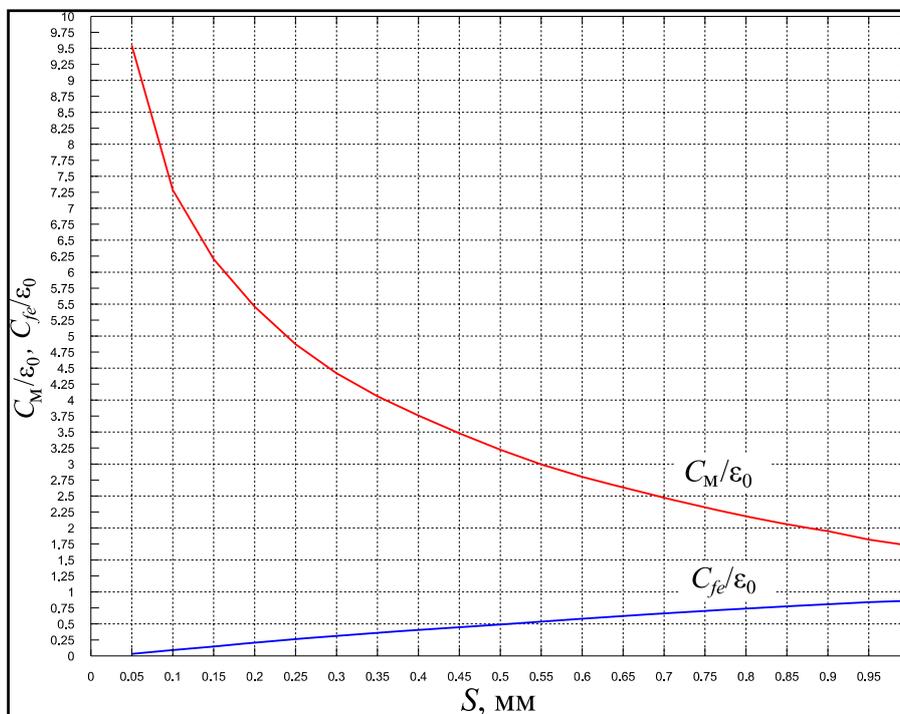


Рис. 3. C_M/ϵ_0 и C_{fe}/ϵ_0 для материала подложки Rogers RO4003C с $\epsilon_r = 3,38$, $b = 3,048$ мм, $\tau = 35$ мкм на $f_0 = 2,5$ ГГц

При расчёте физических размеров элементов фильтра следует учитывать паразитную сосредоточенную ёмкость концах резонаторов. Для сохранения резонансных частот полосно-пропускающих резонаторов необходимо уменьшить физическую длину линий. При этом в сторону высоких частот сдвигаются резонансные частоты полосно-заграждающих резонаторов. Данный эффект компенсируется путем корректировки ширины зазоров.

Для учёта всех неоднородностей и верификации расчёта была построена полная трёхмерная модель для анализа структуры в симуляторе электромагнитного поля. На рисунке 4 показан модуль напряженности электрического поля в диэлектрике фильтра.

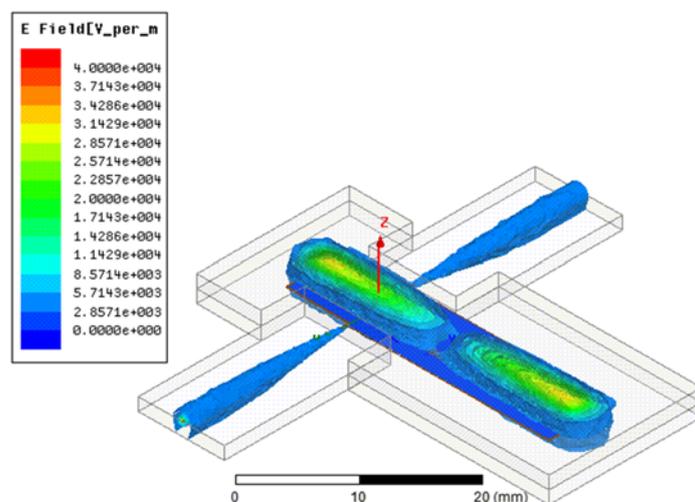


Рис. 4. Модуль напряженности электрического поля в диэлектрике фильтра

Был изготовлен экспериментальный образец ступенчатого ЭФ СВЧ без заземлённых резонаторов, представленный на рисунке 5 а. Конструктивно фильтр состоит из подложки, на которой сформирована топология, и накладки из того же материала. Измерения проводились на измерителе комплексных коэффициентов передачи «Обзор-304/1» в полосе частот 1–3 ГГц. Стенд измерений представлен на рисунке 5 б. Рассчитанные и измеренная АЧХ фильтра представлены на рисунке 6.

Эксперимент демонстрирует хорошее совпадение с теорией. Фильтр не требовал настройки или дополнительного цикла корректировки и изготовления. Использование симулятора электромагнитного поля на этапах расчёта составных частей и верификации всей структуры существенно снижает трудоёмкость расчёта ЭФ СВЧ и позволяет удовлетворительно предсказывать характеристики реального фильтра, что создает дополнительные предпосылки для ускорения темпов внедрения устройств данного типа в радиотехническую промышленность.

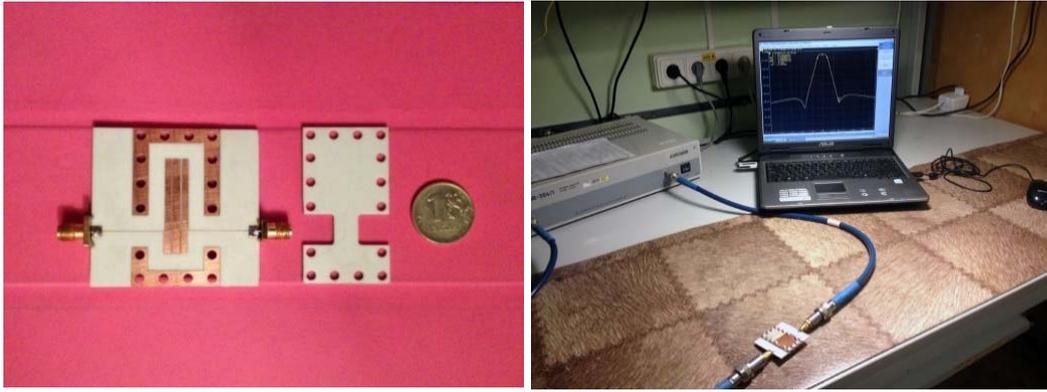


Рис. 5. а) экспериментальный образец ступенчатого ЭФ СВЧ без заземлённых резонаторов; б) стенд измерений

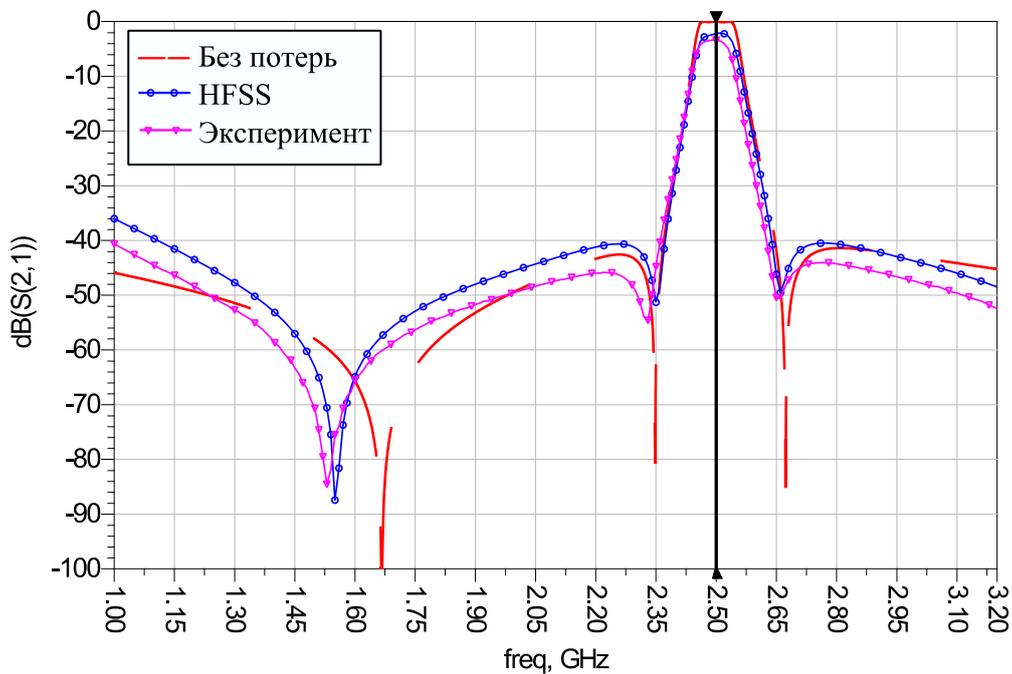


Рис. 6. АЧХ ступенчатого ЭФ СВЧ без заземлённых резонаторов

Список используемых источников

1. The Half-Wave Stepped Digital Elliptic Filter / J. D. Rhodes // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. – 1969. – Vol. 17. – С. 1102–1107.
2. Микроволновый четырехпортовый ступенчатый эллиптический фильтр дециметрового диапазона / А. П. Максимов, Файз Салех Авгари, А. Р. Кубалова, С. В. Томашевич // Электросвязь. – 2014. – № 9. – С. 51–54.

УДК 621.396

Ю. А. Никитин

**ПОСТРОЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИНТЕЗИРОВАННЫХ
ГЕНЕРАТОРОВ С УМЕНЬШЕННЫМ УРОВНЕМ
ФАЗОВЫХ ШУМОВ**

Рассмотрены возможные пути уменьшения шумов в ближней зоне отстроек от несущей синтезированных генераторов (СГ) на основе колец импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП).

импульсно-фазовая автоподстройка частоты, синтезированный генератор, конечный автомат, счетчик импульсов, нониусный тракт приведения.

Общая тенденция развития инфокоммуникационных технологий приводит к непрерывному возрастанию объемов информации и к разнообразию способов ее кодирования. Первый из этих факторов приводит к постоянному увеличению скорости передачи информации в каналах связи и к расширению требуемой полосы частот.

Причиной второго фактора является желание и потребность в уплотнении информационных потоков в каналах связи. Поскольку пропускная способность радиотрактов принципиально ограничена, необходимо увеличивать плотность информационных потоков, что приводит к ужесточению требований к качественным показателям систем формирования, передачи и обработки сигналов.

Следствием указанной тенденции является постоянное возрастание требований к формирующему тракту радиопередающего устройства (к возбуждителя передатчика) и к гетеродинному тракту радиоприемного устройства. Поскольку в СВЧ области в обоих упомянутых случаях в качестве синтезированных генераторов (СГ) используют умножающие кольца ИФАП, возрастают требования к точности установки частоты на их выходе, к уменьшению шага сетки F_s и времени переключения, к преобладанию фазы при смене частот, к минимизации помеховых составляющих.

К наиболее опасным помехам с распределенным спектром относят амплитудные и фазовые шумы вблизи несущего колебания (ПСС) и дискретные ПСС (ДПСС); шумы в «ближней» зоне отстроек обязаны своим появлением используемым методам синтеза, идеологии построения (структуре) СГ и качеству выполнения его узлов.

Основной вклад в уровень ПСС выходного сигнала радиопередатчика при малых отстройках от несущей вносят фазовые флуктуации опорного

(задающего) генератора ОГ, пересчитанные к выходной частоте $f_{\text{ВыхВЧ}}$ с коэффициентом пересчета $f_{\text{ВыхВЧ}}/f_{\text{ОГ}}$; дополнительный вклад вносят собственные шумы операционных узлов СГ [1].

Следует отметить, что флуктуации амплитуды в менее опасны, чем флуктуации фазы, поскольку в цифровых СГ, активных и пассивных, в большинстве трактов происходит жесткое и многократное ограничение амплитуды формируемых колебаний.

На рисунке 1 показано распределение фазовых и амплитудных шумов в спектре выходного колебания прецизионного СГ N5183A компании Agilent.

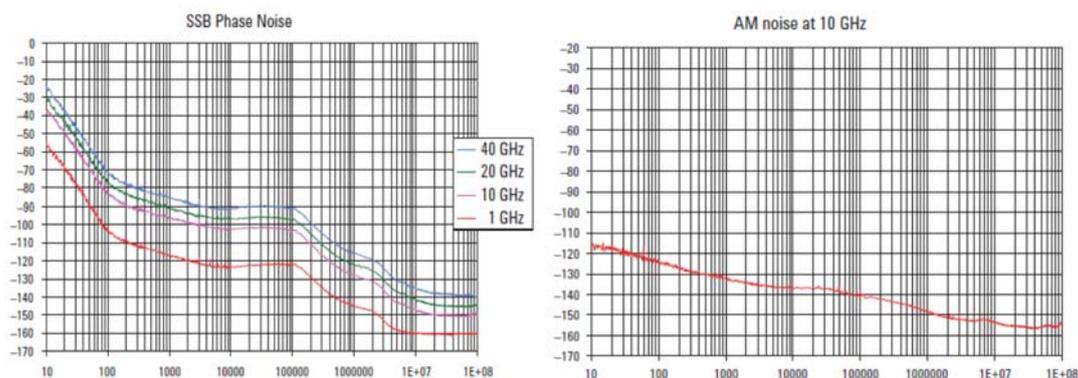


Рис. 1. Распределение фазовых и амплитудных шумов в спектре выходного колебания в зависимости от выходной частоты и отстройки от несущей генератора N5183A

Уровень ПСС на выходе радиопередающих устройств радиоцентров в диапазоне до 30 (60) МГц не должен превышать минус 120...160 дБн в полосе телефонного канала (минус 155...185 дБн в полосе 1 Гц) при отстройке от несущей более 10 % – это необходимо для нормальной работы приемников радиоцентра. Действительно, при типовой выходной мощности передатчика 10 кВт (70 дБм или 177 дБмкВ) и выполнении указанных требований абсолютный уровень шумов будет равен (плюс 12...минус 8 дБмкВ (4 мкВ...0,4 мкВ), что позволит избежать «забития» приемного тракта и вести радиоприем с удовлетворительным качеством [2].

По имеющимся оценкам радиолокационная граница обнаружения целей класса "stealth" соответствует уровню ПСС < -130 дБн/Гц при отстройке $F = 1$ кГц от несущей, а их уверенная индикация соответствует уровню ПСС $< -(135...140)$ дБн/Гц при отстройке $F = 1$ кГц. Требования чрезвычайно жесткие. Однако, параметры современных СГ приближаются к заявленным.

Широкополосный СВЧ синтез частот с помощью кольца ИФАП

В импульсной система ФАП обратную связь замыкают с помощью тракта приведения (ТП), который может быть как цифро-аналоговым, так и чисто цифровым, на основе конечного автомата (КА) [3] – рисунок 2.

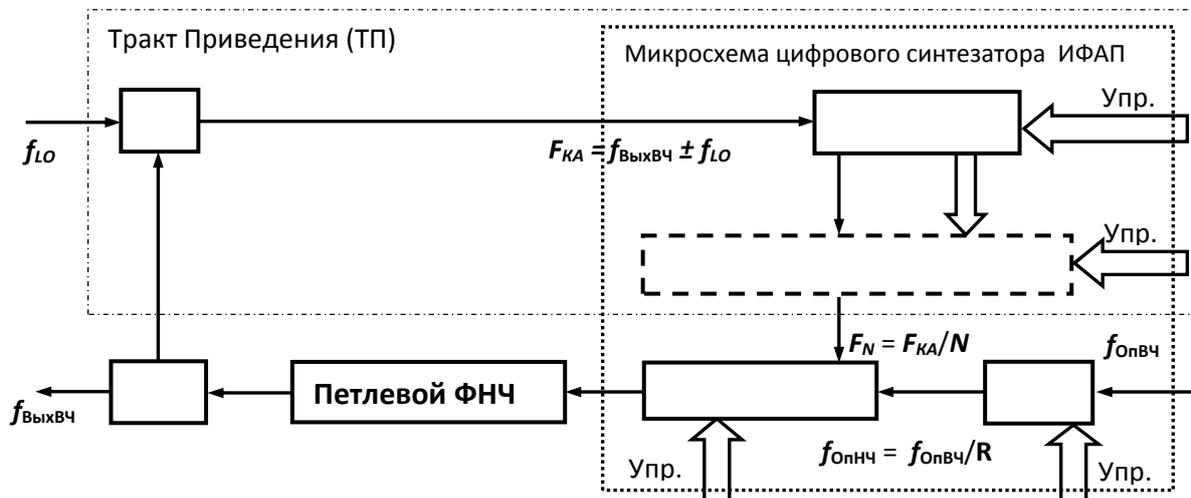


Рис. 2. Обобщенная структурная схема умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП)

При цифро-аналоговом ТП частоту ПГ понижают аналоговым смесителем с помощью частоты подставки f_{LO} . Частоту f_{LO} выбирают таким образом, чтобы разностная частота $F_{КА}$ была ниже предельно допустимой частоты КА. Обычно в качестве КА используют СИ – делители с переменным (целочисленным) или делители с дробно-переменным коэффициентом деления.

В системе автоматического регулирования (САР) использование не-единичной ООС приводит к изменению ее параметров. Введение в ТП счетчика СИ с коэффициентом передачи $1/N$ приводит к возрастанию уровня помех, приходящих с опорным колебанием $f_{Опнч}$ и попадающих в полосу прозрачности кольца ($f_{ПОМЕХИ} < f_{ФАП}$) в N раз, – рисунок 3. Вот почему к качеству опорного колебания в части уровня ПСС предъявляют жесткие требования.

Первый путь построения ТП – введение в кольцо одного или нескольких колебаний «подставки» f_{LO} для понижения частоты, идущей на СИ, эффективно работает при малой относительной ширине диапазона синтезируемых частот [4]. Второй путь (не исключаяющий первый) – введение дробности в СИ. Третий путь – нониусный ТП (рис. 4) – совместим с первыми двумя.

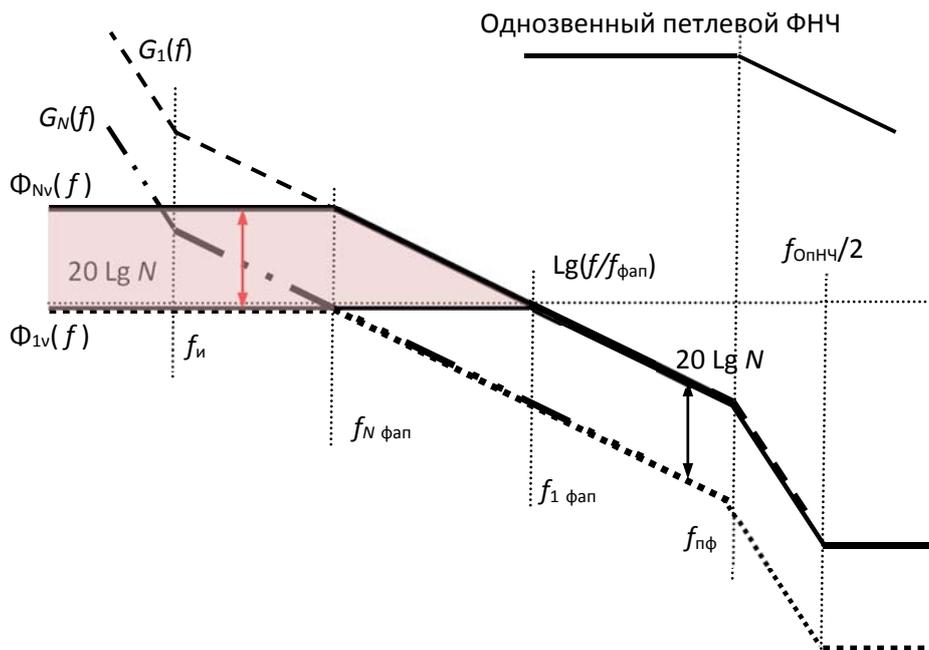


Рис. 3. Асимптотическая ЛАХ синтезаторного кольца ИФАП для анализа фильтрации помех v

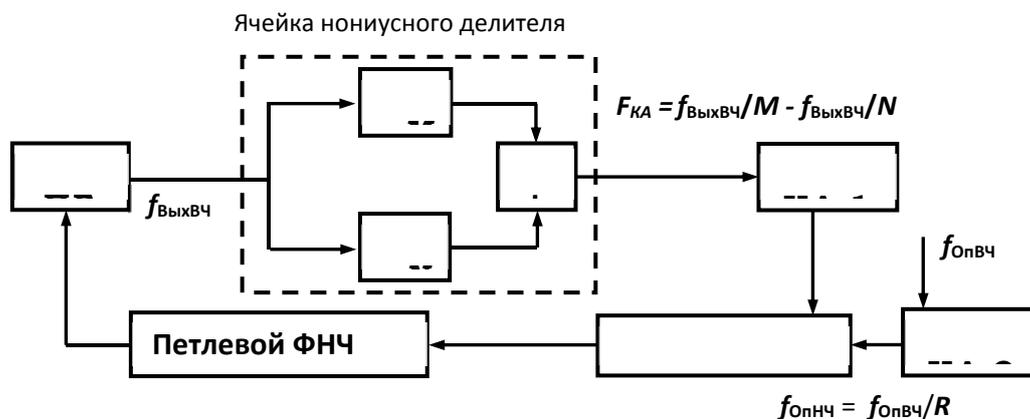


Рис. 4. Структура умножающего кольца ИФАП с нониусным ТП деления

Нониусный тракт приведения

Идея нониусного ТП заключается в делении частоты ПГ двумя СИ с близкими коэффициентами деления, как правило, $N = M + 1$, и взаимном вычитании полученных на выходах СИ частот [5]. При этом вычитание может быть как аналоговым, так и цифро-аналоговым [6].

Такое решение позволяет отказаться от ввода в кольцо ИФАП дополнительного колебания подставки f_{LO} , что упрощает структуру СГ в целом.

Например, при $N = M + 1$, приведенная ко входу КА1 частота $F_{КА} = f_{ВыхВЧ}/[M(M+1)]$ и, следовательно, выходная частота синтезатора:

$$f_{\text{ВыхВЧ}} = f_{\text{ОпВЧ}} \frac{M(M+1)}{R}.$$

Преимущество данного метода заключается в меньшем умножении частоты помехи и фазовых шумов – приблизительно в M раз. Это обстоятельство существенно при широкополосном СВЧ синтезе частот. А использование в качестве КА1 и КА2 пассивных цифровых синтезаторов (ПЦС) позволяет не только дополнительно минимизировать общий коэффициент умножения помех, но и синтезировать выходную частоту с любым шагом сетки F_S [8].

Практическая реализация цифро-аналогового преобразования частоты подразумевает использование вместо аналогового смесителя его цифрового аналога. При этом выделение полезного компонента спектра из полученного, необязательно двухуровневого, сигнала следует производить с помощью аналогового фильтра.

Аналогом линейного перемножителя для цифровых двухуровневых исходных колебаний является элемент XOR или сумматор по модулю 2 (исключающее ИЛИ), реализующий булеву функцию:

$$C = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B.$$

На рисунке 5 приведен пример спектра на выходе логической схемы «Исключающее ИЛИ», подключенной к паре нониусных делителей частоты $N1 = 4$ и $N2 = 5$.

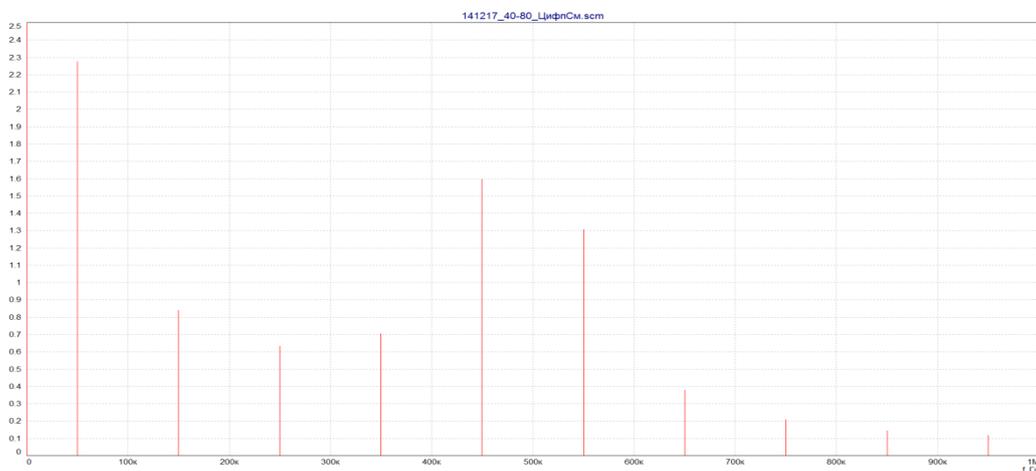


Рис. 5. Спектр на выходе логической схемы «Исключающее ИЛИ» при $N1 = 4$ и $N2 = 5$, $N_{\Sigma} = 20$, $F_{КА} = 50$ кГц

Для улучшения спектрального состава можно применить фазовый способ формирования однополосного колебания с помощью дискретного сдвига фазы исходных колебаний на $\pi/2$ – выход 53 на рисунке 5. Сдвиг выполняется с помощью дополнительного деления выходной частоты в 4 раза. В итоге частота на выходе полного цифрового нониусного ТП:

$$F_{КА} = \frac{f_{ВыхВЧ}}{4} \left(\frac{1}{Q} - \frac{1}{R} \right) = \frac{f_{ВыхВЧ}}{80}.$$

На рисунке 6 приведены эпюры трехуровневого колебания на выходе полного цифрового однополосного смесителя до и после фильтрации.

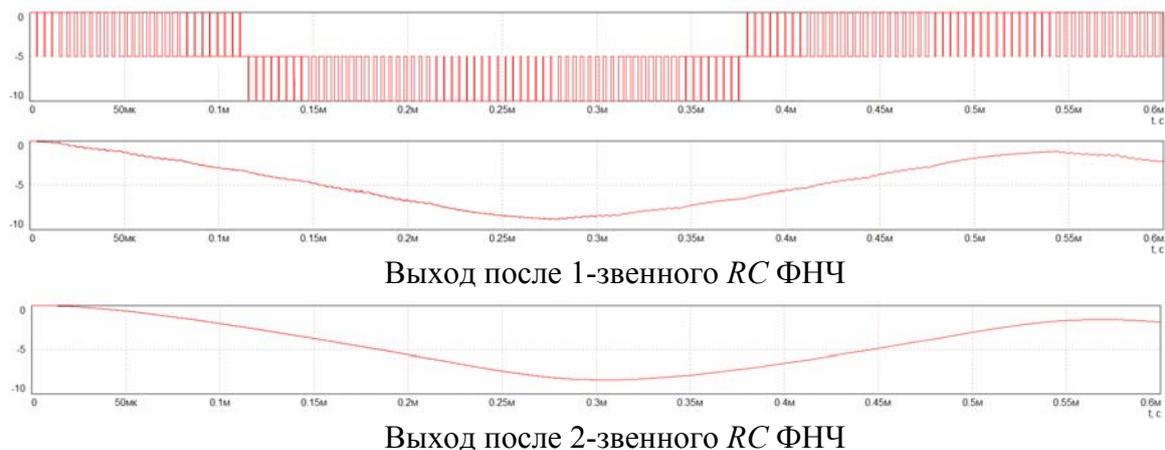


Рис. 6. Эпюры формирования выходного колебания разностной частоты $F_{КА} = f_{ВыхВЧ}/80$

Пример спектра на выходе полного цифрового однополосного ТП при $N_{\Sigma} = 80$ приведен на рисунке 7.

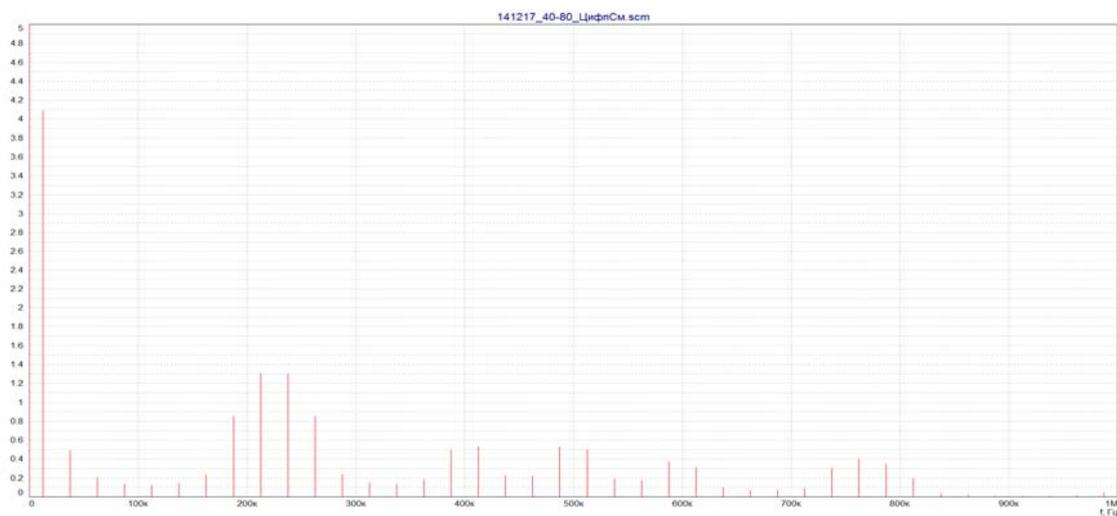


Рис. 7. Спектр на выходе цифрового полного однополосного нониусного тракта приведения частоты при $N_1 = 4$ и $N_2 = 5$, $N_{\Sigma} = 80$, $F_{КА} = 12,5$ кГц

Следует отметить, что все частоты на графиках рисунка 7 и рисунка 8 являются гармониками полезной компоненты спектра $f_{ВыхНЧ}$ и не вызывают дополнительной паразитной угловой модуляции.

Выводы

Уменьшения фазовых шумов в окрестностях выходного колебания широкополосного умножающего кольца ИФАП можно добиться:

1. Введением дробности в СИ цифрового тракта приведения.
2. Введением внешней частоты подставки в аналоговый или цифро-аналоговый ТП.
3. Введением нониусного деления в цифро-аналоговый ТП.
4. Комбинированием указанных способов.

Список используемых источников

1. **Синтезаторы** частот в технике радиосвязи / А. В. Рыжков, В. Н. Попов. – М. : Радио и связь, 1991. – 264 с.
2. **Шумовые** излучения радиопередающих устройств. Чем они опасны / В. А. Воронин // Информост: Радиоэлектроника и телекоммуникации. – 2004. – № 4. – С. 10–12.
3. **Частотные** методы анализа и синтеза систем ФАП / А. Д. Артым, С. В. Трифонов – М. : Связь, 1976. – 160 с.
4. **Построение** тракта приведения широкополосного умножителя частоты на основе кольца ИФАП / Ю. А. Никитин // Труды НИИР: сб. ст. – М. : НИИР. – 2012. – № 3. – С. 46–56.
5. **Обзорный** анализ современных архитектур синтезаторов частот с ФАПЧ / А. С. Кузменков, А. Е. Поляков, Л. В. Стрыгин // Труды МФТИ. Радиотехника и телекоммуникации. – 2013. – № 3. – С. 121–133.
6. **Novel** approach yields fast, clean synthesizers / А. Chenakin // Microwaves & RF. – 2008. – № 8. – PP. 60–63.
7. **A Self-offset** Phase-locked Loop / В. Sadowski // Microwave Journal. – 2008. – Vol. 51. № 4. – PP. 116–124.
8. **Анализ** целочисленного нониусного тракта приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты / Ю. А. Никитин // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2011. – № 6. – С. 58–65.

УДК 621.396.2

А. А. Прасолов

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ АРУ ШИРОКОПОЛОСНОГО ПРИЕМНИКА КВ ДИАПАЗОНА

С расширением полосы пропускания радиоприемного устройства, актуальной задачей становится увеличение его динамического диапазона. Одним из способов является использование элементов адаптации к изменяющейся электромагнитной обстановке. Таким элементом адаптации является автоматическая регулировка усиления.

цифровая АРУ, динамический диапазон, цифровое радиоприемное устройство.

Целью данной работы была разработка цифровой автоматической регулировки усиления (АРУ) для широкополосного цифрового супергетеродинного радиоприемника [1] с полосой аналогового тракта 4 МГц, предназначенного для выполнения задач радиомониторинга в КВ диапазоне (1,5–30 МГц). Упрощенная структурная схема данного радиоприемника показана на рисунке 1.

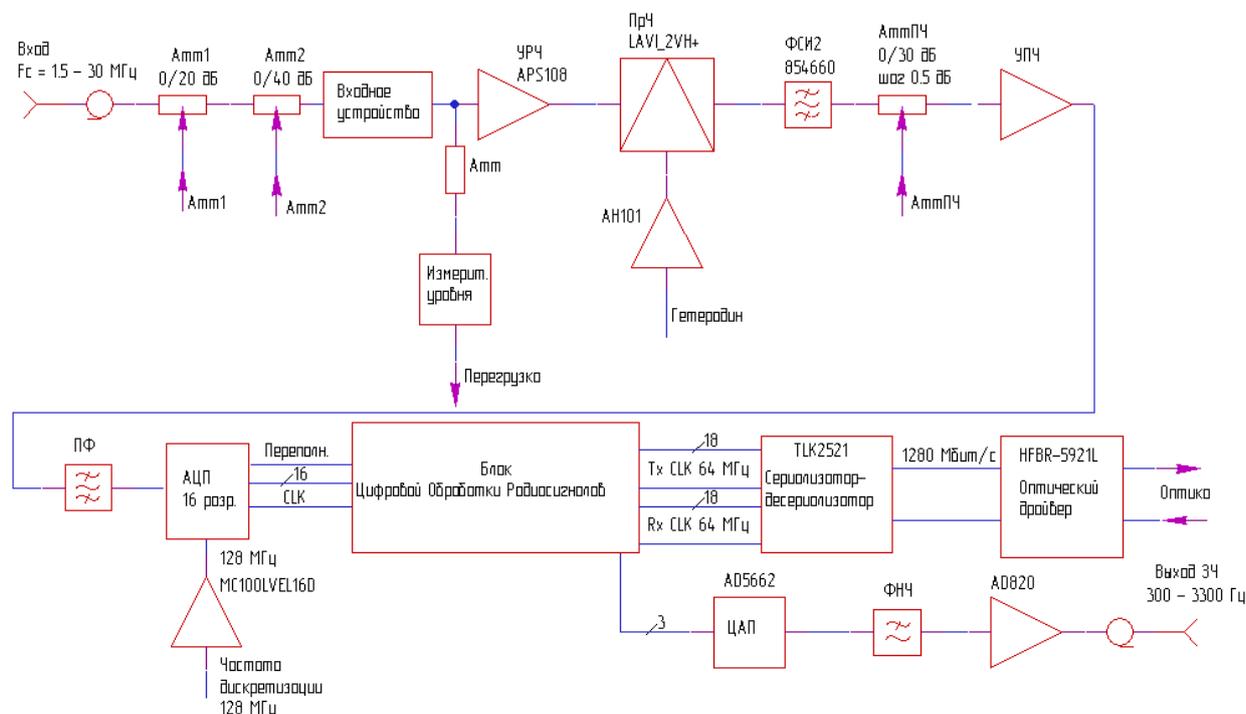


Рис. 1. Упрощенная структурная схема данного радиоприемника

Как видно из рисунка 1, аналого-цифровое преобразование радиосигнала осуществляется на промежуточной частоте 70 МГц 16-ти разрядным АЦП, с частотой дискретизации 128 МГц.

Для регулировки коэффициента передачи и защиты от блокирования мощными помехами в аналоговом тракте включены три аттенюатора. На входе установлены два аттенюатора, значение ослабления первого аттенюатора может принимать 0 и 20 дБ, второго – 0 и 40 дБ. Это позволяет обеспечить затухание сигнала на входе блока 0 дБ, 20 дБ, 40 дБ и 60 дБ. В тракте ПЧ включен управляемый аттенюатор, затухание которого может принимать значения от 0 дБ до 30 дБ с шагом 0,5 дБ. Управление аттенюаторами осуществляется микросхемой ПЛИС расположенной в блоке цифровой обработки радиосигналов. Это позволяет обеспечить регулировку коэффициента передачи всего аналогового тракта в диапазоне 0–90 дБ.

Для отслеживания поступления в тракт мощных сигналов в приемнике предусмотрены два измерителя уровня сигнала, выполняющих контроль перегрузки тракта. Один расположен в преселекторе перед УРЧ, а второй находится внутри аналого-цифрового преобразователя (бит перегрузки).

Таким образом, необходимо разработать систему цифровой АРУ для широкополосного аналогового тракта, которая позволяла бы отслеживать уровень сигнала на входе АЦП и подстраивать его под полный диапазон преобразования, на основе измерений, выполненных в блоке ЦОРС и информации о перегрузке УРЧ и АЦП. Кроме этого, необходимо реализовать АРУ в цифровом тракте, которая позволила бы обеспечивать дополнительное усиление слабых сигналов.

В [2], нами была разработана модель цифровой АРУ, на основе которой можно реализовать автоматическую регулировку усиления в описанном выше широкополосном радиоприемнике.

Как было отмечено выше, мы можем производить регулировку коэффициента передачи в двух точках аналогового тракта: во входном устройстве и в тракте промежуточной частоты перед окончательным усилителем.

В [2] было также отмечено, что для того чтобы избежать кратковременных искажений сигнала на выходе аналого-цифрового преобразователя, вызванных замираниями сигнала, нам необходимо поддерживать уровень сигнала на входе АЦП в районе 0.95 FSR (полного диапазона преобразования).

На рисунке 2 показана структурная схема цифровой АРУ реализованной в радиоприемнике.

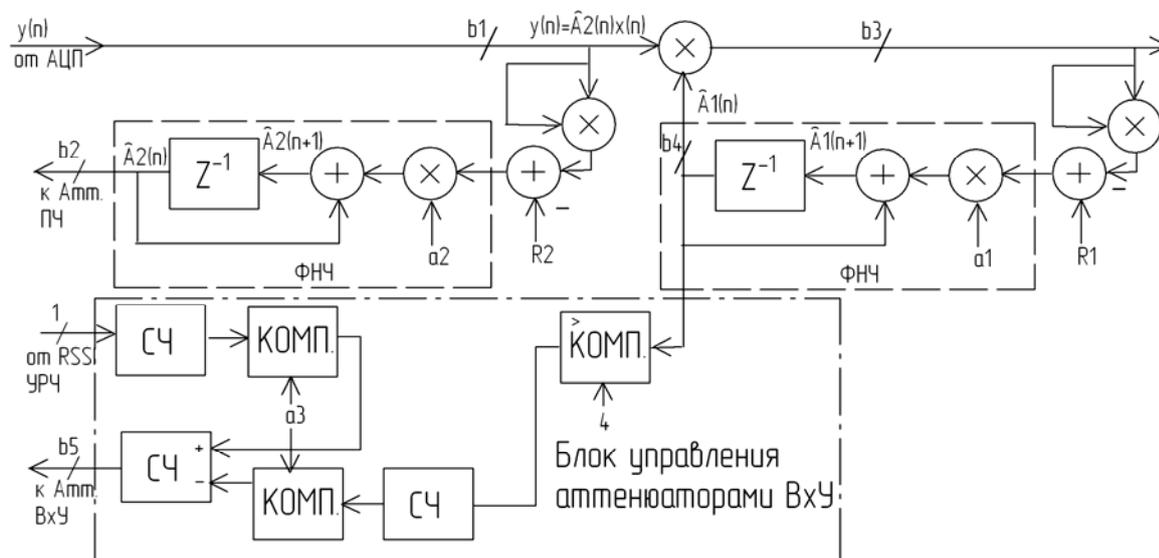


Рис. 2. Структурная схема цифровой АРУ радиоприемника ТЦ4МБ

Как видно из рисунка 2, узел автоматической регулировки усиления состоит из двух блоков цифровой АРУ с обратной регулировкой и блока управления аттенюаторами во входном устройстве.

Цифровые АРУ с обратной регулировкой работают согласно модели, описанной в [2], и имеют следующие параметры:

– разрядность данных b_1 на входе узла автоматической регулировки усиления равна 23 битам;

– исходя из того, что b_1 и b_4 имеют разрядность 23 бита, то на выходе перемножителя разрядность b_3 составит 46 бит. Имея ввиду, что сигнал на входе узла АРУ составляет 23 бита, мы можем отсечь 23 старших бита, так как информации в них содержатся, не будет. Таким образом, разрядность b_3 будет равна 23 битам;

– b_2 имеет разрядность 7 бит;

– величина опорного уровня задается согласно [1] на уровне 0,636 от FSR. Тогда $R_1 = R_2 = 2^{(23-1)} \cdot 0,636 = 2,667577$. Для уменьшения влияния конечной разрядности на ошибку регулирования, значение R_1 и R_2 была уменьшено до величины кратной степени 2. Тогда $R_1 = R_2 = 2097152$;

– значение постоянной времени фильтра α_1 и α_2 , должно быть не меньше чем F_d/F_v [2], где F_d – частота дискретизации, а F_v – верхняя частота модулирующего сигнала.

Блок управления аттенюаторами во входном устройстве предназначен для изменения коэффициента передачи преселектора для предотвращения перегрузки УРЧ. Оценка мгновенного значения уровня сигнала на входе УРЧ осуществляется с помощью компаратора AD8611, который формирует на выходе сигнал, сигнализирующий о превышении мгновенным значением сигнала допустимого уровня.

Блок управления аттенюаторами состоит из двух счетчиков (СЧ 1) и компараторов (КОМП.). Один подсчитывает количество тактов, в которых было зафиксировано превышение уровня сигнала на входе УРЧ. А второй, время превышения коэффициента передачи цифровой АРУ при включенном входном аттенюаторе. Следовательно, данная оценка должна быть проведена не меньше чем на периоде модулирующего сигнала, а это соответствует требованиям, предъявляемым к коэффициентам α_1 и α_2 . При перегрузке УРЧ происходит увеличение значение счетчика 2 (СЧ 2 с разрядностью $b_2 = 2$ бита) на единицу, а при уменьшении уровня сигнала, которое определится по величине $\hat{A}_1(n)$, происходит его уменьшение.

В таблице 1, приведены коэффициенты передачи трех блоков цифровой АРУ при различных уровнях одиночного амплитудно-модулированного сигнала на входе радиоприемника. При этом общий уровень сигнала на входе узла цифровой АРУ обеспечивается в равным FSR (22 бита).

Как видно из таблицы, динамический диапазон регулировки АРУ составил 96 дБ. При уровне сигнала на входе радиоприёмного устройства от -5 до -20 дБ регулировка коэффициента передачи осуществляется в такте промежуточной частоты, так как при уровне сигнала больше -25 дБ возникает перегрузка аналого-цифрового преобразователя. Перегрузка усилителя радиочастоты начинается с уровня входного сигнала -19 дБ, что приводит

к включению аттенуаторов во входном устройстве. Однако, данные аттенуаторы имеют большой шаг регулирования (20 дБ), что, не позволяет точно подстроить коэффициент передачи аналогового тракта. Корректировка уровня сигнала, ослабленного данными аттенуаторами происходит только в тракте цифровой обработки радиосигнала, что негативно скажется на уровне чувствительности данного радиоприемника в режиме сильных сигналов.

ТАБЛИЦА. Изменение коэффициента передачи узлом цифровой АРУ

Уровень сигнала на входе, дБм	Ослабление в преселекторе, дБ	Ослабление в тракте ПЧ, дБ	Коэффициент Усиления в цифровом тракте
-90	0	0	1620
-80	0	0	503
-70	0	0	170
-60	0	0	52
-50	0	0	16
-40	0	0	5
-32	0	0	2
-26	0	0	1
-25	0	1	1
-24	0	2	1
-23	0	3	1
-22	0	4	1
-21	0	5	1
-20	0	6	1
-19	20	0	4
-16	20	0	2
-10	20	0	1
0	20	0	1
6	40	0	4

Выводы

Разработан узел цифровой АРУ с регулировкой в трех точках приемного тракта, позволяющий осуществлять регулировку уровня сигнала с динамическим диапазоном 96 дБ.

Список используемых источников

1. **Научно-технические** разработки: информационный бюллетень // Федеральное агентство связи, ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», СПбГУТ. – СПб. : Теледом, 2010. – № 1. – С. 36–38.

2. **Моделирование** переходного процесса цифровой автоматической регулировки усиления / А. А. Прасолов, С. А. Шпак // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 4.1 (50). – С. 197–200.

УДК 530.1**С. Л. Романов, В. И. Романова****ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СВЧ-ПОЛЯ В ОБЪЁМНЫХ РЕЗОНАТОРАХ С КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ СТЕНКОЙ**

Представлена модельная электродинамическая задача о параметрической раскатке колебаний, имеющая важные практические приложения в электронике СВЧ. Проанализировано решение однородного волнового уравнения электромагнитных колебаний в объёмном резонаторе с колеблющимся зеркалом. Методика базируется на методе Даламбера, в котором реальные начальные условия для векторов поля представляются в виде суперпозиции функций Дирака, а спектральный анализ проводится для пространственного распределения поля в резонаторе через каждый период колебаний зеркала.

объёмный резонатор, электромагнитное поле.

Физики ещё со времён Гюйгенса пытались изучать параметрические процессы. В основном, это касалось механических систем (маятников) [1]. Для исследования параметрических явлений в электромагнитных полях не хватало мощностей математического аппарата. С 60–70-х годов XX века были достаточно хорошо изучены параметрические процессы при распространении волн в слабо нестационарных средах [2, 3].

В данном докладе рассматривается задача о параметрической раскатке электромагнитных колебаний в объёмном резонаторе с вибрирующей стенкой методом разложения полей в модовом базисе.

Постановка задачи

Рассматривается резонатор, состоящий из двух плоских зеркал. Одно зеркало (плоскость $z = 0$) неподвижно, второе (плоскость $z = a$) колеблется по гармоническому закону

$$a(t) = a_0 + b_0 \cos \Omega t.$$

Диэлектрическое пространство между зеркалами характеризуется диэлектрической и магнитной проницаемостями ϵ_0 и μ_0 соответственно. Коэффициент отражения от движущегося зеркала $R = 1$. Скорость вибрации этого зеркала много меньше скорости света. Источников поля внутри резонатора нет.

Поле внутри резонатора описывается уравнениями Максвелла с граничными условиями на зеркалах. Для наглядности рассмотрим линейно поляризованное поле. Пусть вектор напряжённости электрического поля \mathbf{E} параллелен оси x и зависит только от времени и координаты z :

$$\mathbf{E} = E_x(z, t) \mathbf{e}_x.$$

Уравнения Максвелла тогда принимают вид:

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -\mu_0 \frac{\partial H_y}{\partial t} \tag{1}$$

$$\frac{\partial H_y}{\partial z} = -\epsilon_0 \frac{\partial E_x}{\partial t}$$

Начальные условия заданы:

$$E_x(z, t=0) = E_0(z) \tag{2}$$

$$H_y(z, t=0) = H_0(z)$$

Граничные условия на зеркалах следующие.

На неподвижном зеркале $E_x = 0$ при $z = 0$. На движущемся зеркале согласно преобразованиям Лоренца, в нерелятивистском случае: $E_x - v\mu_0 H_y = 0$ при $z = a(t)$, где

$$v = \frac{da}{dt}$$

мгновенная скорость движения зеркала. Для гармонического движения

$$v = -b_0 \Omega \sin \Omega t$$

Нетрудно видеть, что система уравнений (1) сводится к одномерному волновому уравнению для функций $E_x(z, t)$ или $H_y(z, t)$:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} - \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} = 0$$

Потери в системе можно учесть с помощью импедансного граничного условия на неподвижном зеркале при $z=0$: $E_x(0,t) = -ZH_y(0,t)$. Величина поверхностного импеданса Z связана с коэффициентом отражения R :

$$Z = Z_0 \frac{1+R}{1-R},$$

где Z_0 – волновое сопротивление среды.

Построение решений

Фундаментальное решение можно построить по методу Даламбера. Начальное возмущение (2) порождает две волны: бегущую вправо и бегущую влево:

$$E(z,t) = \frac{1}{2} \{E_0^+(z-ct) + E_0^-(z+ct)\}.$$

Эти волны взаимодействуют с границами. В результате появляются отражённые волны, которые, добегая до зеркал, также отражаются и процесс повторяется многократно.

Каждая волна, отражённая от неподвижной стенки $z = 0$, связана с падающей волной соотношением

$$E_{\text{отр}}\left(t - \frac{z}{c}\right) = RE_{\text{пад}}\left(t + \frac{z}{c}\right).$$

Волна, отражённая от движущейся стенки $z = a(t)$, связана с падающей на неё волной, соответственно

$$E_{\text{отр,дв.}}\left(t_i + \frac{a(t_i)}{c}\right) = -\frac{c-v(t_i)}{c+v(t_i)} E_{\text{пад,дв.}}\left(t_i - \frac{a(t_i)}{c}\right). \quad (4)$$

Здесь t_i – моменты взаимодействия волны с движущейся границей. Коэффициент отражения от движущегося зеркала согласно эффекту Доплера зависит от мгновенной скорости зеркала. Относительное изменение энергии в отражённой волне пропорционально квадрату коэффициента отражения.

Известно, что любая функция $f(z)$ может быть представлена в виде суперпозиции δ -функций:

$$f(z) = \int_{-\infty}^{\infty} f(z') \cdot \delta(z'-z) dz'. \quad (5)$$

Физические соображения позволяют искать решение волнового уравнения не для произвольных начальных условий (2), а для простейших начальных условий в виде δ -функций:

$$E\left(t \mp \frac{z}{c}\right) = \delta\left(t \mp \frac{z - z_0}{c}\right). \quad (6)$$

Таким образом, простейшее (фундаментальное) решение является импульсом с нулевой длительностью. Эти импульсы отражаются от неподвижного зеркала, потом от движущегося. И этот процесс повторяется многократно. Очевидно, что для параметрической раскачки (энергетического усиления) колебаний в резонаторе закон колебания зеркала должен быть согласован с временем пробега импульса от зеркала до зеркала и обратно, т. е. время пробега должно быть кратным целому числу периодов колебаний стенки

$$t_{np} \approx 2 \frac{a_0}{c} \approx m \frac{2\pi}{\Omega}, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

Учитывая это, а также нерелятивистскую скорость движения зеркала и требование малых потерь в резонаторе, можно от уравнения в конечных разностях для фаз перейти к обыкновенному дифференциальному уравнению, которое уже легко решается [4].

$$\frac{d\varphi}{dk} = \frac{2a_0}{c} \left(\Omega - \frac{c\pi m}{a_0} \right) + \frac{\Omega b_0}{c} \cos \varphi, \quad \text{где } k = \frac{ct}{2a_0}.$$

Трансформация волнового процесса указывает на наличие дисперсии. Для учёта дисперсии требуется спектральный анализ, но не в виде суперпозиции монохроматических полей, являющейся основной формой спектрального метода, а в виде разложения в ряд Фурье пространственного распределения волнового поля в резонаторе через каждый период колебаний стенки. Моменты анализа t_k образуют дискретный ряд [5]:

$$t_k = \frac{2a_0}{c} \cdot k, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

В каждый из моментов t_k существуют две волны, падающая и отражённая, которые описываются кусочно-непрерывной функцией. Её ряд Фурье:

$$E_k\left(t_k - \frac{z}{c}\right) = \sum_{s=-\infty}^{\infty} A_s^{(k)} \exp\left\{-is\Omega\left(t_k - \frac{z}{c}\right)\right\}, \quad \text{где}$$

$$A_s^{(k)} = \frac{c}{2a_0} \int_{t_k - \frac{a_0}{c}}^{t_k + \frac{a_0}{c}} E_k(x) e^{is\Omega x} dx.$$

Решения позволяют сделать следующие выводы.

1) Раскачка колебаний в резонаторе возможна только при выполнении пороговых условий

$$\frac{\Omega b_0}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{a_0 \Delta \Omega}{b_0 \Omega} \right)^2} > |1 + R|, \quad (\Delta \Omega = \Omega - \frac{c \pi m}{a_0}).$$

- 2) Система оказывается генератором δ -импульсов (волновых сгустков).
- 3) Число растущих во времени волновых сгустков равно отношению времени пробега волны по резонатору к периоду колебаний зеркала.
- 4) Аналитическое выражение для огибающей спектра показывает, что возмущение переносится из области более низких частот в область более высоких частот.
- 5) Никакие условия не могут привести к параметрической раскачке в таком резонаторе синусоидального (или квазисинусоидального) сигнала, т.к. раскачка всегда сопровождается ростом числа компонент спектра.

Список используемых источников

1. **Лекции** по теории колебаний / Л. И. Мандельштам – М. : Наука, 1972. – 122 с.
2. **Ultrastrong magnetic fields** / F. Bitter // Sci.American. – 1965. – Vol. 213, N 1. – PP. 65–67.
3. **Электромагнитные** колебания в сферической полости с изменяющимся во времени радиусом / В. Н. Красильников // Проблемы дифракции и распространения волн. – 1968. – Вып. 8. – С. 43–48.
4. **Теория** колебаний распределённых параметрических систем / А. И. Весницкий, А. И. Потапов. – Горький : Изд-во ГГУ, 1977. – 98 с.
5. **Обобщённый** метод собственных колебаний в теории дифракции / Н. Н. Войтович, Б. З. Каценеленбаум, А. Н. Сивов. – М. : Наука, 1977. – 52 с.

УДК 621.391.825

Э. Н. Сунгатуллин, В. М. Устименко

ВЫБОР ПОМЕХОВЫХ СИГНАЛОВ БЛОКИРАТОРОВ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Подавление радиоканалов систем мобильной связи в последнее время находит большое применение в задачах блокирования каналов утечки информации. В данной статье рассматриваются схемы построения блокираторов с заградительной помехой, позволяющие эффективно подавить полезный сигнал базовой станции в радиолиниях различных систем беспроводной связи. Расчетным способом была определена наиболее эффективная схема построения блокираторов в стандарте UMTS2100, что было подтверждено экспериментально.

заградительная помеха, мобильные системы, UMTS2100, WCDMA, ГУН, ЛЧМ, белый гауссовский шум.

Задача блокирования радиоканалов систем мобильной связи, являющаяся разделом радиоэлектронной борьбы (РЭБ) [1], чрезвычайно актуальна для систем подавления каналов утечки информации.

Так как во многих случаях априорных данных о радиоканалах и сигналах, подлежащих блокированию, ничтожно мало, то обычно подавлению подвергается весь диапазон радиочастот, в котором возможна работа радиопередачи информации.

Радиопомехи по характеру воздействия на радиоэлектронные устройства делятся на три основных вида [2]: *деструктивные, маскирующие и имитирующие*. Также могут иметь место их комбинации. *Маскирующие и имитирующие* помеховые сигналы, как правило, являются аддитивными, т. е. в подавляемом приёмном устройстве они складываются с полезным сигналом. *Деструктивные* помеховые сигналы реализуются с помощью преднамеренных электромагнитных излучений большой энергии. Воздействие деструктивных помеховых сигналов приводит к необратимым изменениям входных элементов приёмных устройств объектов подавления. *Маскирующие* помеховые сигналы, воздействуя в сумме с полезным сигналом на приёмное устройство, исключают или в значительной мере затрудняют принятие решения об обнаружении и распознавании (классификации) поступающих на вход приёмного устройства полезных сигналов. Основные параметры *имитирующих* помеховых сигналов преднамеренно делаются близкими к параметрам сигналов имитируемых объектов, что может привести, например, к перенацеливанию подавляемых систем управления войсками и оружием с истинных целей на ложные. Наибольшее распространение в технике радиоэлектронного подавления получили маскирующие помехи, среди которых обычно выделяют помехи сигналам с аналоговой и дискретной модуляцией, а также помехи широкополосным сигналам.

Известен способ [2] подавления систем радиосвязи прицельной по частоте помехой с помощью генератора помех (ГП) с перестраиваемой по частоте узкополосной помехой. Сущность способа заключается в формировании и излучении непрерывного гармонического колебания на частоте приема подавляемой системы радиосвязи. Формируемая ГП прицельная по частоте узкополосная помеха по своим параметрам согласуется с частотой настройки и шириной полосы пропускания приемника подавляемой системы радиосвязи и отличается высокой спектральной плотностью мощности.

Для подавления связи необходимо выполнение условия (1) превышения отношения помеха/сигнал над коэффициентом подавления K_n на входе приемника мобильной станции (МС):

$$\frac{P_n}{P_c} > K_n, \quad (1)$$

где P_n и P_n – мощности помехи и сигнала на входе приемника МС соответственно.

Наиболее эффективным и дешевым способом защиты от перехвата информации техническими средствами, построенными на базе средств мобильной связи, является использование блокираторов (подавителей) с заградительной помехой [3]. К ним относятся блокираторы мобильной связи, представляющие собой генераторы радиопомех, обеспечивающие постановку заградительной помехи в диапазоне частот работы базовых станций соответствующего стандарта связи, то есть на частотах приема мобильных телефонов мобильной связи.

Постановка такой помехи приводит к срыву управления мобильного телефона базовой станцией мобильной связи (происходит потеря сети мобильным телефоном) и, следовательно, к невозможности передачи информации. При этом на экране телефона значок уровня сигнала пропадает и появляется сообщение «Поиск сети».

Наиболее широко в таких подавителях используются генераторы помех с пилообразной перестройкой несущей частоты [4]. Упрощенная схема такого генератора представлена на рисунке 1.

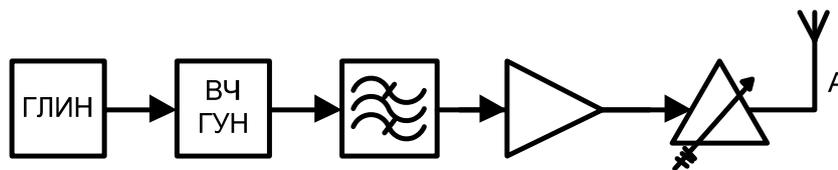


Рис. 1. Схема подавителя средств мобильной связи (одноканального) с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ)

Генератор помех включает: высокочастотный генератор (ГВЧ) на базе генератора, управляемого напряжением, (ГУН); генератор линейно изменяющегося (пилообразного) напряжения (ГЛИН); полосовой фильтр; усилитель мощности; согласующее устройство и антенну.

Частота излучения высокочастотного генератора изменяется при подаче управляющего напряжения в пределах заданной полосы частот $\Delta F = F_2 - F_1$ (частотного диапазона соответствующего стандарта мобильной связи). Управляющее напряжение представляет собой последовательность пилообразных импульсов.

Сигнал с выхода генератора поступает на полосовой фильтр с полосой пропускания ΔF , где осуществляется подавление внеполосных излучений, усиливается и через согласующее устройство подается в антенну. Таким образом, генератор излучает заградительную помеху в заданной полосе частот ΔF .

Для обеспечения требуемой эффективности работы подавителя скорость изменения управляющего пилообразного напряжения должна быть

довольно высокой. Например, у подавителя связи в стандарте 3G UMTS2100 подобранный экспериментально оптимальный по энергетике период следования пилообразных импульсов составляет около 4 мкс.

В некоторых подавителях для перестройки высокочастотного генератора в заданной полосе частот используют не генератор линейно изменяющегося напряжения, а генератор последовательности импульсов с амплитудой, изменяющейся по псевдослучайному закону.

С целью повышения эффективности помехового сигнала в ряде подавителей используется шумовая модуляция высокочастотного сигнала. Простейшая схема такого генератора представлена на рисунке 2.

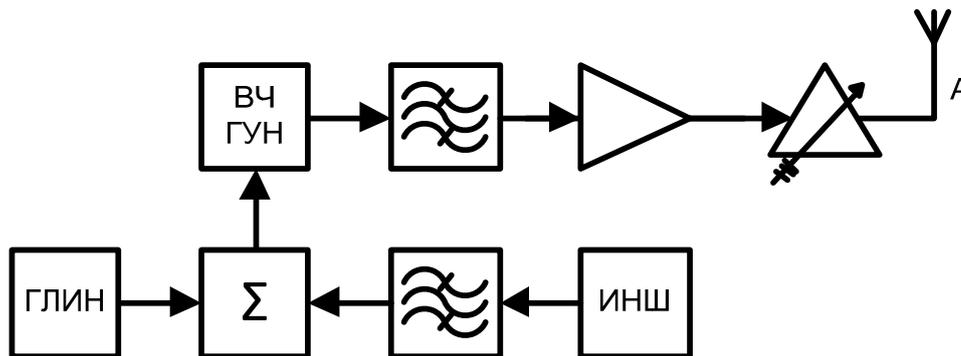


Рис. 2. Схема подавителя средств мобильной связи (одноканального) с шумовой частотной модуляцией (ЧМШ)

Управляющее напряжение, подаваемое на генератор, представляет собой аддитивную смесь последовательности пилообразных импульсов и «белого шума», поэтому меняется не только частота излучения, но и происходит его модуляция низкочастотным шумовым сигналом.

У наиболее простых подавителей вместо источников низкочастотного шумового сигнала могут использоваться генераторы низкочастотного синусоидального напряжения, а также могут отсутствовать полосовые фильтры. Однако у таких подавителей наблюдается высокий уровень внеполосных излучений и их эффективность по сравнению с вышерассмотренными подавителями значительно ниже.

В блокираторах мобильной связи в основном используются генераторы помех с мощностью излучения в каждом канале от 0,5 до 2 Вт, однако встречаются и с мощностью излучения 8–10 Вт и более. Такие блокираторы используются для защиты больших помещений, например, конференц-залов.

Одной из основных характеристик блокираторов мобильной связи является радиус зоны подавления, который зависит не только от мощности генератора помех, но и от удаления базовой станции: чем дальше базовая станция от места установки блокиратора, тем больше дальность подавления. В условиях большого города при мощности помехового сигнала 1–2 Вт

дальность подавления средств мобильной связи обычно составляет от 3 до 10 м. В некоторых блокираторах предусмотрена регулировка выходной мощности в пределах 10–20 дБ, что позволяет установить требуемую для защищаемого помещения зону подавления.

Учитывая, что блокираторы в основном предназначены для установки в выделенных помещениях и для работы на протяжении длительного времени (нескольких часов), их питание осуществляется от сети электропитания 220 В / 50 Гц. Некоторые блокираторы имеют автономные источники питания (аккумуляторы). Такие блокираторы в основном используются для защиты конфиденциальных переговоров в автомобилях или в необорудованных для ведения конфиденциальных переговоров помещениях. Мощность помехи этих блокираторов составляет от 70 мВт до 0,25–0,5 Вт, что обеспечивает подавление телефонных аппаратов в радиусе до 2–5 м.

Основным преимуществом блокираторов с заградительной помехой, приведенных выше, является простота конструкции, а недостатком – то, что постановка помех начинается сразу после включения генератора вне зависимости от того, работают на излучение устройства мобильной связи в выделенном помещении или нет.

Для сравнения эффективности подавления сигнала стандарта 3G UMTS2100 разными видами заградительных помех был поставлен эксперимент с различными формирователями помехи.

Виды формирователей помех:

- а) генератор, управляемый пилообразным напряжением (ЛЧМ);
- б) генератор, модулированный по частоте гауссовским шумом (ЧМШ).

Схема макета для проведения измерений приведена на рисунке 3.

Состав макета:

- 1) источник сигнала базовой станции: генератор Anritsu MT8820A;
- 2) блокиратор: изделие «Блокиратор 5к/3п»;
- 3) экранированная безэховая камера (ЭБК) типа Aeroflex 4931 RF Shield;
- 4) тестовый смартфон, помещённый в камеру: Nokia Lumia 920.

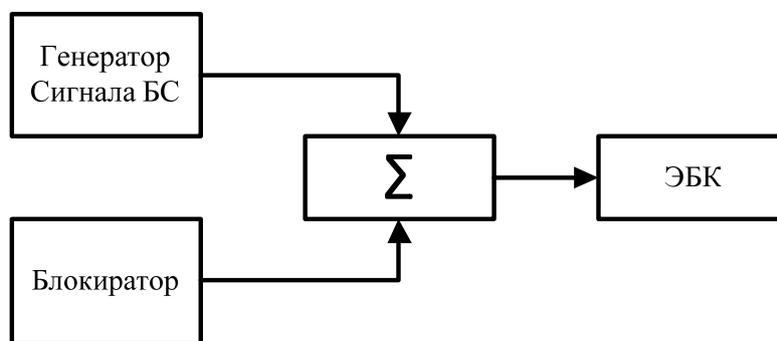


Рис. 3. Схема экспериментального макета

Путём сложения двух сигналов от генератора, имитирующего сигнал базовой станции (БС) UMTS2100, и «Блокиратора 5к/3п» в безэховую камеру подаётся суммарный сигнал, излучаемый специальной антенной и принимаемый смартфоном.

Оценка факта блокирования производилась путём контрольных звонков с генератора на смартфон. Результаты измеренных уровней превышения сигнала блокиратора над сигналом генератора, которые обеспечивают блокирование связи, приведены в таблице.

ТАБЛИЦА. Результаты измерений

Вид помехи	Превышение над уровнем сигнала БС (дБ)
Генератор, управляемый пилообразным напряжением	23,5
Генератор, модулированный по частоте гауссовским шумом	13,1

Как видно из таблицы, заградительная помеха, сгенерированная формирователем, модулированным по частоте гауссовским шумом (ЧМШ) [3], энергетически эффективнее помехи, созданной генератором, управляемым пилообразным напряжением, почти в 10 раз.

При подавлении систем мобильной связи наиболее широко используют помехи, модулированные шумом, поскольку у них наилучшие маскирующие свойства; кроме того, обычно не требуется большой точности совмещения несущей частоты передатчика помех с несущими частотами базовых станций.

Блокираторы систем мобильной связи с заградительной помехой предназначены для:

1) блокирования (подавления) связи на территориях и объектах, где использование сотового телефона запрещено или нежелательно:

- в местах с повышенными требованиями по соблюдению тишины (на совещаниях, в конференц-залах, в учебных аудиториях, театрах, концертных залах и др.);
- в местах, где требуется соблюдение режима (тюрьмы, государственные режимные предприятия);
- на предприятиях для ограничения использования сотовой связи сотрудниками в личных целях.

2) защиты от прослушивающих устройств, созданных на основе сотового телефона:

- акустический и видеоконтроль;
- определение местоположения объекта;
- дистанционное управление различными устройствами и пр.

Список используемых источников

1. **Беспроводные** коммуникации. Основы теории и технологии беспроводной связи / А. Голдсмит. – М. : Техносфера, 2011. – 904 с.
2. **Радиоэлектронная** борьба, изд. 2-е, перераб. и доп. / А. И. Палий. – М. : Воениздат, 1989. – 350 с.
3. **Современная** радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / под ред. В. Г. Радзиевского. – М. : Радиотехника, 2006. – 424 с.
4. **Информационное** подавление радиоэлектронных систем. Активные помехи, передатчики и станции активных помех: учебн. пособие / Н. С. Давыдова. – М. : МАИ, 2002. – 80 с.

УДК 621.396.96

Г. А. Фокин

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АБОНЕНТСКИХ СТАНЦИЙ В СЕТЯХ LTE РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ

Выполнена оценка точности позиционирования абонентских станций в сетях мобильной связи LTE разностно-дальномерным методом по специальным сигналам PRS средствами имитационного моделирования путем решения задачи наименьших квадратов методами Ньютона-Гаусса и Левенберга-Марквардта.

LTE, разностно-дальномерный метод, OTDOA, PRS, UE, eNB, метод Ньютона-Гаусса, алгоритм Левенберга-Марквардта.

Позиционирование абонентских станций UE (*User Equipment*) в сетях LTE (*Long Term Evolution*) осуществляется разностно-дальномерным методом (РДМ) OTDOA (*Observed Time Difference Of Arrival*) по специальным опорным сигналам позиционирования PRS (*Positioning Reference Signal*), которые синхронно излучаются базовыми станциями eNB (*Evolved Node-B*).

Принцип работы методы наблюдаемой разности времен прихода сигнала OTDOA основан на вычислении разности дальностей ΔR_{ij} [1]

$$\Delta R_{ij} = |R_i - R_j|, \quad (1)$$

где R_i – расстояние между UE и eNB_{*i*}; R_j – расстояние между UE и eNB_{*j*}; $i, j = 1 \dots L$, L – количество eNB, участвующих в сеансе позиционирования.

Оценка ΔR_{ij} осуществляется по разности времен прихода сигналов $\Delta \tau_{ij}$

$$\Delta \tau_{ij} = \tau_i - \tau_j. \quad (2)$$

Оценка $\Delta\tau_{ij}$ UE осуществляется по задержкам τ_i и τ_j (TOA, Time of Arrival) прихода сигналов PRS от eNB_i и eNB_j с помощью корреляционной обработки принятых PRS с известными сигналами позиционирования из положения максимума корреляционной функции [2].

Для определения координат UE $[x, y]$ на плоскости требуется оценить не менее двух разностей времен прихода сигналов $\Delta\tau_{ij}$ согласно (1)

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{\Delta R_{ij}}{c} = \frac{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}}{c} - \frac{\sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2}}{c}, \quad (3)$$

где $[x_i, y_i]$ – координаты eNB_i , и $[x_j, y_j]$ – координаты eNB_j известны, а для двух неизвестных параметров $[x, y]$ требуется решить систему из двух уравнений по $\Delta\tau_{ij}$, для чего нужно измерить минимум три TOA.

На рисунке 1 показан пример функционирования РДМ на плоскости при взаимном расположении трех eNB и UE. UE находится на расстояниях R_1 от eNB_1 , R_2 от eNB_2 и R_3 от eNB_3 . ΔR_{12} – линия постоянной разности расстояний ($R_1 - R_2$), а ΔR_{13} – линия постоянной разности расстояний ($R_1 - R_3$). Пересечение гипербол ΔR_{12} и ΔR_{13} определяет местоположение ИРИ UE.

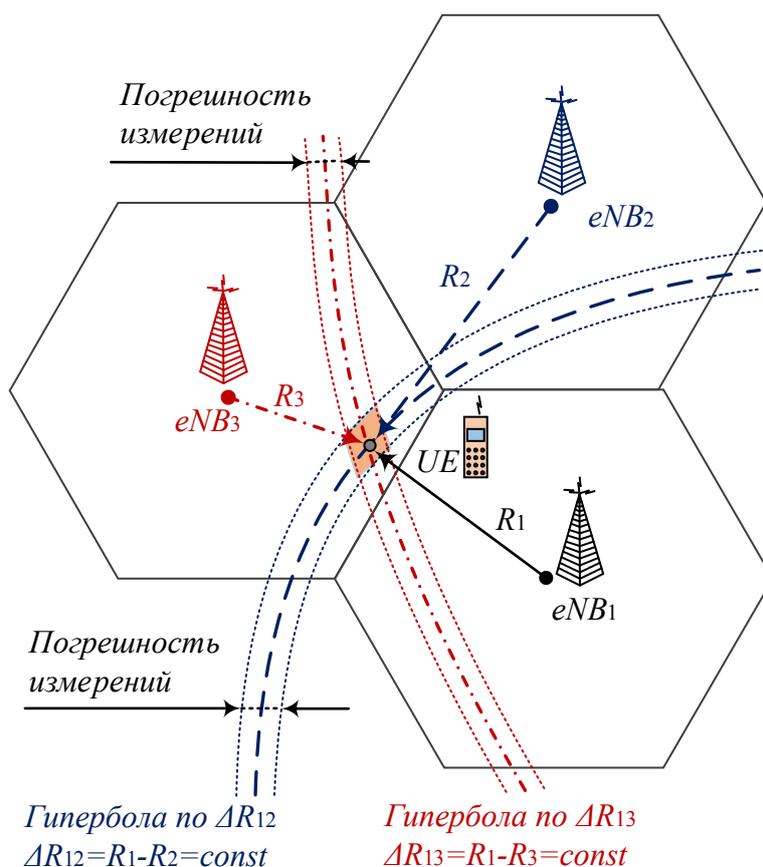


Рис. 1. Пример РДМ на плоскости при расположении трех eNB и UE

В представленном на рисунке 1 примере UE измеряет три времени прихода сигнала τ_1 , τ_2 и τ_3 . Времена прихода вычитаются из времени прихода сигнала от опорной eNB_1 для формирования набора разностей времен прихода сигнала согласно (2). Точность позиционирования определяется погрешностью синхронизации излучения сигналов PRS каждой базовой станцией. Для повышения точности позиционирования можно увеличить число измерений $\Delta\tau_{ij}$ за счет увеличения количества eNB , участвующих в сеансе позиционирования до L , при этом статистически независимыми оказываются $(L-1)$ уравнений (3).

Пример территориального распределения UE и eNB , полученный по результатам моделирования в [3] представлен на рисунках 2 и 3.

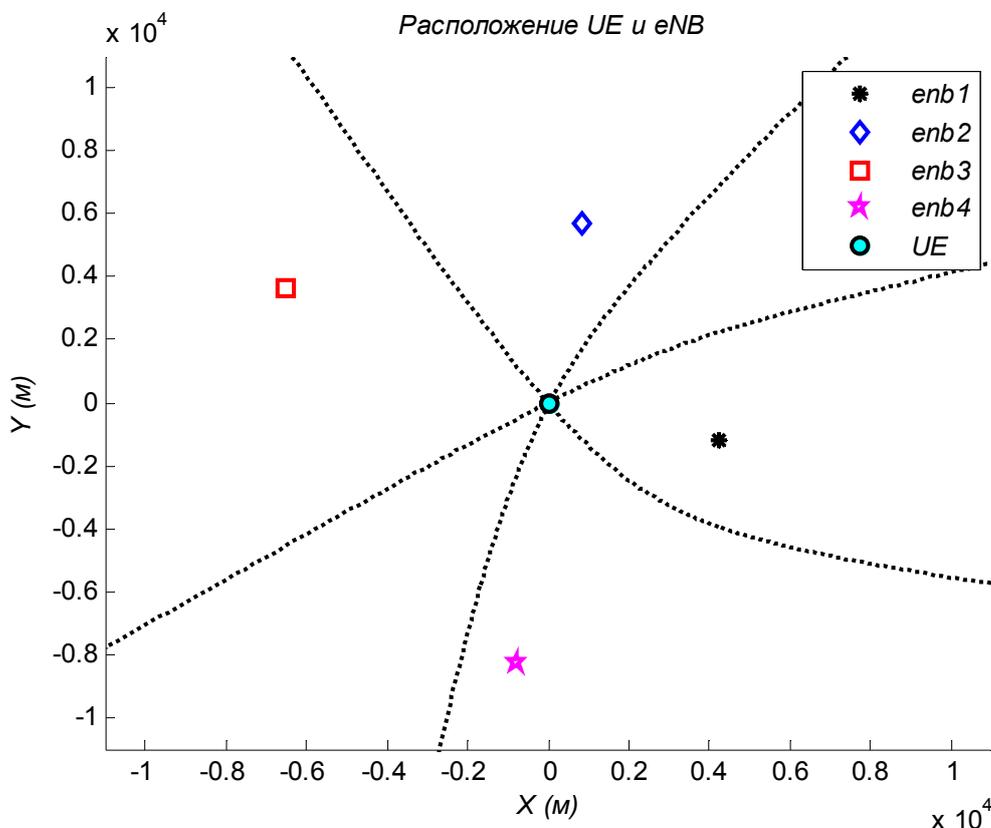


Рис. 2. Пример территориального распределения UE и eNB

Функционирование имитационной модели по позиционированию UE согласно примерам, на рисунках 2 и 3, изложено в [1]. Оценка координат UE осуществлялась путем решения задачи наименьших квадратов в системе уравнений (3) по методу Ньютона-Гаусса и алгоритму Левенберга-Марквардта [4]. Проведенный численный анализ позволил сделать следующие выводы:

– точность позиционирования сопоставима для метода Ньютона-Гаусса и алгоритма Левенберга-Марквардта, однако последний метод оказывается предпочтительнее по критерию вычислительной сложности;

– увеличение числа eNB от 3 до 6 не привело к ощутимому повышению точности позиционирования; результирующая погрешность составила порядка 20 м, аналогично исследованию в [1].

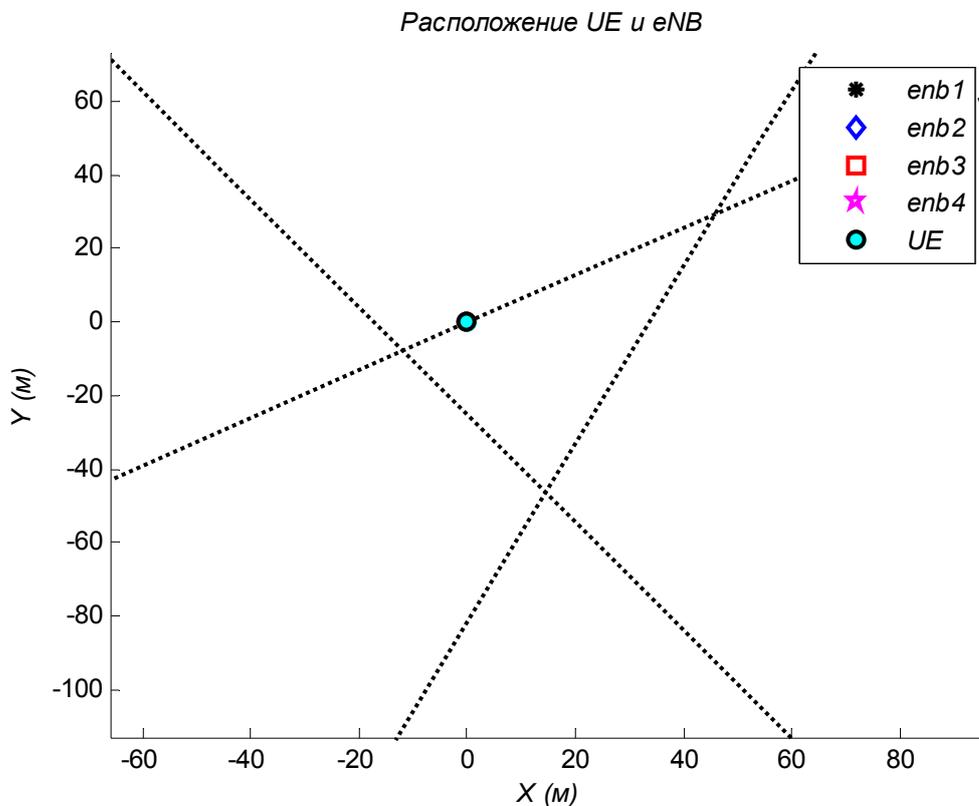


Рис. 3. Пример территориального распределения UE и eNB (увеличенный)

Список используемых источников

1. **Позиционирование** абонентских станций в сетях мобильной связи LTE разностно-дальномерным методом / М. А. Сиверс, Г. А. Фокин, О. Г. Духовницкий // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – Т. 59. – № 1. – С. 55–61.

2. **3GPP TS 36.355**. LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE Positioning Protocol (LPP). – Режим доступа: <http://www.3gpp.org/dynareport/36355.htm> (Дата обращения 04.02.2015).

3. **Официальный** сайт программного обеспечения «MathWorks». The MathWorks, 1994–2015. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/lte-system/> (Дата обращения: 27.03.2015).

4. **Handbook** of Position Location: Theory, Practice and Advances / Reza Zekavat, R. Michael Buehrer. – Wiley-IEEE Press, 2011. – pp. 1264.

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

УДК 654.739

М. С. Аль Бахри, Р. В. Киричек

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРАГМЕНТА
БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ С СЕТЬЮ СВЯЗИ
ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА БАЗЕ ШЛЮЗА LTE

Применение беспроводных сенсорных сетей (БСС) в последние годы очень быстро увеличилось в промышленной сфере, а также для бытовых потребителей. Сенсорный узел обычно воспринимает физические события от окружающей среды, такие как температура, звук, вибрация, давление и т. д. Сенсорные узлы связываются со шлюзом через беспроводную среду, такую как IEEE 802.15.4, Bluetooth, ZigBee, WiFi в зависимости от приложений. Взаимодействие БСС с сетью общего пользования очень важно в связи с широким входом в нашу жизнь смартфонов, планшетных компьютеров и ноутбуков, которые для полноценного использования требуют постоянного доступа к интернету, в том числе и при движении. В этой статье дается обзор существующих методов, технологий и стандартов в беспроводных сенсорных сетях, а также анализируются данные эксперимента, который был сделан в Лаборатории Интернета Вещей кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ.

интернет вещей, сенсорной сети, сети LTE, шлюз.

В настоящее время бурно развиваются технологии беспроводных сенсорных сетей [1]–[3]. Беспроводные сенсорные сети – это распределенные самоорганизующиеся сети, устойчивые к отказу отдельных элементов, обменивающиеся информацией по беспроводной связи. Каждый элемент сети имеет автономный источник питания, микрокомпьютер, приемник/передатчик. Область покрытия сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров в зависимости от типа модуля и антенны, а также за счет способности ретрансляции сообщений от одного элемента к другому. Обмен данными между двумя конечными устройствами может осуществляться через ретранслятор, в том случае, если дальность работы этих устройств не позволяет их взаимное обнаружение. Таким образом, устройства с малым радиусом действия с помощью системы ретрансляторов могут общаться друг с другом (рис. 1) [4].

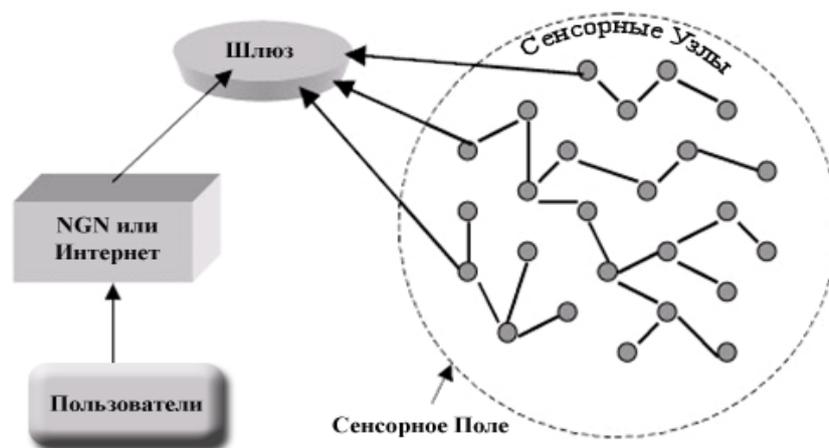


Рис. 1. Архитектура беспроводной сенсорной сети

Во многих приложениях требуются беспроводные сети связи, не обладающие высокой скоростью передачи, но надежные, живучие (способные к самовосстановлению), простые в развертывании и эксплуатации. Важно также, чтобы оборудование таких сетей допускало длительную работу от автономных источников питания, имело низкую стоимость, и было компактным. Пример такого приложения – «умный дом» [5, 6].

Сети ZigBee в отличие от других беспроводных сетей передачи данных полностью удовлетворяют перечисленным выше требованиям (табл.), а именно:

а) благодаря ячеистой (mesh) топологии сети и использованию специальных алгоритмов маршрутизации сеть ZigBee обеспечивает самовосстановление и гарантированную доставку пакетов в случаях обрыва связи между отдельными узлами (появления препятствий), перегрузки или отказа какого-то элемента;

б) спецификация ZigBee предусматривает криптографическую защиту данных, передаваемых по беспроводным каналам, и гибкую политику безопасности;

в) устройства ZigBee отличаются низким электропотреблением, в особенности оконечные устройства, для которых предусмотрен режим «сна», что позволяет этим устройствам работать до трех лет от одной обычной батарейки AA и даже AAA;

г) сеть ZigBee – самоорганизующаяся, ее структура задается параметрами профиля стека конфигуратора и формируется автоматически путем присоединения (повторного присоединения) к сети образующих ее устройств, что обеспечивает простоту развертывания и легкость масштабирования путем простого присоединения дополнительных устройств;

д) устройства ZigBee компактны и имеют относительно невысокую стоимость.

ТАБЛИЦА. Сравнение стандартов беспроводных сетей

	Bluetooth	Wibree	ZigBee
Частота	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц
Потребляемая мощность	100 мВт	~10 мВт	30 мВт
Срок работы батареи	до 6 месяцев	1–2 года	0,5–2 года
Диапазон	10–30 м	10 м	10–75 м
Скорость передачи	1–3 Мб/с	1 Мб/с	25–250 Кб/с
Цена	3\$	3,2\$	2\$
Топологии	Звезда, точка-точка, смешанная		
Безопасность	128-битное шифрование		
Время отклика	3 с	3 с	15 мс

В настоящее время шлюзы в сенсорных сетях активно используются для интеграции и совместной работы различных технологий. За последние 4 года различными компаниями были разработаны всевозможные варианты шлюзов для сенсорных сетей, объединяющих в себе все современные беспроводные технологии, такие как Wi-Fi, WiMAX, 2G.3G.4G (рис. 2).

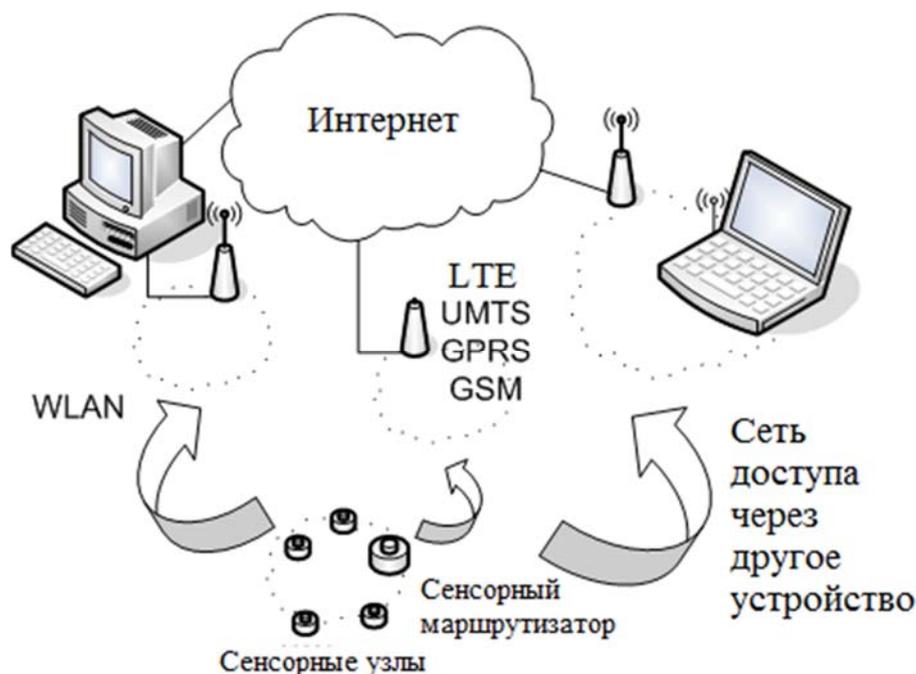


Рис. 2. Взаимодействие фрагмента БСС с ССОП

Современные тенденции в разработке шлюзов для сенсорных сетей направлены, в первую очередь, на использование новейших беспроводных

технологий и интеграцию их в одном устройстве. Однако, для Интернет Вещей [3] сохраняется приоритет в таких критериях, как стоимость и энергопотребление. Поэтому шлюзы должны им соответствовать и иметь не слишком сложную и дорогую конструкцию [7].

На кафедре сети связи и передачи данных в лаборатории Интернета Вещей в СПбГУТ разрабатывается ZigBee-LTE шлюз. Шлюз представляет из себя систему, состоящую из двух основных частей: узел сети ZigBee и узел сети LTE с использованием одноплатного компьютера (Raspberry Pi), который является точкой доступа и местом обработки данных.

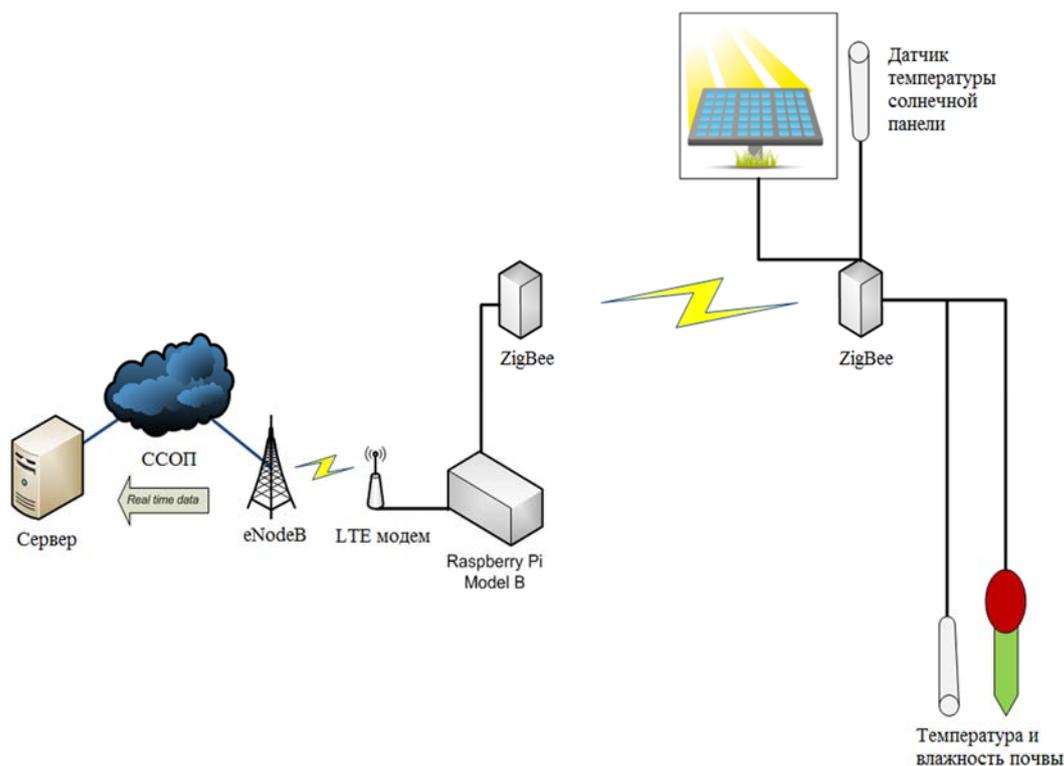


Рис. 3. Взаимодействие фрагмента беспроводной сенсорной сети с сетью связи общего пользования на базе шлюза LTE [7]

На рисунке 3 приведен пример модельной сети для измерения температуры и влажности почвы, реализованный в лаборатории Интернета Вещей. Анализ предварительных результатов применения разработанного шлюза показал, что передача информации из фрагмента беспроводной сенсорной сети в сеть связи общего пользования обеспечивается с лучшим качеством обслуживания – меньшей потерей пакетов и более высокой скоростью передачи.

Список используемых источников

1. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчёта / А. Е. Кучерявый, А. И. Парамонов, Е. А. Кучерявый. – М. : ФГУП ЦНИИС, 2008. – 296 с. – ISBN 5-00-000831-6.

2. Самоорганизующиеся сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 310 с. – ISBN 978-5-86983-318-1.
3. Интернет Вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
4. Исследование и разработка методов взаимодействия и интернет вещей : магистерская диссертация: 23.01.00.68: защищена 12.06.13 / Скороходов А. Д. – М., 2013. – 114 с. – Библиогр.: с. 9–15.
5. Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications / K. Sohrawy, D. Minoli, T. Znati. – John Wiley and Sons, 2007. – 328 p. – ISBN 978-0-471-74300-2.
6. Беспроводные сенсорные сети и прикладные проекты [Электронный ресурс] / Л. С. Восков. – Режим доступа: <http://nit.miem.edu.ru/sbornik/2009/plen/006.html> (Дата обращения 29.03.2015).
7. System architecture for wireless sensor networks : A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy: / Jason Lester H., University of California, Berkeley, 2003. – 186 p.

УДК 621.396.9

Х. А. Аль-Осаими, Е. Е. Володин, А. Е. Рыжков

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СНИЖЕНИЯ МЕЖСОТОВЫХ ПОМЕХ В СЕТЯХ СТАНДАРТА LTE

Повышение эффективности сетей радиодоступа LTE требует минимизации уровня межсотовых помех. Рассмотрены основные аспекты технологии координации помех ICIC, детали ее реализации в неоднородных структурах при агрегации частотных полос. Обсуждается вариант использования совместной передачи технологии CoMP.

сеть LTE, координация помех, технология CoMP, спектральная эффективность.

Проблема повышения эффективности использования канального ресурса в сетях LTE непосредственно связана с задачей снижения помех из соседних сот. С этой целью в сетях LTE используют технологию ICIC – Inter-cell Interference Coordination. Взаимные помехи между узлами базовых станций eNB проявляются особенно в тех случаях, когда мобильные терминалы находятся на границах сот, так как в этом случае и eNB, и абонентское оборудование UE работают с уровнями сигналов близкими к предельным. Поэтому еще в первых релизах стандарта (Rel.8 и Rel.9) был специфицирован обмен информацией между eNB по интерфейсу X2 с целью предотвращения ситуации, когда соседние eNB используют одинаковый частотный ресурс для UE, находящихся рядом в соседних сотах.

В технологии ICIC предложен обмен по интерфейсу X2 тремя параметрами: RNTP, HII, OI. При передаче вниз используют параметр RNTP – *Relative Narrow-band Transmit Power*. С помощью этого индикатора сосед-

ние eNB информируют друг друга, в каких субкадрах (слотах) и ресурсных блоках (РБ) в направлении вниз будет идти передача с уровнем сигнала выше установленного порога. Соответствующие РБ помечают в RNTP, используя *bit-map* индикацию. Таким образом, получатели информации будут знать, в каких РБ планируют передачу с высоким уровнем мощности и могут избегать их использования для связи с удаленными UE.

Для снижения помех при передаче вверх используют параметры HI и OI. HI – *High-Interference Indicator*, указывает РБ, в которых планируется передача с высокой мощностью от UE, и которые, соответственно, могут вызывать сильные помехи сигналам других UE.

OI – *Overload Indicator*, определяется суммарной помехой и шумами на входе приемника eNB. С помощью этого индикатора соседи оповещаются об уровне помех при приеме РБ в направлении вверх (низкий, средний, высокий). Получая эту информацию, соседние eNB могут снижать мощность передачи вверх в тех РБ, в которых они создают помехи UE, обслуживаемым соседними eNB.

Спецификации LTE не определяют, как часто нужно передавать информацию для ICIC, но, предположительно, период должен составлять 100–200 мс для направления вниз и 20–40 мс вверх [1].

Первые версии технологии ICIC разрабатывались для использования в однородных сетях LTE. Начиная с Rel.10, стали широко развивать и развертывать неоднородные сети LTE. Неоднородные сети состоят из макросети с высокими уровнями передаваемых сигналов и пико/фемтосетей, где базовое и абонентское оборудование работает с низкими мощностями.

Общая тенденция развития сетей LTE состоит в увеличении суммарной пропускной способности. Начиная с Rel.10, существенную роль в этом принадлежит технологии агрегации полос. При реализации неоднородных сетей возможно несколько сценариев использования частотного ресурса:

1. Макро и микро базовые станции имеют отдельный частотный ресурс.
2. Частичная агрегация полос, когда часть частотного ресурса одной сети может быть использована в другой.

В варианте 2 с целью уменьшения помех каналы управления микро и макро базовых станций обязательно передают на разных компонентных несущих. При этом используют кросс-управление каналным ресурсом: каналы управления всегда передают на «своей» компонентной несущей, а трафик может идти по нескольким. В этом случае eNB разных сетей могут вести передачу в одинаковых РБ, но с малой мощностью, обслуживая абонентов вблизи своих станций.

Особенностью развертывания неоднородных сетей является возможность разгрузки макросети за счет предпочтительного подключения UE к микробазовым станциям. При этом зона, обслуживаемая маломощной станцией, может виртуально расширяться. Эту область дополнительного

обслуживания называют CRE (*Cell Range Expansion*). Для зон CRE характерно низкое SINR для сигналов вниз, поэтому для CRE проблема снижения помех является приоритетной.

На рисунке 1 показан вариант использования агрегации полос для областей CRE. На компонентной несущей CC1 передают каналы управления и основной трафик пикосоты. Макро eNB также может использовать эти частоты, обслуживая близко расположенные к ней UE с пониженной мощностью. Компонентная несущая CC2 принадлежит макростанции, но часть РБ может быть выделена и для обслуживания абонентов CRE пикостанции (кросс-управление). В этих РБ макростанция вещает с малой мощностью, а пикостанция с номинальной.

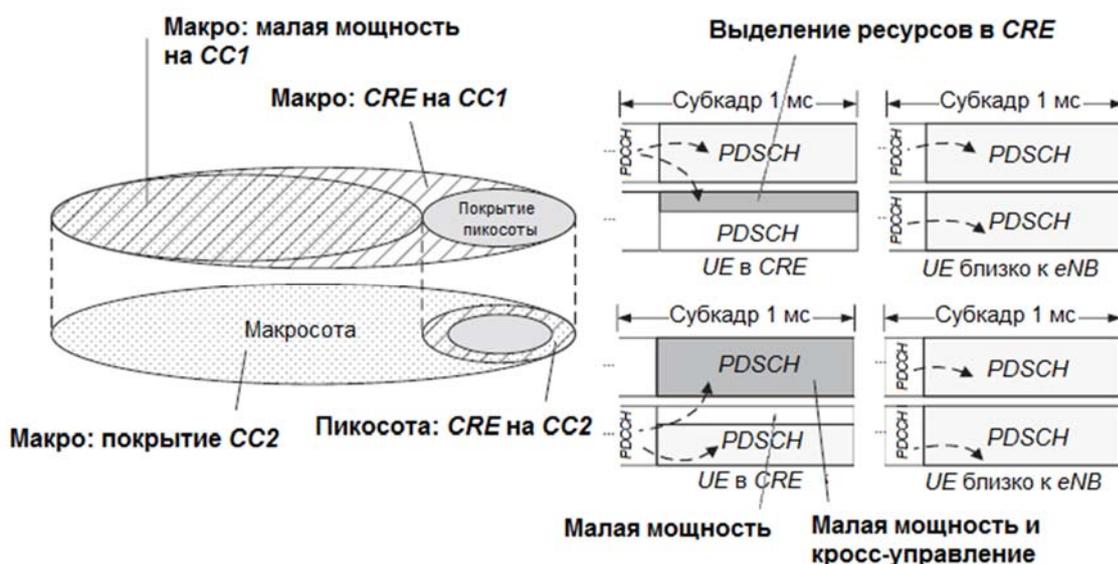


Рис. 1. Агрегация частотных полос при ICIC

Для случая, когда макро и микростанции работают в одном частотном диапазоне, в Rel.10 было предложено использовать специальные субкадры ABS (*Almost Blank Subframes*). В ближней зоне сигнал значительно выше уровня помех, но на границе сот их отношение существенно снижается, а используемые высокие мощности eNB и UE ухудшают помеховую обстановку в целом. При работе в одинаковом частотном диапазоне возникает проблема приема каналов управления. Её решают использованием помехозащищенных схем передачи. Остаются помехи для трафика из-за передачи с номинальной мощностью опорных сигналов.

ABS предполагают специальный формат субкадров, в которых либо отсутствует передача опорных сигналов, либо их заменяют сигналами демодуляции, передаваемыми с низкой мощностью. Станцию, оказывающую большее влияние на помеховую обстановку, называют агрессором (обычно макро eNB с высоким уровнем мощности по отношению к пикостанциям), а другую – жертвой. При этом составляют совместный формат передач для обеих станций, где станция-агрессор в определенных субкадрах либо

не передает трафик вообще, либо передает его с пониженной мощностью. Станция-жертва также может передавать субкадры ABS.

Введенная в Rel.11 технология CoMP существенно расширила возможности реализации ICIC. Например, UE, расположенные на границе макро и пикосот (рисунок 1) могут получать трафик вниз от макро eNB, а передавать вверх на пико eNB с пониженным уровнем мощности.

Другим вариантом использования CoMP является совместная передача (*Joint Transmission*), когда UE в направлении вниз обслуживает не одна, а две eNB¹. Этот пример показан на рисунке 2 [2].

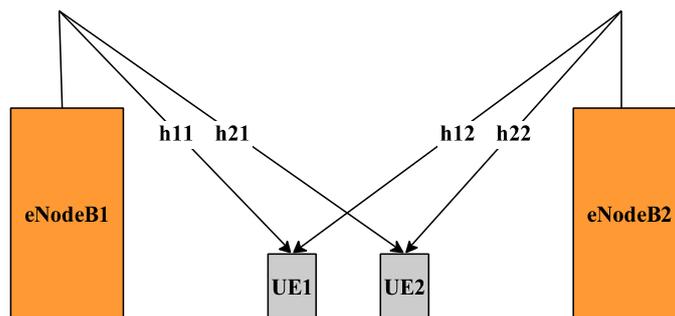


Рис. 2. Модель системы с применением совместной передачи CoMP

Две абонентские станции: UE1 и UE2, расположены достаточно близко друг от друга. В обычной сети станцию UE1 обслуживает eNB1, передавая ей сигнал $b1$, а станцию UE2 eNB2, передавая сигнал $b2$. Для снижения взаимных помех требуется выделять UE1 и UE2 разный канальный ресурс. Применение технологии CoMP позволяет использовать общий канальный ресурс для обслуживания обоих терминалов, добиваясь взаимной компенсации помех на входах их приемников. Следовательно, в выделенном канальном ресурсе суммируется пропускная способность каналов передачи для UE1 и UE2.

Структуру на рисунке 2 описывает следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} r1 &= (h11 * w11 + h12 * w21) * b1 + (h11 * w12 + h12 * w22) * b2 + n, \\ r2 &= (h21 * w11 + h22 * w21) * b1 + (h21 * w12 + h22 * w22) * b2 + n2, \end{aligned}$$

где $r1$ и $r2$ – принимаемые UE1 и UE2 сигналы, hij – элементы матрицы передачи в радиоканале \mathbf{H} , а wij – элементы матрицы формирования совместных сигналов \mathbf{W} на eNB1 и eNB2. Если матрица \mathbf{W} обратна матрице \mathbf{H} , то $h11 * w12 + h12 * w22 = h21 * w11 + h22 * w21 = 0$, что соответствует идеальной компенсации взаимных помех. При этом эффективность использования канального ресурса возрастает в 2 раза.

На практике идеальной компенсации помех не будет, и целесообразность использования данной технологии будет определяться допустимым уровнем декомпенсации сильной помехи. Результаты исследования, про-

¹ Теоретически может быть и более двух eNB.

веденные на модели в MATLAB, проиллюстрированы рисунком 3. Здесь для симметричной структуры (рис. 2) пунктиром показана эффективность использования канального ресурса при работе одной станции (4 бит/Герц, что соответствует передаче сигнала с модуляцией 64-QAM и скоростью кодирования 0,66), а сплошной линией – суммарная эффективность совместного обслуживания двух UE в зависимости от уровня компенсации сигнала (помехи) другой станции.

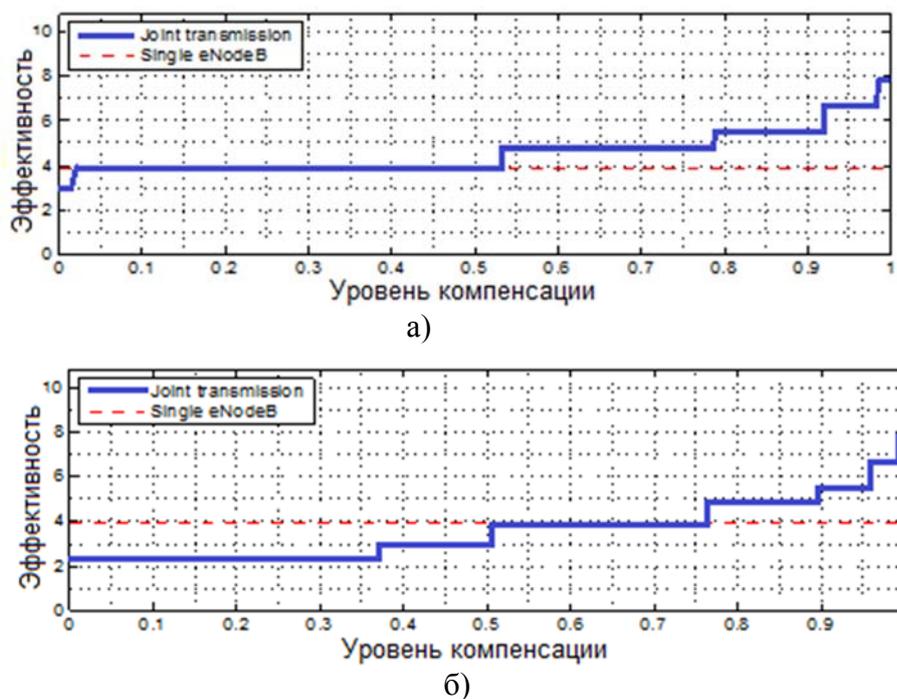


Рис. 3. Оценка эффективности использования технологии совместной передачи:
а) при $P_{\text{пом.}}/P_{\text{сигн.}} = 8$ дБ; б) при $P_{\text{пом.}}/P_{\text{сигн.}} = 5$ дБ

На рисунке 3а уровень помехи без компенсации ниже уровня сигнала «своей» eNB на 8 дБ, а на рисунке 3б – на 5 дБ. Из рисунка 3б следует, что при сильной помехе со стороны мешающей станции необходима высокая степень ее компенсации (не хуже 80 %), чтобы получить заметное увеличение суммарной пропускной способности рассматриваемой структуры. Это ограничивает возможность применения *Joint Transmission* при использовании высокоэффективных модуляционно-кодирующих схем и сильной помехи мешающей станции.

Список используемых источников

1. **LTE-Advanced.** A practical Systems Approach to Understanding the 3GPP LTE Releases 10 and 11 Radio Access Technologies / Sassan Ahmadi. – Oxford : Academic Press, 2014. – 1116 p.
2. **Сети стандарта LTE.** Развитие технологий радиодоступа / А. Е. Рыжков, М. А. Сиверс, А. С. Бабкин, А. М. Пыленок, А. П. Трофимов. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – 256 с.

УДК 621.391

С. Д. Андреев, С. В. Беззатеев, К. А. Жиданов,
Е. А. Кучерявый, А. Я. Омётов

О НЕОБХОДИМОСТИ БЕЗОПАСНЫХ ПРЯМЫХ СОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ СОТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ В СОВМЕЩЕННЫХ СЕТЯХ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

Одной из перспективно развивающихся технологий связи является протокол WiFi-Direct, позволяющий устанавливать прямые соединения в самоорганизующихся беспроводных сетях, в том числе при наличии сетевого содействия сотовой сети. Таким образом может происходить объединение двух классов централизованных и одно-ранговых сетей, применимых для потенциального развития Интернета Вещей, что влечет за собой необходимость в разработке протокола информационной безопасности для осуществления подобного рода коммуникаций.

интернет вещей, беспроводные сети, информационная безопасность, протокол.

Активно развивающаяся технология совмещенных сетей (комбинация сотовых и локальных систем связи) уже сегодня привлекает интерес ученых по всему миру, открывая новые перспективы развития таких направлений, как Интернет Вещей и 5G. Например, в работе [1] представлена полноценно функционирующая система, позволяющая осуществлять прямые соединения между мобильными станциями по протоколу WiFi-Direct при содействии сотовой сети. Таким образом, основным требованием для полноценного функционирования сетей такого типа, является наличие двух радио интерфейсов (LTE/WiFi) у устройств, потенциально задействованных в работе Интернета Вещей [2]. Важно отметить, что такому требованию уже следует большинство производителей мобильных устройств. В этом случае, сотовые операторы имеют возможность «выгружать» часть соединений в нелицензированную полосу частот WiFi, что освобождает ресурс сотового канала и не влечет за собой дополнительных расходов при использовании более дорогостоящей технологии LTE. Важно отметить, что подобная выгрузка соединений позволяет также расширить зону покрытия сотовой сети и поддержать ее функционирование на границах сот, а также в зонах с низким уровнем сигнала.

Стоит отметить, что беспроводные сети настоящего времени разрабатывались для использования человеком. Концепция Интернета Вещей требует их значительной модернизации и оптимизации. Одной из глобальных проблем такой эволюции может стать огромный рост числа обсуживаемых устройств, что может критически повлиять на частоту отказов сети при об-

служивании пользователей сети. В то же время, главными требованиями для разрабатываемых технологий должны оставаться простота и дешевизна разработки, низкая сложность обработки данных, большая зона покрытия сети и низкое энергопотребления. К сожалению, решения, подходящие под все данные запросы на текущем этапе развития телекоммуникаций, остаются лишь перспективой.

С другой стороны, повсеместно используемые инфраструктурные беспроводные локальные сети, построенные на основе стандарта IEEE 802.11 [3], на данный момент твердо заняли нишу на рынке беспроводной связи и являются одними из самых распространенных решений для обмена информации по беспроводному каналу в условиях бизнеса и частного сектора. Основным преимуществом данных сетей является высокая пропускная способность, относительная дешевизна установки и обслуживания. Все эти факторы являются неотъемлемым стимулом для использования технологии WiFi для Интернета Вещей. В то же время, протокол беспроводной передачи данных IEEE 802.11n и его более поздние версии поддерживает возможность связи между устройствами без участия точки доступа, т. е. прямые соединения. Использование данной возможности для Интернета Вещей открывает широкие перспективы утилизации бесплатного спектра с относительно приемлемыми энергозатратами.

Группа исследователей Технологического Университета города Брно в Чехии продемонстрировала возможность реализации данной разработки с использования полноценного ядра сотовой сети, а результаты исследования подробно представлены в отчете [4]. Однозначно можно заключить, что протоколы передачи данных, использующие сотовое содействие, объединяют в себе классические сети с централизованным управлением (сотовые) [5]–[7] и распределенные системы без предопределенного узла контроля (WiFi-Direct) [8]. В частности, в набирающем все возрастающую популярность сценарии носимой электроники для агрегации передачи данных с множества более маленьких узлов (сенсоров) используется «шлюз», то есть устройство, оборудованное беспроводной технологией большего радиуса действия (рис.). Однако, в условиях мобильности пользователя и последующего выхода данного устройства-шлюза из зоны покрытия сети – передача данных может стать недоступной, а актуальная на тот момент информация будет обесценена. Таким образом, появляется необходимость переключаться на прямое соединение с другим устройством, которое имеет стабильный канал связи дальнего радиуса действия, посредством технологий ближнего радиуса, что влечет за собой задачу разработки соответствующих протоколов коммуникаций и обеспечения их информационной безопасности.



Рисунок. Концепция 5G технологии, применимая к Интернету вещей

Основной целью данной работы является исследование указанных выше сетей, а также введение в разработку протокола безопасности, позволяющего осуществлять безопасную передачу данных между двумя или более соединенными напрямую мобильными устройствами в случае низкого качества или отсутствия сотового канала для агрегированной передачи информации с носимой электроники на удаленный сервер.

При наличии соединения с сотовой сетью некоторое число шлюзов может объединиться в группу на основании факта их физической близости друг к другу и установить определенные правила (ограничения) на коммуникацию для такой группы. Однако, определенное число любых пользователей такой группы может объединиться с целью добавления в группу ранее неизвестного абонента (для улучшения качества работы системы) или для исключения имеющегося абонента из группы. В современных сетях эта операция может производиться только при непрерывной доступности сети с централизованным управлением и при использовании технологии инфраструктуры открытых ключей. Однако, рассматриваемое в данной работе решение предлагает расширение для случаев частичной и полной недоступности сотовой связи, возникающих в повседневной жизни в результате временного нахождения мобильного устройства в лифтах, тоннелях, самолетах и так далее.

Таким образом, текущая работа формулирует основные проблемы в совмещенных сетях ближнего и дальнего действия, специфичные для Интернета Вещей. В данный момент ведется разработка криптографических примитивов и соответствующей математической модели с целью дальнейшей реализации и прототипирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего професси-

онального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» на 2015 год (проект № 2452).

Список используемых источников

1. **Cellular** traffic offloading onto network-assisted device-to-device connections / S. Andreev, A. Pyattaev, K. Johnsson, O. Galinina, Y. Koucheryavy // Communications Magazine, IEEE 52. – 2014. – N 4. – PP. 20–31.
2. **Интернет** Вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
3. **Wireless** LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, IEEE standard 802.11, 2012 [Электронный ресурс] // URL: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11-2012.html> (Дата обращения 10.07.2015).
4. **LTE-Assisted WiFi-Direct: A unique trial of network-assisted D2D technology**, 2014, [Электронный ресурс] // URL: <http://winter-group.net/brno-trial/> (Дата обращения 25.01.2015).
5. **Understanding** PKI: concepts, standards, and deployment considerations / C. Adams, S. Lloyd // Addison-Wesley Professional. – 2003. – PP. 10–11.
6. **Ten** risks of PKI: What you're not being told about public key infrastructure / C. Ellison, B. Schneier // Comput Secur Journal. – 2000. – N 16.1. – PP. 1–7.
7. **Security** technology for smart grid networks, Smart Grid / A. R. Metke, R. L. Ekl // IEEE Transactions. – 2010. – N 1.1. – PP. 99–107.
8. **Wireless** ad hoc networks / Z. J. Haas, J. Deng, B. Liang // Encyclopedia of Telecommunications. – 2002. – 221–225.

УДК 621.391

**С. Д. Андреев, С. В. Беззатеев, К. А. Жиданов,
Е. А. Кучерявый, А. Я. Омётов**

СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ ПРОТОКОЛА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЯМЫХ СОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ РАБОТЫ СОТОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ В СОВМЕЩЕННЫХ СЕТЯХ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

Данная статья является продолжением работы «О необходимости безопасных прямых соединений в условиях нестабильной работы сотового канала связи в совмещённых сетях «Интернета Вещей». Особое внимание в данной работе уделяется пограничному случаю, когда сотовый канал, по которому осуществляется управление прямым соединением, становится недоступным, что влечет за собой невозможность поддержания безопасной коммуникации между устройствами. В данной работе представлены результаты разработки нового алгоритма информационной безопасности, позволяющего осуществлять инициализацию новых соединений, добавление пользователей в группу или исключение из нее в случае временно недоступного сотового канала связи.

интернет вещей, беспроводные сети, информационная безопасность, протокол.

Множество современных беспроводных сетей можно разделить на две группы по признаку наличия/отсутствия централизованного способа управления. Упрощенные схемы данных сетей изображены на рисунке 1. Обе группы систем имеют свои специфические проблемы и их решения в области информационной безопасности. Для сетей с централизованным управлением свойственно наличие управляющего узла, который координирует соединения пользователей сети и, в то же время, является абсолютно доверенной сущностью (рис. 1, а), где безопасность достигается с помощью инфраструктуры открытых ключей или Public Key Infrastructure (PKI) [1]–[4]. В сетях с отсутствием централизованного управления [5], ресурсы разделены между пользователями, а их влияние на функционирование всей системы намного значимее, чем в первой группе (рис. 1, б). Главной уязвимостью подобных сетей является динамически изменяющаяся топология системы, что влечет за собой ряд возможных атак [6]. Пользователи такой сети имеют возможность её покинуть и возвращаться без нарушения функционирования системы, в дополнение к высокой мобильности всей сети в целом. Иными словами, если два устройства находятся достаточно близко друг к другу, они могут инициализировать прямое соединение. Однако, отсутствие централизованного управления влечет за собой необходимость в специфических алгоритмах для предоставления распределенных функций координирования.

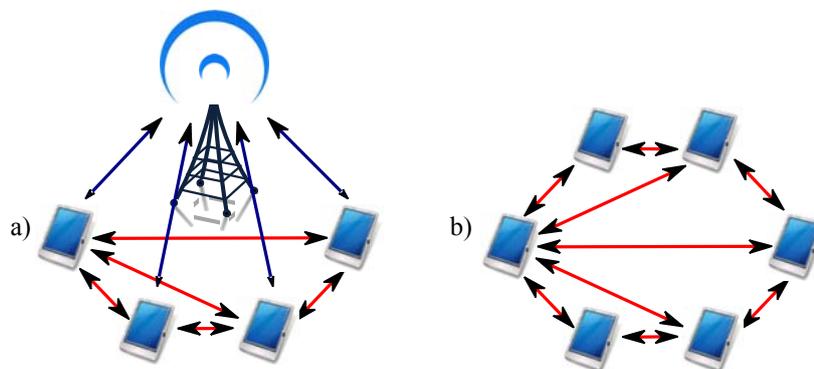


Рис. 1. Топологии современных беспроводных сетей:
а) сеть с централизованным управлением б) децентрализованная сеть

В настоящее время множество сетей причисляются к одному из вышеприведённых типов искусственно. Так, в централизованных сетях связь абонентов с центральной станцией может периодически пропадать, в то время как сами абоненты сохраняют возможность радио соединения. Напротив, в децентрализованных сетях зачастую присутствуют некоторые узлы, которые доступны подавляющему большинству участников комму-

никации основную часть времени, но не используются как искусственный агрегатор по ряду причин. Если рассматривать шлюз, используемый для агрегации данных от устройств Интернета Вещей как мобильный телефон, использующий сотовый и WiFi интерфейсы, несложно заметить, что значительную часть времени имеется активное соединение с базовой станцией, и, таким образом, может поддерживаться связь с другими устройствами. Соответственно, роль сотовой сети заключается в управлении соединениями данных устройств. В то же время, сеть с централизованным управлением считается доверенной с точки зрения информационной безопасности, и можно считать, что для прямых соединений подобной сущностью может считаться базовая станция LTE, а организация защищенности осуществляется посредством РКІ.

Однако в случае децентрализованных сетей роль управления и распределение полномочий лежит на самих пользователях, что влечет за собой более широкий спектр атак, особенно в случае одновременной доступности двух беспроводных интерфейсов. Основываясь на вышесказанном, можно выделить основные требования к сетям, где централизованный узел контроля доступен не постоянно: надежный алгоритм управления соединением; адаптивный алгоритм для быстрого реагирования на изменение топологии или отказа сети; возможность связи с узлом, находящимся на расстоянии более одного узла; разработка протокола информационной безопасности для поддержания защищенных соединений даже в случае отказа сотовой сети.

Современные мобильные устройства уже сейчас имеют разнообразные модули беспроводной связи ближнего (WiFi, BLE и др.) и дальнего (LTE) действия. Сеть с централизованным контролем управляет прямыми соединениями во всех аспектах, включая безопасность, используя сотовый канал связи. Основным минусом данной технологии является возможность разрыва соединения с базовой станцией из-за мобильности абонента, неполного покрытия и прочих факторов. Следовательно, возникает вероятность недоступности защищенной прямой связи, т. е. исчезает возможность её непосредственного контроля, способность включения и исключения пользователей из группы. С другой стороны, использование только технологии WiFi влечет за собой скорую разрядку батареи, что является неприемлемым в сценарии носимой электроники. Использование исключительно ad hoc сетей в данных условиях является недопустимым, а инфраструктурные сети не являются постоянно доступными, что влечет за собой необходимость в разработке новой совмещенной системы, работающей в отказоустойчивом режиме. Далее представлен алгоритм, позволяющий поддерживать активность прямого соединения в критических условиях недоступности управляющего узла.

Предположим, что все вовлеченные в коммуникацию устройства/шлюзы обладают двумя радио модулями и имеют возможность их од-

современного использования. Данные от устройств носимой электроники передается по стороннему протоколу ближнего радиуса действия, а потенциальная выгрузка данных сотового канала связи осуществляется с помощью технологии WiFi-Direct. В то же время, считается, что все шлюзы изначально имели соединение с РКІ, являющейся абсолютно доверенной сущностью, отвечающей за распространение криптографических сертификатов и ключей. Сотовый канал связи по возможности будет использоваться только для передачи управляющих сообщений от инфраструктуры открытых ключей. Все данные передаются по каналу связи ближнего действия. Потенциальную группу абонентов, объединяющихся с целью защищенной передачи своих данных, назовём *коалицией*. В случае, если хотя бы у одного мобильного абонента в коалиции сотовый канал перестает быть надежным из-за выхода за пределы зоны покрытия, поддержание передачи актуальных данных может быть достигнуто посредством комбинирования свойств централизованных и децентрализованных сетей.

В рамках предлагаемой концепции не делается принципиального различия между пользователями, имеющими непосредственное соединение с центральными узлом и не имеющими такого соединения. И те, и другие пользователи рассматриваются как равноправные члены однородной сети. Предлагается классифицировать ее абонентов на три типа (рис. 2): *пользователи группы «Light»*, в конкретный момент времени имеющие соединение с базовой станцией; *пользователи группы «Dark»*, в конкретный момент времени не имеющие соединения с базовой станцией, но имевшие его в прошлом; *пользователи группы «Grey»*, желающие подключиться к сети в первый раз.

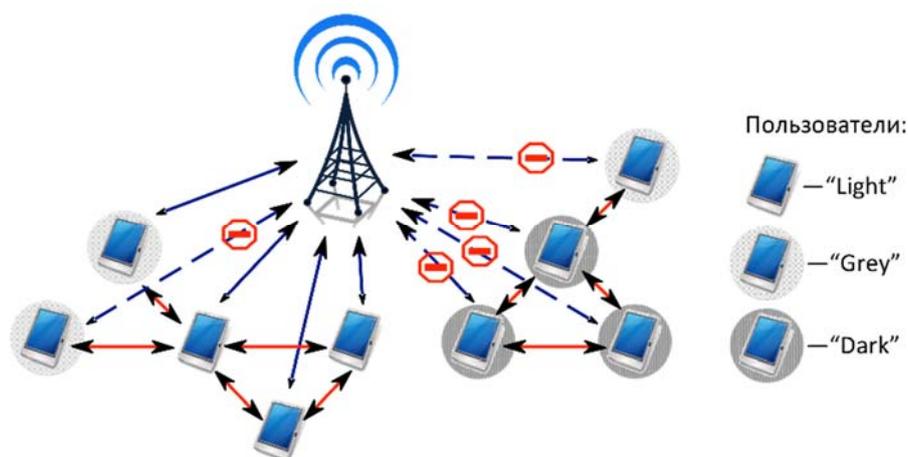


Рис. 2. Предлагаемая классификация мобильных абонентов

В итоге, являясь продолжением предыдущей работы, данная статья раскрывает особенности реализации протокола информационной безопасности. Также разрабатывается алгоритм, решающий ряд проблем, возникающих в подобных совмещенных сетях. В данный момент ведется разра-

ботка криптографических примитивов и соответствующей математической модели с целью дальнейшей реализации и прототипирования.

Список используемых источников

1. **Understanding** PKI: concepts, standards, and deployment considerations / C. Adams, S. Lloyd // Addison-Wesley Professional, 2003. – PP. 10–11.
2. **Ten** risks of PKI: What you're not being told about public key infrastructure / C. Ellison, B. Schneier // Comput Secur Journal. – 2000. – Vol. 16.1. – PP. 1–7.
3. **Security** technology for smart grid networks, Smart Grid / A. R. Metke, R. L. Ekl // IEEE Transactions. – 2010. – Vol. 1.1. – PP. 99–107.
4. **Wireless** ad hoc networks / Z. J. Haas, J. Deng, B. Liang // Encyclopedia of Telecommunications. – 2002. – PP. 221–225.
5. **Ad hoc** networking / C. E. Perkins // Addison-Wesley Professional, 2008. – PP. 125–150.
6. **PGP**: pretty good privacy / S. Garfinkel // O'Reilly Media, Inc., 1995. – 432 p.

УДК 004.492.2

В. И. Андрианов, Л. А. Витков, В. Н. Волкогон

ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПСИХОЛОГИИ И ВИКТИМОЛОГИИ

Ежегодно в мире увеличивается количество компьютерных преступлений и возрастает суммарная стоимость ущерба, нанесенного пользователям компьютерных систем. Решение данной проблемы требует кардинальных смен парадигм защиты. Рассматривается проблема становления жертвами компьютерных преступлений с точки зрения виктимологии и психологии.

компьютерная система, КС, компьютерное преступление, КП, виктимология, клиповое сознание, клиповое мышление, компьютерные вирусы, фишинговые страницы, антивирусные решения.

В современном мире представлен широкий диапазон антивирусных программ и других программно-аппаратных решений на выбор. Основной задачей всех этих решений является защита пользователя от компьютерных преступлений (КП). Также в распоряжении масс имеются сотни и тысячи различных утилит для восстановления работоспособности компьютерных систем (КС) после заражения вредоносным ПО.

И несмотря ни на что количество фактов заражения КС вирусами и потерь, связанных с компьютерными преступлениями, только растет.

Возьмем к примеру статистику, предоставленную компанией Symantec Corporation в 2014 году.

1. В 2013 году число целенаправленных атак возросло на 91 %.
2. Число обнаруженных уязвимостей в СЗИ возросло в 2013 году на 62 %.
3. В 2013 году были украдены данные 552 миллионов учетных записей.
4. Обнаружено 23 уязвимости «нулевого дня» (уязвимости, и вредоносные программы для которых еще не найдены решения).
5. В течение 2013 года 38 % пользователей мобильных устройств сталкивались с киберпреступностью в мобильной среде.
6. Из каждых 392 сообщений электронной почты одно было отправлено с целью фишинга.
7. Количество веб-атак возросло на 23 %.
8. На каждом восьмом добропорядочном веб-сайте есть критическая уязвимость [1].

Эта статистика отражает лишь малую часть общей картины, в связи с тем, что данные взяты из публичного источника одного производителя из многих. Резонно предполагать, что не все жертвы компьютерных преступлений среди физических лиц хотя бы догадываются о нанесённом им ущербе, и конечно же не всегда пользователи КС сообщают об этом компании производителю антивирусного ПО.

Существует миф о том, что увеличение количества компьютерных преступлений и рост уровня потерь от них связан с высокой продуктивностью или талантами «хакеров». Но более детальный анализ позволяет нам сделать следующие выводы:

1. Каждый год появляются десятки тысяч новых вирусов.
2. Большинство из вирусов использует шаблоны.
3. В части КП используются методы социальной инженерии.

Рассмотрим проблему увеличения числа КП в мире с точки зрения виктимологии (междисциплинарная область, исследующая виктимизацию, то есть процесс становления жертвой преступления).

В виктимологии существует множество различных классификаций и типирования потенциальных жертв, для анализа уязвимости пользователей КС предлагаем отталкиваться от следующей классификации [2]:

1. Не предусмотрительные.

Пример. Если мы обобщим пользователей КС по группам, мы обязательно обратим внимание на то, что одним из удобных делений является возраст пользователей. Возьмем детей и стариков – их поведение за компьютером часто схоже друг с другом и отличается особо высоким уровнем доверия к информации.

2. Провокаторы.

Пример. Наиболее очевидно разделение пользователей на тех, кто использует антивирусное и лицензионное ПО, и на тех, кто предпочитает «экономия». Последних мы как раз и отнесем к типу провокаторов.

Отметим, что с точки зрения виктимологии жертва является важным элементом механизма преступления, так как само преступление – это зачастую результат взаимодействия преступника и жертвы. И одним из важных разделов виктимологии, как науки является разработка методов профилактики преступлений, путем повышения информированности потенциальной жертвы о существующих угрозах (табл.) [3].

ТАБЛИЦА. Варианты жертв компьютерных преступлений с точки зрения виктимологии

Не предусмотрительные	Провокаторы
Дети	Пользователи пиратского ПО
Пожилые люди	Пользователи, не использующие антивирусные решения
Новички	Азартные

Считаем, что анализ потенциальной жертвы КП будет не до конца полным, если мы не взглянем на данную проблему с точки зрения современной психологии. Психологи отмечают возрастание скорости обработки информации со стороны пользователей КС.

Появление мобильных устройств, тесное общение в социальных сетях и микроблогах, приводит к формированию нового типа мышления. Характерной особенностью данного типа является клиповость (от англ clip). Пользователи все менее пристально препарируют информацию, транслируемую на экране и все чаще, действуют автоматически и шаблонно, не анализируя возможные последствия.

Сокращение внимания человека, понижение уровня самозащиты приводят к тому, что пользователь ПК добровольно передает злоумышленникам любые персональные данные. Запускает фишинговые страницы, вирусные программы и скачивает приложения и ПО содержащие не декларируемые возможности (НДВ) [4].

Взгляд на проблему уязвимости пользователей КС с точки зрения виктимологии и психологии позволяет сделать следующие выводы:

Во-первых, представляются логичными выводы о необходимости повышения грамотности пользователей КС в сфере безопасности и формирования устойчивой культуры самозащиты населения от компьютерных преступлений.

Во-вторых, в современных ОС и антивирусных решениях существует множество окон и используются стандартные методы защиты, поэтому необходимы новые алгоритмы, отличные от существующих.

В-третьих, часть задач по информационной безопасности КС следует переложить на систему однозначного отождествления. Которая может действовать по принципу, что разрешено – то разрешено, что запрещено, то не

разрешено [5]. Это позволило бы защитить пользователя от НДВ ПО и сократить количество компьютерных преступлений. Ярким примером такого решения является система принудительного контроля доступа Se Linux, и массовое внедрение ПО данного типа позволило бы сократить количество жертв КС.

Список используемых источников

1. **Отчет** о компьютерных преступлениях 2013 г. – Режим доступа: http://www.symantec.com/ru/ru/security_response/publications/threatreport.jsp (Дата обращения 01.03.2015).
2. **Некоторые** вопросы виктимологии / А. В. Подольская // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2004. – Т. 43. № 8. – С. 286–289.
3. **Причины** и условия совершения преступлений в сфере компьютерной информации / А. В. Сизов // Информационное право. – 2008. – С. 38–42.
4. **Клиповое** мышление как феномен информационного общества / С. В. Докука // Общественные науки и современность – 2013. – № 2. – С. 169–176.
5. **К вопросу** безопасности современных пользователей ПК [Электронный ресурс] Л. А. Виткова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 1 (32). Ч. 3. – С. 10–11. – Режим доступа: <http://research-journal.org/?p=11187> (Дата обращения 01.03.2014).

УДК 654.739

В. И. Андрианов, Г. Г. Романов, С. И. Штеренберг

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Проведен обзор существующих экспертных систем, предложена структура для функционирования таких систем. А также обсуждается подход разработки системы, основанной на такой структуре. Рассматриваемая система развивает принципы на которых работают антивирусы, отличие ее от последних заключается в том, что необходимые действия по устранению угроз берет на себя самомодифицирующийся код и действует с минимальным участием оператора. Раскрыт подход к разработке программы управления подобной системой.

экспертные системы, информационная безопасность, базы знаний, адаптивные системы, самомодифицирующийся код.

Экспертные системы предназначены для решения классификационных задач в узкой предметной области исходя из базы знаний, сформированной путем опроса квалифицированных специалистов и представленной системой классификационных правил If-Then.

В системах обеспечения безопасности ИТ экспертные системы используются в интеллектуальных средствах защиты информации на основе модели и содержат в БЗ описание классификационных правил, соответствующих профилям легальных пользователей ИТ, сценариям атак на ИТ-систему [1]–[3].

ЭС успешно применяют для обнаружения несанкционированных действий (НСД) в ИТ. Схемы обнаружения НСД разделяют на две категории: обнаружение злоупотреблений и обнаружение аномалий. К первым относят НСД, которые используют известные уязвимости компьютерной системы, а ко вторым – несвойственную пользователям ИТ деятельность. Для обнаружения аномалий выявляется деятельность, которая отличается от шаблонов, установленных для пользователей или групп пользователей ИТ. Обнаружение аномалий, как правило, связано с созданием базы данных, которая содержит профили контролируемой деятельности, а обнаружение злоупотреблений – со сравнением деятельности пользователя с известными шаблонами поведения хакера и использует методы на основе правил, описывающих сценарии атак. Механизм обнаружения НСД идентифицирует потенциальные атаки в случае, если действия пользователя не совпадают с установленными правилами.

Большинство систем обнаружения злоупотреблений и аномалий основаны на модели, которая поддерживает набор профилей легальных пользователей, согласовывает записи подсистемы аудита с соответствующим профилем, обновляет профиль и сообщает об обнаруженных аномалиях. Поведение пользователя может быть представлено как модель на основе правил, в терминах прогнозируемых шаблонов или анализа изменения состояния, а для выявления факта атаки используют методы сопоставления с образцом.

Рассмотрим подход создания экспертной системы, основанный на объединении серверного антивируса с иммунными алгоритмами. Общая схема такой системы показана на рисунке. Клиенты системы устанавливаются на компьютеры, объединенные в локальную сеть. Эти клиенты напоминают антивирусную программу, за некоторым существенным отличием, которое будет описано ниже. На клиенты возложена функция сбора информации о состоянии машин, на которых они установлены, и отправка этой информации на сервер. Таким образом формируется база данных экспертной системы, находящейся на сервере, на котором также находится база знаний. На сервере происходит постоянное обновление базы данных и расчет имеющихся правил, на основе новой информации. Все выводы расчета выводятся в окне (условно названном «Журнал») на программе управления (MGMTProgram на рис.). Программа управления – это единственное средство, через которое осуществляется управление экспертной системой оператором-человеком. На основании данных выведенных в «Журнале» оператор принимает решения и оказывает управленческое

воздействие на систему клиентов, через сервер. В данной схеме нет прямой связи между клиентской сетью и программой управления по причине большой ресурсоемкости построения подобных соединений.

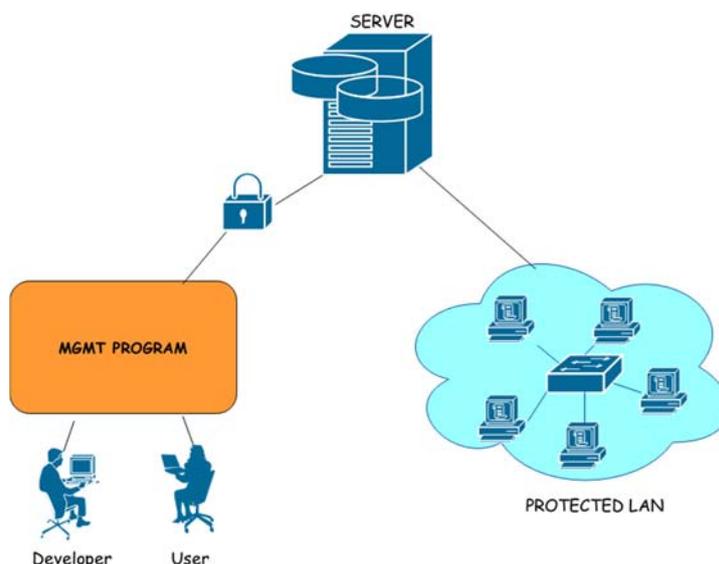


Рисунок. Общая структура проектируемой экспертной системы

Все клиенты имеют у себя исполняемый код, названный RPA, который осуществляет все необходимые действия по устранению известных угроз.

RPA – это программа ЭВМ относящаяся к области информационной безопасности в программных приложениях, исполнимых файлах. Программа RPA обладает возможностью осуществить скрытое вложение в исполнимый файл и действовать незаметно для нарушителя.

В отличие от многих известных способов стегонаграфии в данной программе ЭВМ технология вложения самомодифицирующегося кода осуществлена двумя методами:

1) В первом случае для скрытого вложения информации используются знания о формате исполняемого файла. Информация может вкладываться в участки файла, предназначенные для выравнивания, неиспользуемые поля заголовков файла и другие участки исполняемого файла, изменение которых не влияет на его структуру и работоспособность.

2) Во втором случае в качестве контейнера для вложения информации используется не сам исполняемый файл, и исполняемый код, содержащийся в этом файле. Такой метод вложения основан на особенностях исполняемого кода конкретной процессорной архитектуры и не зависит от формата исполняемого файла.

Общая идея состоит в создании универсального самомодифицирующегося кода, который мог бы успешно внедряться в программу, оставаться незаметным и обеспечивать адаптивную иммунную защиту приложения с участием оператора, внедрившего код, или без него.

Построению алгоритма реализации разрабатываемого средства защиты информации сводится к выполнению обязательных действий:

- 1) Передача самомодифицирующегося кода в основной код исполнимого файла любого формата;
- 2) Стеганографическое сокрытие передаваемого файла с невозможностью его дальнейшего обнаружения;
- 3) Последующая реализация адаптивной интеллектуальной системы для автоматизации защиты приложений.

В соответствии с порядком выполнения обязательных действий реализуется распространение самомодифицирующегося кода после команды оператора по всему приложению и последующая активизация иммунной адаптивной защиты приложения.

Вследствие некоторого воздействия извне или необходимости изменить саму себя, программа пытается улучшить свою новую копию или приспособить ее к новым условиям среды. Для этого она достает из ресурсов компилятор (он уже может присутствовать в операционной системе, тогда этот пункт можно упустить) и собственный исходный код. После этого исходный код модифицируется соответственно к новым условиям и компилируется (при этом в ресурсы попадает новый исходный код и тот же компилятор). После удачной компиляции родительская программа загружает в память машины свою новую версию и завершается сама. Таким образом, программа-потомок начинает функционировать вместо родительской программы и, в случае надобности, цикл самомодификации повторяется, то есть программа-потомок стает родительской программой для нового потомка.

Далее выполняется необходимый для реализации контратаки нарушителя и последующей реализации адаптивной интеллектуальной системы для автоматизации защиты приложений порядок действий:

1) Циклическое усовершенствование программы или ее алгоритма. Программа модифицирует себя, решает некоторую эталонную задачу и оценивает результат. На основе результата принимается решение о новом цикле модификации.

2) В случае вирусной программы такой подход может использоваться для модификации своего кода при переходе на новую машину и обхода, таким образом, антивирусов. При этом имеется возможность как менять уже существующий код, так и добавлять новый, который не несет смысловой нагрузки.

3) Программа может запоминать конкретного пользователя и подстраиваться под него. Например, проводится эксперимент с цветами и формой окна, и выбирается пользователем о приемлемом для него варианте или анализировать наиболее часто используемые пользователем функции программы.

4) Программа может попытаться найти в сети Интернет исходный код нового решения какой-то из своих функций, загрузить его, соответствующим образом изменить свой код с учетом новой реализации данной функции и попробовать откомпилировать и проверить работу новой копии. Таким образом, имеется программа, которая со временем будет сама находить лучшие решения проблем и использовать их в своей работе.

Предполагается разработка 3 видов RPA:

1) «Солдат» – находится на клиентской машине, и взаимодействует с ее компонентами для выполнения действий, которые считаются необходимыми.

2) «Cerebro» – осуществляет взаимодействие с БД на сервере.

3) «Рабочий» – осуществляет транспортировку информации от «сегебро» к «солдатам».

Предполагается, что доступ к программе управления будет разделен между пользователем-оператором и пользователем-разработчиком. Первая категория пользователей реагирует на сообщения «Журнала» и отдает распоряжения RPA. Вторая категория имеет доступ к проектированию базы знаний на сервере.

Главным императивом разработки ПУ для экспертной системы будет переносимость кода и применимость его на любую экспертную систему. Этот императив отражен в модульности моделируемой программы, а также будет учтен при проектировании классов интерфейса. Проектировка будет осуществлена по классической уже концепции в разработке ПО MVC (Model-View-Controller), что так же будет способствовать переносимости.

Список используемых источников

1. **Инновационное** управление рисками информационной безопасности / А. В. Красов, В. И. Андрианов, В. А. Липатников. – СПб. : СПбГУТ, 2012. – 396 с.

2. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015611539. RPA (rationable progressimo aggredi) (лат.) / Штеренберг С. И., Андрианов В. И., Липатников В. А., Костарев С. В. Правообладатель: Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича». Дата поступления 02 декабря 2014 г. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 30 января 2015 г.

3. **Исследование** методики адаптивных атак на основе скрытого вложения в исполнимые файлы / С. И. Штеренберг, В. И. Андрианов // Международная научно-техническая конференция «Наука, Техника, Инновации 2014», Брянск, Россия, 25–27 марта 2014 г. – С. 287–294.

УДК 654.027

А. В. Ануфренко, Д. В. Волков, А. К. Канаев

**МЕХАНИЗМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ
ПАКЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ**

Избыточные структуры построения сетей связи требуют правильного программного конфигурирования для оптимизации их времени сходимости и, как следствие, повышения отказоустойчивости. Произведен анализ ряда протоколов, влияющих на сходимость сети связи на уровне агрегации.

уровень агрегации, транспортный уровень, надежность, эффективность, доступность.

Современный этап развития информационных технологий характеризуется быстрым ростом размеров мультисервисных сетей. В этой связи предъявляются всевозрастающие требования к надежности и отказоустойчивости таких сетей. Качественная и надежная связь сегодня – это совершенно необходимое условие нормальной и эффективной работы любой организации. При этом спроектировать абсолютно надежную сеть связи на сегодняшний день вряд ли возможно. При проектировании любой отказоустойчивой системы применяют два подхода:

1. Построение системы только из отказоустойчивых компонентов.
2. Проектирование отказоустойчивой системы из не отказоустойчивых компонентов, но с применением избыточности [1].

Во втором случае система может продолжать свое функционирование, если выйдут из строя один или несколько подкомпонентов системы. При проектировании сетей связи наиболее эффективным способом повышения отказоустойчивости является применение избыточности, заключающееся в создании систем с дублированием. На практике используется несколько разновидностей схем дублирования: организация параллельных соединений, установка двух или более центральных коммутаторов (маршрутизаторов), построение распределенной магистрали. Повышение же отказоустойчивости компонентов проявляется, например, в применении моделей коммутаторов, способных резервировать коммутирующий процессор (*Supervisor Engine Module*). Коммутирующие процессоры, работают одновременно (параллельно) – отказ одного из них не приводит к отказу коммутатора в целом. Такие модели коммутаторов часто применяются на уровне доступа сети. На рисунке представлен упрощенный вариант трехуровневой архитектуры сети связи, на котором хорошо видны схемы дублирования. Каждый коммутатор уровня доступа, к примеру, имеет по две восходящие связи, которые подключаются к разным коммутаторам

уровня агрегации сети. Каждый коммутатор уровня агрегации, в свою очередь, имеет аналогичные соединения с уровнем ядра сети. Пары коммутаторов уровня агрегации объединены в стэки, осуществляется дублирование серверов и т. д. Все это очевидно способствует повышению отказоустойчивости сети в целом.

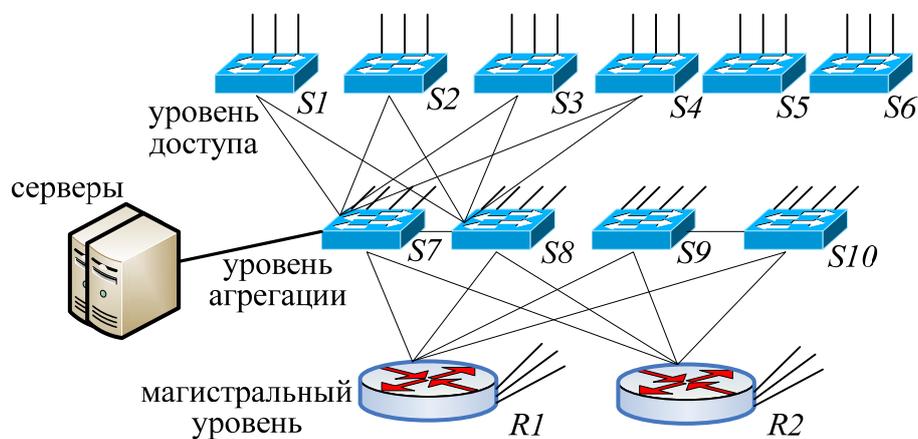


Рисунок. Трехуровневая модель сети связи

При кажущейся достаточной надежности подобных структур построения сетей связи, их слабым звеном является время сходимости после выхода из строя некоторых элементов сети. К примеру, в случае выхода маршрутизирующего элемента сети из строя требуется вмешательство системного администратора, которому приходится настраивать рабочие станции на работу с другим маршрутизатором в качестве шлюза, изменять конфигурации дублирующего сетевого устройства, устанавливать дополнительный маршрутизатор и т. д. С уверенностью можно констатировать, что отдельные рабочие станции на время перестройки не будут иметь доступ к ресурсам, логически расположенным за маршрутизатором. Таким образом правильное конфигурирование избыточности сети связи способствует уменьшению времени сходимости сети связи и, как следствие, повышению ее отказоустойчивости. Для ускорения процедуры восстановления работоспособности сети связи разработано большое количество различных протоколов. В статье производится анализ протоколов, способствующих повышению отказоустойчивости сети. При анализе рассматривается уровень агрегации и транспортный уровень, отказоустойчивость которых имеет принципиальную важность.

Правильно спроектированный уровень агрегации и транспортный уровень сети связи позволяет создавать распределенные сервисы, что обеспечивает уменьшение объема внутрисетевого трафика и большую надежность услуг. Протоколы, так или иначе связанные с конфигурированием избыточности вышеуказанных уровней сети можно разделить на группу протоколов, отвечающую за доступность сети связи, группу

протоколов, отвечающую за эффективность сети связи, группу протоколов, отвечающую за надежность доставки трафика.

К первой группе протоколов можно отнести такие как: LACP (*Link Aggregation Control Protocol*), PAgP (*Port Aggregation Protocol*), NMT (*Nortel MultiLink trunking*) Cisco *EtherChannel trunking*, *Adaptec's Duralink trunking* и т.д. Данные протоколы предназначены для объединения нескольких физических каналов в одну логическую магистраль. Главное преимущество агрегации каналов в том, что радикально повышается скорость – суммируется скорость всех используемых при объединении каналов. В случае отказа адаптера физического соединения трафик посылается следующему работающему адаптеру. Если же адаптер вновь начинает работать, то через него опять посылают данные [2]. Все вышеперечисленные протоколы являются динамическими, то есть автоматически настраивают резервные порты, в случае если один из портов в агрегированном канале выходит из строя. При этом если один из портов выходит из строя, агрегированный канал работает, оставаясь работоспособным до тех пор, пока есть хотя бы один работоспособный порт. Таким образом время сходимости сети связи при выходе из строя порта или канала при использовании данной группы протоколов (без учета других технологий применяемых для построения сети связи) стремится к нулю.

Ко второй группе протоколов можно отнести семейство протоколов FHRP (*First Hop Redundancy Protocol*): HSRP (*Hot Standby Router Protocol*), VRRP (*Virtual Router Redundancy Protocol*), GLBP (*Gateway Load Balancing*). Протоколы CARP (*Common Address Redundancy Protocol*), ERPS (*Ethernet Ring Protection Switching*), RRPP (*Rapid Ring Protection Protocol*), REP (*Resilient Ethernet Protocol*). При использовании данных протоколов автоматически нейтрализуется наличие так называемой критической точки, при прекращении функционирования которой не происходит восстановление ранее выполняемых функций сети связи. Такой критической точкой являются шлюзы сети. Работа одной части протоколов (семейства FHRP, CARP) основывается на объединении нескольких маршрутизаторов в пределах сегмента сети в один виртуальный маршрутизатор, имеющий свой виртуальный MAC адрес и свой виртуальный IP адрес. Путем автоматического проведения выборов на основе определённых приоритетов этих маршрутизаторов (величина ID, значение IP адреса маршрутизатора) выбирается один главный маршрутизатор (*master, active router*- у разных протоколов название данного элемента разные), который отвечает за отправку всех пакетов, отправленных на IP-адрес виртуального маршрутизатора. Также выбирается резервный маршрутизатор (*standby router, backup router*), который автоматически берет на себя функции главного маршрутизатора при выходе первого из строя. Остальные маршрутизаторы находятся в режиме «слушаю» (*listening*), при выходе из строя главного маршрутизатора один из них, имеющий больший приоритет среди прочих

становится резервным [3]. Работа другой части протоколов (ERPS, RRPP, REP) основывается на определении петли в кольцевых сегментах сети связи. Один из портов кольцевого сегмента сети связи всегда заблокирован. Заблокированный порт предотвращает появление петли в кольцевой топологии за счет того, что трафик в сегменте посылается в направлении только одного из граничных портов. В случае возникновения отказа в сегменте переводит ранее заблокированный порт в активное состояние, чтобы трафик мог достичь границы сегмента.

Время сходимости сети связи при использовании первой части этой группы протоколов рассчитывается из времени удержания состояния главного маршрутизатора. По истечении времени удержания происходит переключение на резервный маршрутизатор. По умолчанию это значение равно трем пропущенным пакетам приветствия от активного маршрутизатора к резервному маршрутизатору. Фактическое время сходимости зависит от конфигурации таймеров удержания и приветствия для группы и, возможно, от конвергенции протокола маршрутизации. Значение таймеров по умолчанию следующие:

1. *HSRP*: значение таймера приветствия 3 секунды, значение таймера удержания 10 секунд.
2. *VRRP*: значение таймера приветствия 1 секунда, значение таймера удержания 3 секунды.
3. *GLBP*: значение таймера приветствия 3 секунды, значение таймера удержания 10 секунд.
4. *CARP*: значение таймера приветствия 3 секунды, значение таймера удержания 10 секунд.

Время сходимости сети связи при использовании второй части этой группы протоколов имеет следующее значение: ERPS имеет не более 50 мс, RRPP – от 50 до 200 мс, REP – от 50 до 250 мс. Таким образом из рассмотренных в этой группе протоколов меньшим значением таймера удержания обладает протокол VRRP, что способствует по умолчанию более скорой сходимости сети при отказе одного из маршрутизаторов из объединенной группы и протокол ERPS, что способствует более скорой сходимости кольцевого сегмента сети.

К третьей группе протоколов относятся протоколы BFD (*Bidirectional Forwarding Detection*) и LSP ping, (*Label Switched Path ping*), предназначенные для постоянного мониторинга состояния пути *LSP*. Такой постоянный мониторинг требуется, например, в тех случаях, когда основной путь защищен резервным путем и необходим механизм перехода от основного пути на резервный при выходе из строя первого. В этом ключе протокол BFD имеет как преимущества, так и недостатки относительно протокола LSP ping. Так, например, протокол LSP Ping может быстро выявить отказ пути, однако обработка результатов конечным узлом пути довольно трудоемка. Протокол BFD в этом плане работает гораздо проще, чем LSP Ping.

Однако он не способен локализовать отказавший элемент сети, а только показывает, работоспособен некоторый путь LSP ping или нет. Протокол BFD практически не влияет на производительность CPU, поэтому интервал между обменом BFD пакетами элементов сети может быть сокращен до 50 мс. Так как обработка результатов мониторинга при использовании протокола LSP ping более ресурсозатратна в сравнении с протоколом BFD, то можно полагать, что протокол BFD способствует более скорой сходимости сети.

Таким образом добиться очень малого времени восстановления передачи данных сети связи после единичной аварии очень сложно. Несмотря на заявления некоторых производителей оборудования о поддержке требований по сходимости сети до 50 мс вне зависимости от сетевых технологий, рассмотренные в статье протоколы ставят под сомнения такие заявления [4]. И складывается впечатление, что такого результата если производители и добиваются от своих устройств, то только при введении их в некоторые граничные условия, а не при обычных каждодневных условиях функционирования сетей связи. Из анализа статьи видно, что современные пакетно-ориентированные сети связи не меньше, чем сети SDN и PDN оснащены механизмами предотвращения отказов сети связи. Рассмотренные протоколы представляют собой комплексный набор, способствующий существенному повышению отказоустойчивости сети связи.

Список используемых источников

1. **Компьютерные** сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В. Олифер, Н. Олифер. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2012. – 943 с. – ISBN 978-5-49807-389-7.
2. **Агрегирование** каналов [Электронный ресурс] / Н. Самойленко // Wikipedia, 2014 г. – Режим доступа: http://xgu.ru/wiki/link_aggregation (Дата обращения: 17.02.2015).
3. **Функции** и возможности протокола HSRP (Hot Standby Router Protocol) [Электронный ресурс] // Cisco Systems, 2010 г. – Режим доступа: http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92159_hsrpguidetoc.html (Дата обращения: 20.02.2015).
4. **Сходимость** сети 50 мс в IP/Ethernet, MPLS [Электронный ресурс] // Компания «МУВИКОМ», 2014 г. – Режим доступа: <http://www.muviacom.ru/> (Дата обращения: 10.02.2015).

УДК 654.027

А. В. Ануфренко, Д. В. Волков, А. К. Канаев

**ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ УЗЛА АГРЕГАЦИИ
МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ**

Проблема выбора необходимых протоколов для оптимизации функционирования сетей связи с точки зрения предоставления требуемого уровня качества обслуживания актуальна. Произведен анализ ряда протоколов, влияющих на доступность, эффективность, надежность передачи трафика на уровне агрегации сети связи.

уровень агрегации, сходимость сети, отказоустойчивость.

На сегодняшний день существует множество протоколов. И хотя все они участвуют в реализации связи, каждый протокол имеет различные цели, выполняет определенные задачи, обладает своими преимуществами и ограничениями. Набор сетевых протоколов для передачи данных, формирует стек протоколов, который в свою очередь так же имеет свои преимущества и ограничения. Так некоторые стеки протоколов обеспечивают надежные и проверенные средства обмена данными, но являются частными, что приводит к необходимости наличия специальных устройств и дополнительное обучение процедурам конфигурирования, управления и отладки. Другие стеки протоколов широко применяются во всем мире, но не удовлетворяют, к примеру пользователей сетей специального назначения, уровнем QoS.

Проблема подбора нужных протоколов для оптимального функционирования сети с точки зрения заданных требований пользователей этой сети актуальна. Актуальна она как для уровня доступа сети, так и для уровней агрегации и ядра сети. В данной статье речь пойдет об уровне агрегации сети.

Уровень агрегации является важным элементом сети и представляет собой – уровень архитектуры сети, выполняющий связующую функцию между уровнем доступа и уровнем ядра сети и функцию агрегации трафика абонентов [1]. Основное требование к этому уровню заключается в обеспечении резервирования и оптимальном разделении нагрузки между параллельными соединениями (как в сторону уровня доступа, так в сторону ядра сети).

Главными задачами уровня агрегации являются мониторинг и управление трафиком с разделением потоков по типам услуг и запросам пользователей. Топология сети уровня агрегации обычно предусматривает некоторую избыточность, которая позволяет резервировать каналы за счет реконфигурации сети. Для этого используется оборудование с повышен-

ной отказоустойчивостью, поддерживающее протоколы защитной коммутации. В небольших и средних операторских сетях магистральный уровень и уровень агрегации часто представлены вместе. Также уровень агрегации предназначен для подключения к операторской сети различных сервисных служб (файловых или игровых серверов, головных станций IPTV) и организация шлюзов к телефонным сетям. Правильно спроектированный уровень агрегации позволяет создавать распределенные сервисы, что обеспечивает уменьшение объема внутрисетевого трафика и большую надежность услуг.

Построение уровня агрегации сети может быть различным. При построении уровня агрегации решаются две задачи:

1. Выбор структуры уровня агрегации.
2. Выбор протоколов для функционирования уровня агрегации.

Как видно из рисунка существуют различные способы организации структуры уровня агрегации сети.

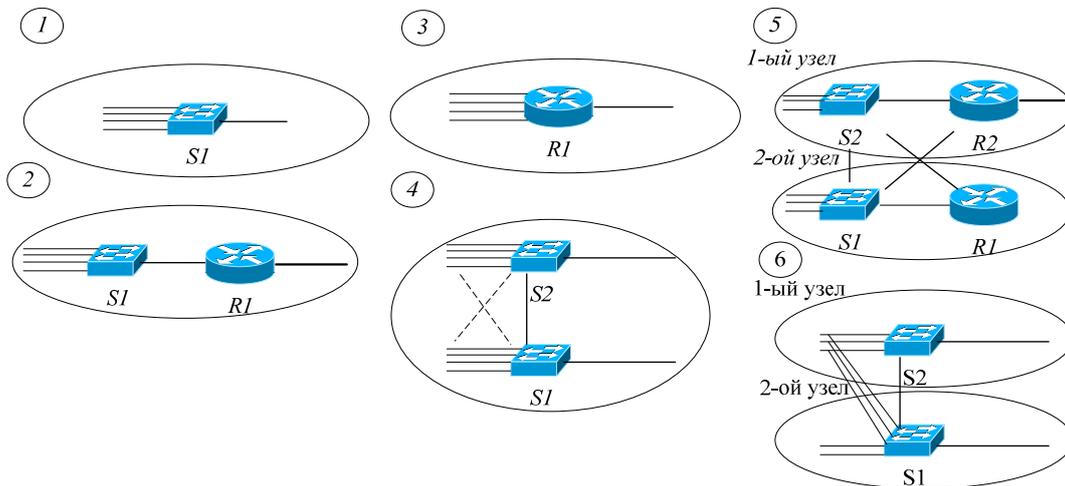


Рисунок. Структуры построения уровня агрегации сети

Так уровень агрегации может быть представлен:

- 1) одним коммутатором или несколькими резервирующими друг друга коммутаторами;
- 2) маршрутизатором;
- 3) коммутатором и маршрутизатором;
- 4) одним узлом или несколькими резервирующими друг друга узлами.

Какую структуру выбрать, нужно определять из учета сложившейся ситуации и конечной цели. Например, при реализации высокого уровня отказоустойчивости уровня агрегации наилучшими вариантами очевидно будут варианты 5 и 6 рисунка 1.

Второй немаловажной задачей является выбор необходимых протоколов для эффективного функционирования уровня агрегации. В этой связи хотелось бы акцентировать внимание на протоколах, определяющих спе-

цифику уровня агрегации сети и отвечающих за доступность уровня агрегации, его эффективность и надежность доставки проходящего через него трафика. Таким образом интересующие меня протоколы можно разбить на три группы:

- 1) группа протоколов, отвечающая за доступность уровня агрегации;
- 2) группа протоколов, отвечающая за эффективность уровня агрегации;
- 3) группа протоколов, отвечающая за надежность доставки трафика.

К первой группе протоколов можно отнести такие протоколы как HSRP (*Hot Standby Router Protocol*), VRRP (*Virtual Router Redundancy Protocol*), CORP (*Common Address Redundancy Protocol*), FHRP (*First Hop Redundancy Protocol*). Данные протоколы являются альтернативными сетевыми протоколами по отношению друг к другу. Их основной задачей является использование одного IP-адреса несколькими хостами в пределах сегмента сети. Таким образом косвенно увеличивается безопасность системы хостов и их надежность [2].

Протоколами второй рассматриваемой группы являются такие как LACP (*Link Aggregation Control Protocol*), PAgP (*Port Aggregation Protocol*), NMT (*Nortel MultiLink trunking*). Данные протоколы предназначены для объединения нескольких физических каналов в один логический в сетях. Агрегированные каналы используются как для повышения пропускной способности, так и повышения отказоустойчивости. Использование протоколов в некоторых случаях позволяет обнаружить поврежденный канал, который бы при использовании обычной статической агрегации обнаружен бы не был [3].

К третьей группе протоколов относятся протоколы BFD (*Bidirectional Forwarding Detection*) и LSP ping (*Label Switched Path ping*), предназначенные для постоянного мониторинга состояния пути LSP. Такой постоянный мониторинг требуется, например, в тех случаях, когда основной путь защищен резервным путем и необходим какой-то механизм, который, с одной стороны, может быстро выявить отказ пути, а с другой – не перегружает сеть тестовыми сообщениями и трудоемкими проверками.

На вопрос о том, какой из протоколов каждого рассмотренного уровня является лучшим, ответить достаточно сложно. Так, например, LACP и PAgP решают одни и те же задачи (с небольшими отличиями по возможностям). CARP является альтернативой протоколам VRRP и HSRP.

Протокол BFD имеет как преимущества, так и недостатки относительно протокола LSP ping. Так, например, протокол LSP Ping может быстро выявить отказ пути, однако обработка результатов конечным узлом пути довольно трудоемка. Протокол BFD в этом плане работает гораздо проще, чем LSP Ping. Однако он не способен локализовать отказавший элемент сети, а только показывает, работоспособен некоторый путь LSP или нет.

В таком случае можно акцентировать внимание на том, что часть из представленных протоколов, например, PAgP, HSRP, NMT являются проприетарными, то есть не описываемыми открытым стандартом, а это значит, что процесс их функционирования не до конца прозрачен и в некоторой степени поддается сомнению.

Таким образом предпочтение в выборе протоколов уровня агрегации сети в большей степени зависит от предпочтений при выборе производителя соответствующего телекоммуникационного оборудования во время построения уровня агрегации с точки зрения экономической обоснованности, наличия дополнительных необходимых функций, а также особенностей вышерассмотренных протоколов, которые в большей степени удовлетворяют конечной цели.

Список используемых источников

1. **Компьютерные** сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В. Олифер, Н. Олифер. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2012. – 943 с. – ISBN 978-5-49807-389-7.
2. **Описание** и настройка протоколов HSRP и VRRP [Электронный ресурс] // IP-NET4YOU, 2012 г. – Режим доступа: [http://www. http://ipnet4you.ru/articles/45-configuring-hsrp-vrrp](http://www.http://ipnet4you.ru/articles/45-configuring-hsrp-vrrp) (Дата обращения: 19.02.2015).
3. **Агрегирование** каналов [Электронный ресурс] // D-Link, 2014 г. – Режим доступа: <http://webdev.dlink.ru/technology/trank.php> (Дата обращения: 23.02.2015).

УДК 621.317

В. Б. Архангельский, М. А. Смолвик

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

В работе рассмотрен электрооптический эффект Погкельса, применяемый для измерения напряженности электрического поля и напряжения. Предложена схема измерения. Описана предложенная конструкция измерителя, а также представлены технические характеристики разработанного волоконно-оптического устройства.

эффект Погкельса, волоконно-оптические датчики, электроэнергетические измерительные системы.

Опико-электронные методы измерения напряжения

Постоянный рост энергопотребления и перегруженность энергосетей являются причиной возросшей необходимости обновления стареющей инфраструктуры электроэнергетической отрасли. Традиционные приборы

для измерения высоких напряжений имеют ряд недостатков по отношению к измерителям, основанным на оптико-электронных методах, разработка которых в настоящее время активно ведется в большинстве развитых стран [1, 2]. В основе этих методов лежит использование светового потока для измерения параметров высоковольтных объектов и оптического канала связи для передачи информации из зоны высокого потенциала.

Для измерения электрического напряжения применяют электрооптические эффекты, то есть эффекты, при которых проявляется влияние электрического поля на распространение света в веществе, находящемся в этом поле. Эффект Поккельса среди прочих вызывает особый интерес, так как он имеет линейную зависимость от величины напряженности поля. Кроме того, в силу широкого использования ячеек Поккельса в качестве электрооптических модуляторов, материалы для создания таких ячеек, а также их свойства хорошо изучены. Электрооптическим эффектом Поккельса называется изменение или возникновение двулучепреломления света в кристалле, пропорциональное приложенному электрическому полю. При этом разность показателей преломления необыкновенного и обыкновенного лучей пропорциональна первой степени напряженности электрического поля [3]:

$$n_2' \approx n_0 + \frac{1}{2} n_0^3 \gamma E, \quad n_1' \approx n_0 - \frac{1}{2} n_0^3 \gamma E,$$

где n_0 – показатель преломления при отсутствии эл. поля; γ – электрооптический коэффициент, E – напряженность приложенного поля.

Различают поперечный и продольный эффекты Поккельса. В первом случае световой поток в электрооптическом кристалле распространяется перпендикулярно силовым линиям измеряемого электрического поля, а во втором случае параллельно им. В обоих случаях под действием приложенного к электрооптическому кристаллу электрического поля появляется фазовый сдвиг между составляющими светового потока, поляризованными параллельно оптическим осям кристалла.

Для поперечного (δ_{\perp}) и продольного (δ_{\parallel}) электрооптических эффектов фазовый сдвиг можно выразить как:

$$\delta_{\perp} = \frac{\pi \cdot \gamma \cdot n_0^3 \cdot l \cdot E}{\lambda}, \quad \delta_{\parallel} = \frac{2\pi \cdot \gamma \cdot n_0^3 \cdot l \cdot E}{\lambda},$$

где l – длина кристалла в направлении распространения света, λ – длина волны света.

Создание волоконно-оптического преобразователя напряжения на эффекте Поккельса

Схема измерения напряжения волоконно-оптическим высоковольтным измерителем напряжения (ВОВИН) на эффекте Поккельса представ-

лена на рисунке 1. Общий принцип работы такого устройства заключается в следующем. Оптическое излучение от источника света модулируется и передается через подводящее оптическое волокно к чувствительному элементу. В нем под воздействием внешнего измеряемого электрического поля изменяются оптические параметры распространяющегося излучения. Оптическое излучение по отводящему оптическому волокну достигает схемы детектирования и обработки сигнала, состоящей из фотоприёмного устройства, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), цифрового устройства обработки и цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), которая демодулирует сигнал, оценивает величину изменения оптических параметров и вычисляет величину напряженности электрического поля. Полученная величина напряженности электрического поля пересчитывается, исходя из заранее известной картины распределения поля (определяется положением и конструкцией чувствительного элемента) в напряжение. Таким образом, формируется информационный выходной сигнал, несущий информацию об измеряемой датчиком величине.

Для измерения фазы оптического излучения используется интерферометрическая оптическая схема, состоящая из двух поляризаторов («поляризатор» и «анализатор», ориентированных собственными поляризационными осями под 90 градусов друг к другу), оптического волокна с сохранением поляризации, источника оптического излучения и зеркала, напыленного на торце чувствительного элемента. Многофункциональная интегрально-оптическая схема (МИОС) представляет собой кристалл ниобата лития $LiNbO_3$ с фазовым модулятором и сформированным в нем X-образным разветвителем [4]. При введении света в каналный волновод МИОС под углом 45 градусов к анизотропным осям возникают две ортогональные поляризационные моды, распространяющиеся по «быстрой» и «медленной» осям волновода с различной скоростью. Чувствительный элемент представляет собой интегрально-оптический каналный волновод, сформированный в кристалле ниобата лития ($LiNbO_3$) [5]. Таким образом, в электрооптическом кристалле, помещенном в измеряемое электрическое поле, согласно эффекту Поккельса, возникает двулучепреломление, которое изменяет разность фаз собственных поляризационных мод электрооптического кристалла, что приводит к изменению состояния поляризации на выходе кристалла и соответствующему изменению интенсивности света на выходе анализатора. После прохождения света через фарадеевский ротатор в прямом и обратном направлении плоскость поляризации поворачивается на 90 градусов, что приводит к смене поляризационных мод в ортогональных осях волокна: из «быстрой» в «медленную» и из «медленной» в «быструю». Тем самым, наличие в схеме фарадеевского ротатора позволяет скомпенсировать набег фаз между ортогональными интерферирующими поляризациями, возникающий по ходу распространения света

в схеме. Фотоприёмное устройство № 2 необходимо для настройки интерферометра и не используется в штатном режиме работы датчика.

Внешний вид и конструкция разработанного волоконно-оптического датчика напряжения представлены на рисунке 2.

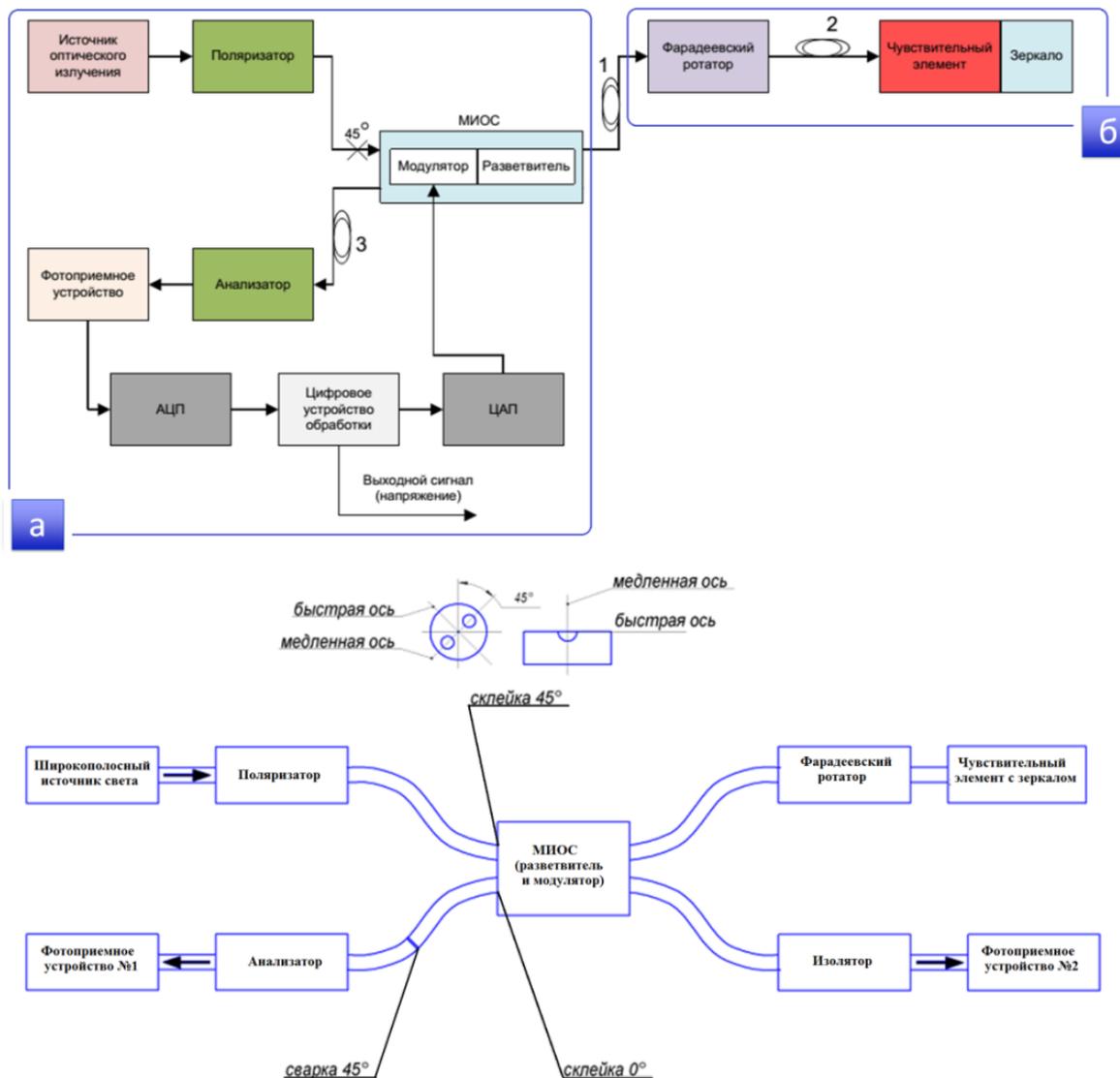


Рис. 1. Структурная схема измерения (сверху) и оптическая принципиальная схема (снизу) ВОВИН. МИОС – многофункциональная интегрально-оптическая схема

Конструктивно датчик состоит из высоковольтного электрооптического преобразователя (ВЭП) (рис. 1, 2 – б) и блока управления и обработки (БУО) (рис. 1, 2 – а), которые соединены волоконно-оптическим кабелем. Таким образом, в зоне высокого потенциала расположены только чувствительный элемент с зеркалом и фарадеевский ротатор (соответственно 1 и 2 на рис. 2). Однако фарадеевский ротатор установлен внутри земляного электрода специальной конструкции, поэтому он не подвержен влиянию электрического поля. Все остальные элементы схемы установлены в БУО, вдали от неблагоприятных условий, например, в помещении щитовой.

Конструкция ВЭП создает распределение электрического поля, исходя из которого, найденная величина напряженности поля пересчитывается в напряжение. Кроме того, такая конструкция позволяет использовать кристаллы, электрическая прочность которых не позволяет выдерживать номинального напряжения, приложенного непосредственно к ним. Для проведения высоковольтных испытаний номинальным переменным напряжением 330 кВ ВЭП был помещен в корпус трансформатора ТГФ-330 производства ОАО «Электроаппарат». Испытания показали, что ВОВИН не только измеряет величину переменного напряжения, но и передает форму сигнала измеряемого напряжения. Технические характеристики, представленного измерителя напряжения, сведены в таблицу.

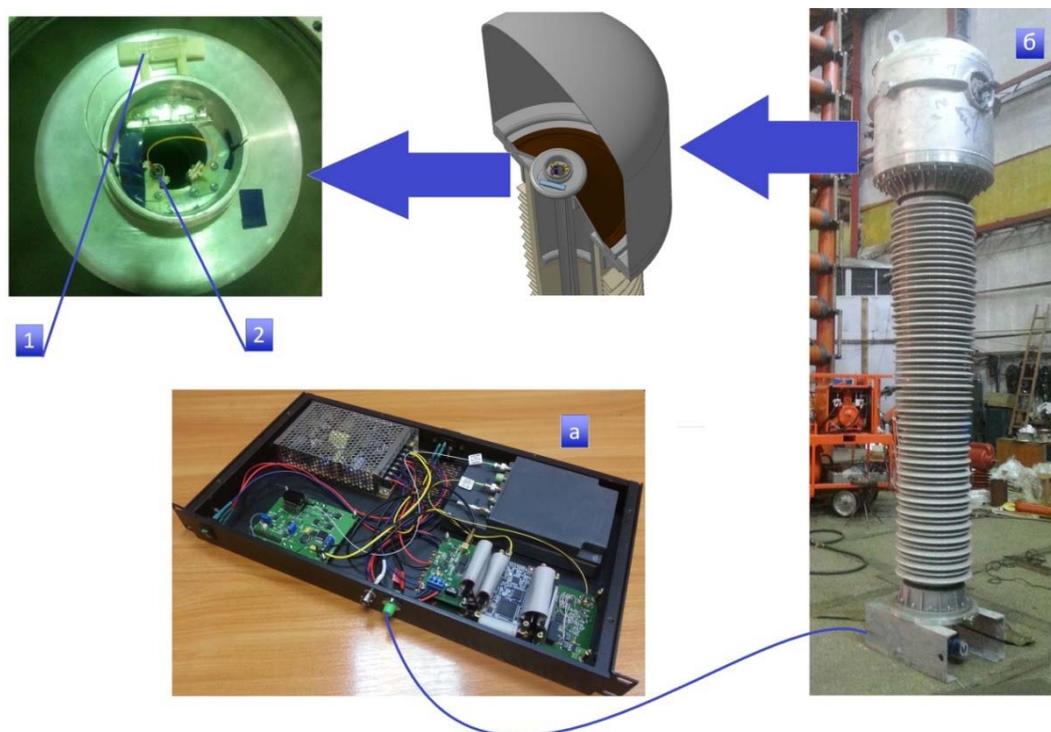


Рис. 2. Внешний вид и конструкция ВОВИН: а) блок управления и обработки (БУО); б) высоковольтный электрооптический преобразователь (ВЭП)

ТАБЛИЦА. Технические характеристики ВОВИН

Номинальные значения измеряемого напряжения, кВ	10 – 330
Погрешность измерения (относительная), %	1
Частотный диапазон, кГц	6 и выше
Количество анализируемых гармоник	100 и выше

Список используемых источников

1. **Применение** электрооптических методов измерений в волоконно-оптических датчиках высоких напряжений / М. А. Смоловик, Ф. А. Шуклин, А. Н. Никитенко,

А. С. Алейник, С. М. Аксарин, И. Г. Дейнека // II Всероссийский конгресс молодых ученых, ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, 9–12 апреля 2013 г. – С. 189-195.

2. **Application** of the Pockels Effect to High Voltage Measurement / F. Long, J. Zhang, C. Xie and Z. Yuan // Proc. Electronic Measurement and Instruments. – 2007. – PP. 4–495 – 4–499.

3. **Волоконно-оптические датчики** / Т. Окуси; пер. с япон. – Л. : Энергоатомиздат Ленингр. отд-ние, 1990. – 256 с.

4. **Исследование** поляризационных методов и технологий согласования волоконно-оптических и интегрально-оптических волноводов : дис. ... канд. физ.-мат. наук. 01.04.05: защищена 06.11.2014 : утв. 06.04.2015 / Аксарин Станислав Михайлович. – СПб., 2014. – 116 с.

5. **Исследование** пространственного распределения выходного оптического излучения полосковых волноводов, выполненных на основе ниобата лития // VIII Всероссийская межвузовская конференция молодых ученых, ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, 12–15 апреля 2011 г. – Вып. 2. – С. 71–72.

УДК 621.317

В. Б. Архангельский, М. А. Смолвик

МАГНИТООПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА И ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

В работе рассмотрены магнитооптические и электрооптические эффекты, применяемые для измерения тока и электрического напряжения. Предложены схемы измерения этих величин на основе эффектов Фарадея и электрогирации. Описаны предложенные конструкции измерителей, а также представлены технические характеристики разработанных оптико-электронных устройств.

эффект Фарадея, эффект электрогирации, оптические датчики, электроэнергетические измерительные системы.

Магнитооптические и электрооптические эффекты для измерения тока и напряжения

В последние годы в большинстве развитых стран идут интенсивные поиски и разработки новых методов измерения параметров энергетических объектов, при этом особое внимание уделяется оптико-электронным методам измерения. Основанные на них измерительные приборы имеют преимущества по отношению к традиционным электромагнитным трансформаторам тока и напряжения [1, 2]. Для измерения тока и напряжения применяют магнитооптические и электрооптические эффекты соответственно. Суть этих эффектов заключается во влиянии соответствующего

поля (магнитного или электрического) на свет, распространяющийся в веществе, которое находится в этом поле.

Для измерения токов и магнитных полей наибольшее распространение получила аппаратура, основанная на использовании эффекте Фарадея. Магнитооптическим эффектом Фарадея называется изменение кругового двулучепреломления вещества пропорциональное приложенному магнитному полю [3]. Эффект заключается в повороте плоскости поляризации линейно поляризованного света при распространении его через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле, при этом величина поворота плоскости поляризации:

$$\varphi = V \cdot l \cdot H ,$$

где V – постоянная Верде; l – длина пути света в веществе; H – напряженность магнитного поля.

Для измерения электрического напряжения можно использовать электрооптический эффект электрогирации. Эффектом электрогирации называется изменение кругового двулучепреломления света в кристалле пропорциональное приложенному электрическому полю и приводящее к изменению оптической активности кристалла [4]. При реализации эффекта электрогирации световой поток в кристалле распространяется вдоль оптической оси параллельно силовым линиям приложенного электрического поля. Под действием этого поля появляется фазовый сдвиг между составляющими светового потока, имеющими правую и левую круговые поляризации. Следовательно, наблюдается вращение плоскости поляризации светового потока. Величина угла поворота плоскости поляризации:

$$\varphi = \frac{\pi \cdot G \cdot l \cdot E}{\lambda \cdot n} ,$$

где G – постоянная электрогирации.

Как явление пространственной дисперсии эффект электрогирации отличается от эффекта Фарадея поведением приращения оптической активности, то есть при изменении направления света на противоположное, изменение оптической активности при эффекте Фарадея изменяет знак, а при эффекте электрогирации не изменяет.

Создание оптико-электронных измерительных преобразователей тока и напряжения

В силу схожести проявления описанных выше эффектов создание измерителей тока и напряжения на их основе представляет интерес, так как при разработке измерителей можно применять идентичные схемы, одинаковые электронные блоки и комплектующие изделия. Отличительной частью преобразователей являются лишь чувствительные элементы пер-

вичных измерительных преобразователей, их материалы и конструкция. Общая для датчика тока и напряжения схема измерения показана на рисунке 1. Световой поток светодиода, расположенного в зоне низкого потенциала, поступает по световоду в зону высокого потенциала, после поляризатора становится линейно поляризованным и распространяется в чувствительном элементе, где его плоскость поляризации поворачивается на угол пропорциональный измеряемой величине. После второго поляризатора, плоскость пропускания которого установлена под углом $\pi/4$, к плоскости пропускания первого поляризатора, изменения угла поворота преобразуются в пропорциональные изменения интенсивности светового потока. Модулированный по интенсивности световой поток по второму световоду возвращается в зону низкого потенциала и преобразуется фотодиодом в электрический сигнал. Усилитель фототока преобразует разность токов опорного источника и фотодиода в пропорциональное напряжение, а интегратор управляет током светодиода таким образом, чтобы постоянная составляющая выходного напряжения усилителя фототока была равна нулю. В результате обеспечивается равенство постоянной составляющей фототока току опорного источника, а переменная составляющая выходного напряжения будет равна:

$$U_{\approx} = I_0 \cdot R \cdot \sin 2\varphi ,$$

где I_0 – ток опорного источника, R – коэффициент преобразования усилителя фототока, φ – угол поворота плоскости поляризации света в чувствительном элементе.

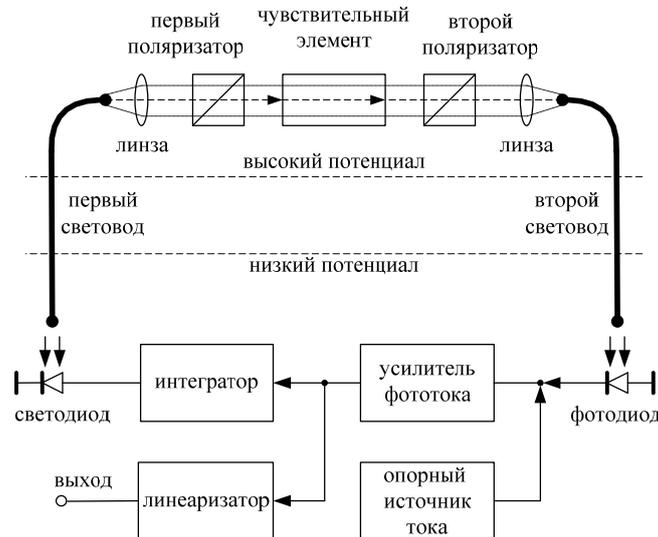


Рис. 3. Структурная схема измерительных преобразователей тока и напряжения

Так как выходное напряжение измерительного преобразователя пропорционально $\sin 2\varphi$, то при угле $\varphi > \pi/4$ появляется неоднозначность, которая определяет максимальное значение измеряемой величины. Из-за не-

линейной зависимости выходного напряжения от измеряемой величины возникает систематическая функциональная погрешность, которая может быть легко исключена использованием функционального преобразователя (линеаризатора) с передаточной функцией:

$$U_{вых} = \arcsin \frac{U}{I_0 \cdot R}.$$

Как говорилось выше, отличительной частью преобразователей тока и напряжения являются конструкция и материалы чувствительных элементов. На рисунке 2 представлены конструкции чувствительных элементов для каждого измерителя.

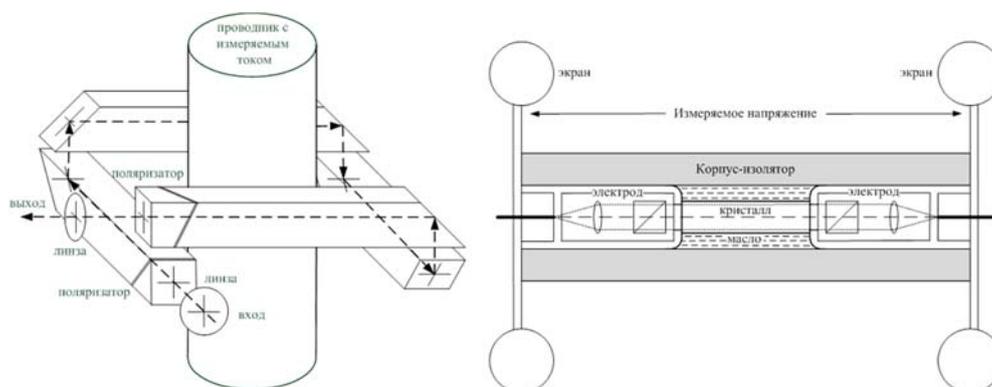


Рис. 4. Чувствительный элемент магнитооптического измерительного преобразователя тока (слева); чувствительный элемент электрооптического измерительного преобразователя напряжения (справа)

Разработанные оптические преобразователи тока и напряжения реализованы на объемных оптических элементах. В магнитооптическом измерительном преобразователе переменного тока чувствительным элементом являются четыре призмы, расположенные последовательно по ходу распространения света, выполненные из стандартного диамагнитного стекла ТФ-1 и образующие замкнутый контур вокруг проводника с измеряемым током. Важным достоинством диамагнетиков является отсутствие зависимости постоянной Верде от температуры. Такая конструкция обеспечивает точную реализацию замкнутого контура в плоскости перпендикулярной направлению протекания тока и измерение интегрального значения угла поворота плоскости поляризации света в чувствительном элементе, величина которого согласно закону полного тока, пропорциональна току I , пронизывающему этот контур:

$$\varphi = V \cdot \oint \vec{H} d\vec{l} = V \times I,$$

где V – постоянная Верде, H – вектор напряженности магнитного поля на элементе замкнутого контура, $d\vec{l}$ – элемент замкнутого контура.

В измерительном преобразователе переменного напряжения чувствительным элементом является центросимметричный кристалл молибдата натрия висмута $NaBi(MoO_4)_2$. Такая конструкция обеспечивает измерение интегрального значения угла поворота плоскости поляризации света в чувствительном элементе на промежутке между электродами, величина которого пропорциональна разности потенциалов этих электродов:

$$\varphi = G \cdot \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = G \times U,$$

где G – постоянная электрогирации кристалла, E – вектор напряженности электрического поля на элементе контура dl , U – разность потенциалов между электродами.

Влияние внешних электромагнитных полей уменьшается благодаря конструкции чувствительных элементов, реализующих закон полного тока и интеграл напряженности электрического поля от одного электрода до другого. Были проведены испытания разработанных преобразователей, результаты которых сведены в таблицу. Внешний вид измерителей представлен на рисунке 3.



Рис. 5. Внешний вид магнитооптического измерительного преобразователя тока на шине с током (слева) и электрооптического измерительного преобразователя напряжения (справа)

ТАБЛИЦА. Технические характеристики разработанных преобразователей

Номинальные значения измеряемого напряжения, кВ	35–110
Номинальные значения измеряемого тока, кА	5–100
Динамический диапазон	10^4
Погрешность измерения (амплитудная), %	0,2–0,5
Погрешность измерения (угловая), мин.	2

Список используемых источников

1. **Применение** электрооптических методов измерений в волоконно-оптических датчиках высоких напряжений / М. А. Смоленик, Ф. А. Шуклин, А. Н. Никитенко, А. С. Алейник, С. М. Аксарин, И. Г. Дейнека // Сборник трудов II Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2013. – С. 189–195.
2. **Оптические** датчики тока и напряжения / И. Абраменкова, И. Корнеев, Ю. Троицкий // Компоненты и технологии. – 2010. – № 8. – С. 60–63.
3. **Оптические** свойства металлов / А. В. Соколов. – М. : ГИФМЛ, 1961. – 464 с.
4. **Явление** пространственной дисперсии в параметрической кристаллооптике / О. Г. Влох. – Львов : Высшая школа, 1984. – 155 с.

УДК 004.056.52

В. В. Архипов, Н. Н. Васильев, В. А. Яковлев

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА И ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ
УСТОЙЧИВОГО К АТАКЕ ПОДСМАТРИВАНИЯ ПИН-КОДА**

Предложен способ ввода PIN-кода, обеспечивающий повышенную защищенность от атаки подсматривания. Разработан интерфейс ввода, адаптированный к банкоматам. Получены оценки защищенности способа к различным видам атак.

аутентификация, пароль, PIN-код, атака подсматривания.

На сегодняшний день PIN-коды для банковских карт, которыми пользуются многие люди, не защищены от атак подсматривания в общественных местах².

В работе исследуется метод аутентификации на основе PIN-кода, который обеспечивает повышенную защищенность от атак подсматривания. Разработан интерфейс для данного способа аутентификации и проведена оценка стойкости метода к различным видам атак.

Защищенный от атаки подсматривания PIN-код строится на основе таблицы соответствия, в которой каждому символу PIN-кода ставится в соответствие некоторое множество (блок) символов ввода (рис. 1), где P_i – символы PIN-кода (числа 0, 1, ..., 9), α_{11} – символы ввода (числа, буквы, пиктограммы и пр.). Пользователь вместо парольного символа P_i вводит один из вводных α_{ij} блока K_i символов ввода. Таблица соответствия строится следующим образом.

² Pass-Image Authentication Method Tolerant to random and Video-Recording Attacks / Y. Hirakawa, M. Take, K. Ohzeki // International Journal of Computer Science and Applications. – 2011. – PP. 767–773.

P_1	$K_1 = \{\alpha_{11}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{1k}\}$
P_2	$K_2 = \{\alpha_{21}, \alpha_{22}, \dots, \alpha_{2k}\}$
...	...
P_n	$K_n = \{\alpha_{n1}, \alpha_{n2}, \dots, \alpha_{nk}\}$

Рис. 1. Таблица соответствия для PIN-кода

Символ ввода в каждом блоке K_i выбирается из множества V случайно и равновероятно без возвращения. Каждый символ встречается в таблице ровно в s блоках. Далее в работе исследуются PIN-коды для трех таблиц соответствия:

- первая таблица – 10 паролным символам ставится в соответствие 10 блоков по 3 вводных символа;
- вторая таблица – 10 паролным символам ставится в соответствие 10 блоков по 4 вводных символа. Парольные и вводные символы в обеих таблицах – числа от 0 до 9, что соответствует обычному PIN-коду;
- третья таблица – 16 паролным символам ставится в соответствие 16 блоков по 4 вводных символа (используя числа от 0 до 16).

Для реализации данного способа аутентификации разработан интерфейс ввода PIN-кода, адаптированный для применения в банкоматах. Главное окно ввода PIN-кода показано на рисунке 2.

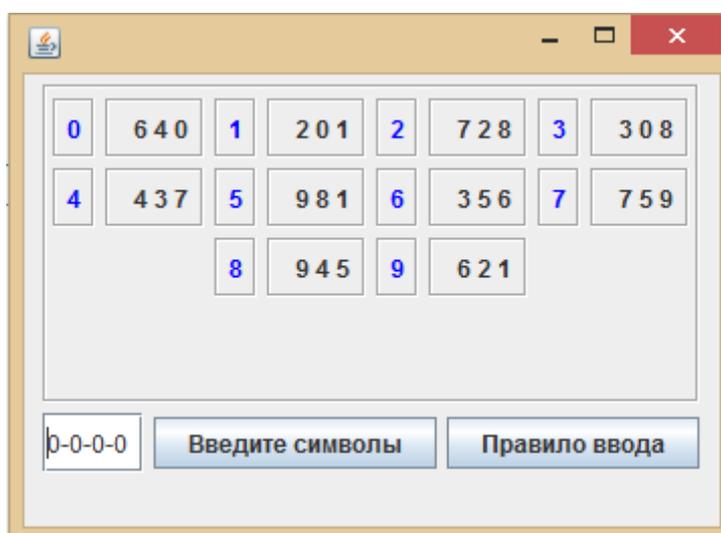


Рис. 2. Главное окно ввода PIN-кода с защитой от подсматривания

Интерфейс разработан на языке программирования Java, с использованием класса `JFrame` для создания окна приложения. В окне отображаются парольные символы и соответствующие им вводные символы. В зависимости от длины блока и количества парольных символов создается

двумерный массив ($mass[i][j]$), который заполняется вводными символами, так чтобы не повторялись одинаковые символы в блоке.

Создается также одномерный массив ($pin[i]$), в котором хранятся парольные символы, то есть PIN код. Для того чтобы правильно пройти аутентификацию, вводятся вводные символы соответствующих блоков, после ввода этих символов сравнивается парольный блок ($mass[pin[i]][j]$) с введенным символом, если все введенные символы будут верны в соответствии с парольным блоком, то аутентификация пройдет успешно.

Проведем оценки стойкости данного способа аутентификации к различным атакам.

Атака угадывания – атака, в ходе которой нарушитель угадывает пароль.

Вероятность угадывания пароля при равновероятном и случайном выборе парольных символов.

$$P(\text{угадывания пароля}) = \left(\frac{1}{N}\right)^n,$$

где n – длина пароля, N – алфавит парольных символов.

Атака подбора – атака, в ходе которой нарушитель подбирает (находит) вводный символ, зная таблицу соответствия. Правильный ввод всех вводных символов равносителен прохождению аутентификации. Однако пароль при этом остается для нарушителя не известным.

Так как по условию построения вводной таблицы каждый вводный символ содержится в s блоках, а каждый блок соответствует парольному символу, то при выборе одного вводного символа будут определяться, как парольные, s символов из n . Поэтому вероятность правильного подбора парольного символа будет $P_{\text{подб}} = \frac{s}{n}$.

Атака подсматривания. Злоумышленник регистрирует одну или несколько реализаций процедур ввода, т. е. он знает для каждой реализации таблицу ввода и символ, введенный в каждой процедуре. После реализации атаки подсматривания злоумышленник может проводить атаку угадывания или атаку подбора. Так как после подсматривания вводного символа будут определены s парольных символов, то вероятность успеха в атаке угадывания:

$$P_{\text{угад}}(1 \text{ подсматривание}) = \frac{1}{s}.$$

Для осуществления атаки подбора злоумышленник генерирует таблицу ввода и выделяет в ней s блоков K_i , соответствующих возможным парольным символам, найденным после подсматривания. Далее он ищет в этих блоках совпадающие вводные символы. Обозначим их количество через t . Если окажется, что $t = s$, то $P_{\text{подб}} = 1$, если $t = 1$, $P_{\text{подб}} = 1/s$. Если же $1 < t < s$, то вероятность подбора будет зависеть от сочетания совпадающих символов в блоках, выделенных после подсматривания. Например, если

$s = 3$ и $t = 2$, то могут быть сочетания пар блоков: 1,2; 2,3; 1,3. Так как парольный символ соответствует только одному блоку, то успех в атаке подбора дадут только две пары из трех. На самом деле могут появляться одновременно сочетания несколько пар блоков, например, 1,2 и 2,3 или сочетания трех пар блоков 1,2 и 1,3 и 2,3. Часть из этих сочетаний при подборе приводит к правильной аутентификации, часть нет. Оценка вероятности для атаки подбора после подсматривания может быть записана как:

$$P^{(1)}(\text{подб}) = \sum_{t=1}^s \frac{P(t/s)}{s-t+1},$$

где $P(t/s)$ – вероятность появления t одинаковых символов в s блоках.

Для оценки количества удачных сочетаний для атаки подбора целесообразно использовать моделирование.

Результаты оценки устойчивости PIN- кода к различным видам атак для первой таблицы соответствия представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Характеристики PIN кода с защитой от атаки подсматривания

Количество подсматриваний	Параметры таблицы соответствия: $N = 10$ – объем алфавита парольных символов; длина пароля 1, $k = 3$ – длина блока вводных символов, $s = 3$ – количество повторений вводного символа в блоках, $v = 10$ – объем алфавита вводных символов.			
	0	$P_{\text{подб}}^0 = \frac{s}{N}$	0,3	
	$P_{\text{угад}}^0$	0,1		
1	$P_{\text{угад}}^1 = \frac{1}{s}$	0,33		
	Совпадения t символов ввода в s блоках после подсматривания	$t = 1$	$t^* = 2$	$t = 3$
	$P_{\text{подб}}^1(t/s)$ – вероятность появления t символов	0,032	0,670	0,082
	$P_{\text{подб}}^1(\text{подб. после 1 подсмат.})$	0,428		
2	Кол-во совпадающих блоков после 1 и 2 подсматриваний	$s' = 1$	$s' = 2$	$s' = 3$
	$P(s')$ – вероятность совпадений s' блоков	0,583	0,389	0,026
	$P_{\text{угад}}^2(\text{при } s' \text{ пересек. блоков}) = \frac{1}{s'}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
	$P_{\text{угад}}^2(\text{после 2 подсмат.})$	0,786		
	Совпадения t символов ввода в $s' = 2$ блоках после 2-го подсматривания	$t = 1$	$t = 2$	

Количество подсматриваний	Параметры таблицы соответствия: $N = 10$ – объем алфавита парольных символов; длина пароля 1, $k = 3$ – длина блока вводных символов, $s = 3$ – количество повторений вводного символа в блоках, $v = 10$ – объем алфавита вводных символов.		
	$P_{\text{подб}}^2(t/s')$ – вероятность совпадения t символов	0,440	0,560
	$P_{\text{подб}}^2$ (подб. после 2 подсмат. для $s' = 2$)	0,780	
	$P_{\text{подб}}^2$ (подб. после 2 подсмат. для $s' = 3$)	0,428	(также как при 1 – м подсматривании)
	$P_{\text{подб}}^2$ (после 2 подсмат.)	0,895	

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики устойчивых к подсматриванию ПИН-кодов для трех таблиц соответствия приведенных выше.

ТАБЛИЦА 2. Сравнительная характеристика ПИН-кодов

Обычный ПИН-код	Устойчивый к подсматриванию ПИН код $N = 10$; $k = 3$; $s = 3$; $v = 10$	Устойчивый к подсматриванию ПИН код $N = 10$; $k = 4$; $s = 4$; $v = 10$	Устойчивый к подсматриванию ПИН код $N = 16$; $k = 4$; $s = 4$; $v = 16$
$P_{\text{угад}}^0 = 0.1$	$P_{\text{угад}}^0 = 0.1$ $P_{\text{подб}}^0 = 0.3$	$P_{\text{угад}}^0 = 0.1$ $P_{\text{подб}}^0 = 0.4$	$P_{\text{угад}}^0 = 0.062$ $P_{\text{подб}}^0 = 0.25$
$P_{\text{угад}}^1 = 1$	$P_{\text{угад}}^1 = 0.33$ $P_{\text{подб}}^1 = 0,428$	$P_{\text{угад}}^1 = 0.25$ $P_{\text{подб}}^1 = 0,581$	$P_{\text{угад}}^1 = 0.25$ $P_{\text{подб}}^1 = 0,547$
$P_{\text{угад}}^2 = 1$	$P_{\text{угад}}^2 = 0,786$ $P_{\text{подб}}^2 = 0,895$	$P_{\text{угад}}^2 = 0,580$ $P_{\text{подб}}^2 = 0,882$	$P_{\text{угад}}^2 = 0,727$ $P_{\text{подб}}^2 = 0,871$

Анализ таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы. При однократном подсматривании предложенные ПИН-коды имеют повышенную защищенность к атакам угадывания и подбора. Вероятность подбора после подсматривания уменьшается с увеличением длины блока k . В отсутствие подсматривания защищенность предложенных кодов ПИН-кодов к атаке угадывания ниже, чем у обычного ПИН-кода, поэтому для уменьшения этих вероятностей целесообразно увеличивать объем алфавита парольных и вводных символов. Следует отметить, что атака подбора после подсматривания более эффективна, чем атака угадывания. Целесообразно организационно-техническими мерами ограничить количество попыток подбора. Достоинство способа также в том, что он не изменяет привычного для людей вида пароля, меняется только способ его ввода, что может быть обеспечено четкими инструкциями для пользователей в самом устройстве ввода.

УДК 004.056.52

В. В. Архипов, В. А. Яковлев

**МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПАРОЛИРОВАНИЯ,
УСТОЙЧИВЫХ К АТАКЕ ПОДСМАТРИВАНИЯ**

Предлагается обобщенный подход к построению систем паролирования, устойчивых к атакам подсматривания на основе сопоставления каждому паролю символу подмножества вводных символов. Использование такого подхода позволило провести классификацию известных схем паролирования. Предложены варианты построения подмножества вводных символов на основе таблицы соответствия. Получены оценки стойкости системы паролирования к различным видам атак для случайной структурированной таблицы соответствия парольных и вводных символов.

аутентификация, паролирование, графический пароль, атака подсматривания, не подсматриваемый пароль.

Системы аутентификации пользователей на основе паролирования остаются востребованными в разных областях информационных технологий, несмотря на распространение аутентифицирующих устройств и биометрических методов. В последнее время получили развитие системы паролирования на основе графических паролей, которые легче запоминаются и имеют большую эффективную длину пароля по сравнению с буквенно-цифровыми паролями. Некоторые новые системы графического паролирования имеют повышенную устойчивость к атакам подсматривания пароля (*shoulder-surfing resistant password*). Разработано достаточно много таких систем [1], в том числе пароль «Шахматы», предложенных авторами данной работы [2, 3]. Несмотря на многообразие методов построения паролей, устойчивых к атаке подсматривания, отсутствует общая методология, объединяющая эти методы. Разработке такой методологии и посвящена данная работа.

Введем ряд понятий и определений.

Пусть \mathbf{P} – множество парольных символов (цифры, буквы, картинки, знаки и прочие символы, которые могут быть отображены на дисплее), n – мощность множества парольных символов, а N – количество символов в пароле. Паролем назовем цепочку, составленную из символов множества \mathbf{P} , выбранных случайным образом или согласно какому-либо алгоритму

$$\overline{PW} = p_1, p_2, \dots, p_N, \quad p_i \in \mathbf{P}.$$

Множество V (цифры, буквы, картинки, знаки и прочие символы, которые могут быть отображены на дисплее) назовем множеством символов ввода. $|V|$ – мощность множества символов ввода.

Обозначим K_i – блок ($i = 1, 2, \dots, s$), составленный из k символов ввода $k_i \in V$.

Для того, чтобы обеспечить защиту от атаки подсматривания при вводе пароля PW , его следует «замаскировать», отобразив на экране один или несколько блоков K_i , состоящих из символов ввода.

Возможны два подхода к построению блоков K_i . В первом случае, каждому символу пароля, независимо от других символов, ставится в соответствие блок вводных символов.

$$\begin{array}{ccccccc} PW & = & p_1 & p_2 & \dots & p_N \\ & & \downarrow & \downarrow & & \downarrow \\ & & K_1 & K_2 & \dots & K_N \end{array}$$

Пользователь при вводе пароля должен взглядом определить на дисплее нужный блок и ввести произвольный символ из него. Эта процедура может быть повторена несколько раз. Предполагая, что вводные символы в блоках повторяются, у злоумышленника создается неопределенность при осуществлении атаки подсматривания.

Суть второго подхода заключается в том, что всему паролю ставится в соответствие блок вводных символов: $\overline{PW} \rightarrow K$. Этот блок имеет, как правило, графический вид: рисунок, набор пиктограмм и пр. поэтому такие пароли называются не подсматриваемыми графическими паролями (НГП). Пользователю необходимо взглядом определить на дисплее нужный блок K и ввести один из его символов. Эта процедура может быть повторена несколько раз. Исходя из этих принципа, можно предложить классификацию не подсматриваемых графических паролей, представленную на рисунке, с указанием источников, в которых предложены эти способы.

Рассмотрим далее построение не подсматриваемого пароля на основе таблицы соответствия парольных и вводных символов, который имеет относительную простоту, объясняющую принцип построения пароля, устойчивого к атаке подсматривания, и в тоже время достаточную общность, поскольку он применим не только к графическим, но и буквенно-цифровым паролям.

Блоки K_i таблицы соответствия могут быть сформированы либо на основе случайного заполнения каждого блока символами из множества V , либо на основе процедуры регулярного построения блоков K , отвечающей определенным условиям. В случае случайного заполнения таблица имеет вид.

ТАБЛИЦА. Значение K при случайном заполнении

Парольные символы	Блоки K_i
P_1	$\alpha_{11} \alpha_{12} \dots \alpha_{1k}$
P_2	$\alpha_{21} \alpha_{22} \dots \alpha_{2k}$
--	-----
P_n	$\alpha_{n1} \alpha_{n2} \dots \alpha_{nk}$



Рисунок. Классификация систем паролирования, устойчивых к подсматриваниям

Каждый блок K_i представляет собой подмножество, полученное путем случайного и равновероятного выбора k символов из множества V .

Для нашего исследования наибольший интерес будут представлять блоки K_i с неповторяющимися в них символами, т.е. в блоке символы не повторяются, а в разных блоках повторяются s раз. Назовем такую таблицу структурированной.

Другим способом построения таблицы соответствия является комбинаторная конструкция типа «несбалансированная блок-схема» (НСБС). Эта конструкция строится следующим образом: из элементов множества V , состоящего из v элементов составляются блоки по k элементов, удовлетворяющие следующему свойству: любое t -подмножество из V точно содержится в λ -блоках. Такая конструкция называется $t(v, k, \lambda)$ -схемой.

Очевидно, что вводный блок может быть выбран как блок $t(v, k, \lambda)$ -схемы. Параметры схемы с одной стороны должны обеспечивать требуемые характеристики пароля, в первую очередь его стойкость, а с другой стороны удовлетворять требованиям существования t -схемы.

Еще одним способом построения таблицы соответствия может быть использование для построения блоков K_i q -х кодов Рида-Соломона.

Перейдем далее к оценке устойчивости пароля на основе структурированной таблицы к различным видам атак.

Атака угадывания. Атака, в ходе которой нарушитель угадывает парольный символ или весь пароль.

Вероятность угадывания парольного символа или пароля – вероятность успешной реализации атаки угадывания при равновероятном и случайном выборе парольных символов.

$$P(PW_i) = \frac{1}{n}, \quad P(\overline{PW}) = \left(\frac{1}{n}\right)^N.$$

Атака подбора. Нарушитель начинает процедуру аутентификации, получает доступ к таблице вводных символов, т. е. он знает все блоки K_i $i = 1, 2, \dots, n$ и подбирает вводимый символ. При этом разрешается ограниченное количество попыток ввода парольных символов. Правильное определение вводного символа дает возможность нарушителю перейти к вводу следующего ввода символа. Правильный ввод всех вводных символов равносителен прохождению аутентификации. Однако пароль при этом остается для нарушителя неизвестным.

Так как по условию построения вводной таблицы каждый вводный символ содержится в s блоках, а каждый блок соответствует парольному символу, то при выборе одного вводного символа будут определяться, как парольные, сразу s символов из n . Поэтому вероятность правильного подбора парольного символа будет $P_{\text{подб}} = \frac{s}{n}$.

Атака подсматривания. Злоумышленник регистрирует одну или несколько реализаций процедур ввода, т. е. он знает для каждой реализации таблицу ввода и символ, введенный в каждой процедуре.

После реализации атаки подсматривания злоумышленник может проводить атаку угадывания или атаку подбора после подсматривания.

Так как после подсматривания вводного символа будут определены s парольных символов, то вероятность успеха:

$$P_{\text{угад}}(1 \text{ подсматривание}) = \frac{1}{s}.$$

Объединяя результаты оценок вероятностей угадывания и подбора, сформулируем следующее утверждение.

Утверждение 1

$$P_{\text{взлома}} = P_{\text{подб}} P_{\text{угад}}(1 \text{ подсматривание}) = \frac{s}{n} \frac{1}{s} = \frac{1}{n}. \quad (1)$$

Предположим, что мы хотим уравнять шансы злоумышленника в атаке подбора и подсматривания (1). Тогда можно положить

$P_{\text{подб}} = P_{\text{угад}}(1\text{-подсматр.})$ или $\frac{s}{n} = \frac{1}{s}$. Откуда следует, что $s = \sqrt{n}$.

Таким образом, если выбрать количество повторений одного символа в равных блоках равными \sqrt{n} , где n общее количество парольных символов, шансы успеха для атаки подбора и однократного подсматривания будут равными.

Рассмотрим далее атаку подбора после первого подсматривания. После подсматривания злоумышленник знает s возможных парольных символов из n символов ($s < n$). Далее он может осуществить атаку подбора следующим образом. Злоумышленник генерирует таблицу ввода и выделяет в ней s блоков K_i , соответствующих возможным парольным символам, найденным после подсматривания. Далее он ищет в этих блоках совпадающие вводные символы. Обозначим их количество через t .

Если окажется $t = s$, то $P_{\text{подб}}(\text{после } 1 \text{ подсматривания}) = 1$,
если $t < s$, то $P_{\text{подб}}(\text{после } 1 \text{ подсматривания})$

может быть найдена из соотношения:

$$P^{(1)}(\text{подб}) = \sum_{t=1}^s P(\text{подб}/t)P(t/s), \quad (2)$$

где $P(t/s)$ – условная вероятность появления t одинаковых символов в s блоках,

$$P(\text{подб}/t) = \frac{1}{s-t+1}, \quad (3)$$

условная вероятность правильного подбора при t совпадающих символах в s блоках. Объединяя (3) и (4) получаем

$$P^{(1)}(\text{подб}) = \sum_{t=1}^s \frac{P(t/s)}{s-t+1}. \quad (4)$$

Для вероятностей атак подбора и угадывания после подсматривания справедливо следующее утверждение.

Утверждение 2

$$P^{(1)}(\text{подб}) \geq P^{(1)}(\text{угадыв}).$$

Доказательство.

Если $t = 1$, то $P(\text{подб}/t = 1) = 1/s = P(\text{угад})$, в остальных случаях $P(\text{подб}/t) > 1/s$.

После второго подсматривания нарушитель получает также s блоков, которые имеют s' пересечений с блоками от первого подсматривания $1 \leq s' \leq s$. Только эти блоки соответствуют парольным символам. Очевидно, что

$$P^{(2)}(\text{угад}) = \sum_{s'=1}^s P(\text{угадыв}/s')P(s'),$$

где $P(\text{угадыв}/s') = \frac{1}{s'}$ – вероятность правильного угадывания парольного символа при условии совпадения s' блоков во втором и первом подсматриваниях: $P(s')$ – вероятность совпадения s' блоков во втором и первом подсматриваниях.

Для оценки вероятности побора после второго подсматривания могут быть использованы соотношения (4). При этом следует под s понимать число блоков в пересечении блоков после каждого подсматривания.

Методика оценки устойчивости пароля для третьего и последующих подсматриваний аналогична.

Видим, что при использовании для паролирования таблицы соответствия, вероятность угадывания пароля злоумышленником после атаки подсматривания уменьшается по сравнению с обычным способом паролирования. Однако атака подбора после подсматривания может быть более эффективной, чем атака угадывания.

Список используемых источников

1. **Security Notions and Advanced Method for Human Shoulder-surfing Resistant PIN-Entry** / L. Mun-Kyu // IEEE Transaction on Information Forensics and Security. – 2014. – Vol. 9, No. 4. – PP. 695–708.

2. **Аутентификация** пользователей на основе устойчивого к подсматриваниям графического пароля «Шахматы» / В. А. Яковлев, В. В. Архипов // Информационная безопасность. Компьютерные системы. – 2014. – № 1. – С. 25–35.

3. **Заявка 2013122262/08 Российская Федерация, МПК G 06 F 21/31 (2013.01), G 06 F 12/14 (2006.01)**. Способ аутентификации пользователей с защитой от подсматривания / Архипов В. В., Яковлев В. А. (РФ); пат. Поверенный Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»; приоритет 14.05.2013 (РФ). – 2 с.

4. **ColorPIN: Securing PIN Entry through Indirect Input** / A. D. Luca, K. Hertzschyck, H. Hussmann // Proc. CHI, Atlanta, GA, USA, April 10–15, 2010. – PP. 1103–1106.

5. **The phone lock: Audio and haptic shoulder-surfing resistant PIN entry methods for mobile devices** / A. Bianchi, I. Oakley, V. Kostakos, D.-S. Kwon // Fifth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI, 11), Funchal, Portugal, January 23–26, 2011. – PP. 197–200.

6. **Counting clicks and beeps: Exploring numerously based haptic and audio PIN entry** / B. Bianchi, I. Oakley, D.-S. Kwon // Interact. Comput. – 2012. – Vol. 24, No. 5. – PP. 409–412.

7. **Graphical passwords** / L. Sobrado, J. C. Birget // The Rutgers Scholar. – 2003. – Vol. 4. – PP. 152–158.

8. **Аутентификация** методом динамического графического пароля А. Ж. Абденов, С. А. Голяков // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2013. – № 2. – С. 78–84.

УДК 681.2.08

А. В. Астахов, А. А. Долгобородов

СХЕМОТЕХНИКА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ВОДОРОДА

Рассмотрена схемотехника волоконно-оптических датчиков водорода. Приведен расчет измерительных характеристик мостового датчика. Показано, что датчик регистрирует водород с необходимым динамическим диапазоном выходного сигнала в области концентраций ниже порога взрываемости.

волоконно-оптический датчик, водород, палладий, порог взрываемости.

Общеизвестные достоинства волоконно-оптических датчиков (ВОД) обеспечили им достойное место и широкое применение в различных областях промышленности и техники. Наиболее известные и распространенные ВОД тока, напряжения, температуры, угловой скорости вращения хорошо исследованы и многократно описаны в научной и технической литературе. ВОД газового состава на этом фоне долгое время оставались в тени и исследованы менее полно. Отчасти это объясняется принципиальными сложностями, связанными с попытками построить такие ВОД по традиционной схеме с детектированием селективного спектрального поглощения оптического излучения в проточной газовой ячейке (рис. 1).

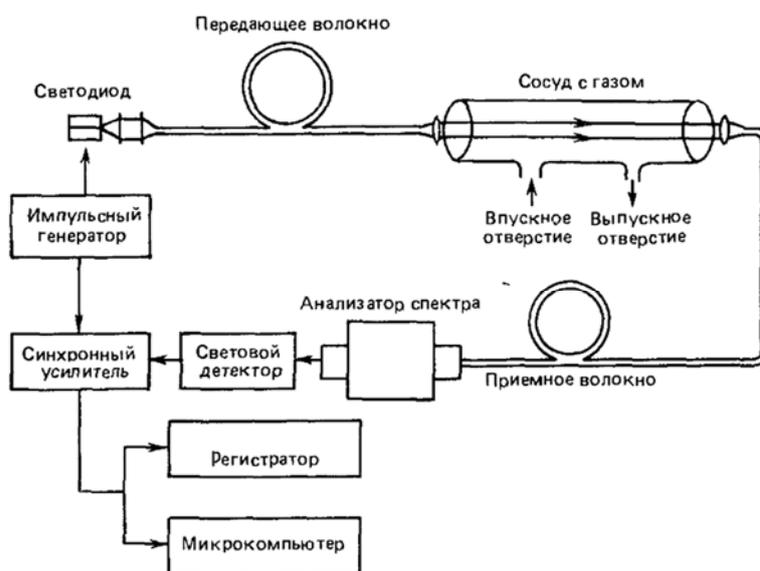


Рис. 1. Волоконно-оптический датчик проточного типа

Большинство промышленно используемых газов не имеет достаточно сильных полос поглощения в видимом и ближнем инфракрасном диапазо-

нах спектра, а УФ и дальний ИК участки не обеспечены излучателями, фотоприёмниками и волокнами со сколько-нибудь приемлемыми характеристиками. Однако проблема с мониторингом газового состава в технологических процессах настоятельно требует разработки ВОД такого типа.

Особое место в этом ряду занимают ВОД водорода, так как водород очень широко используется в химической промышленности, электротехнике, космонавтике, а смесь водорода с воздухом взрывается при концентрации водорода выше 5 %.

Анализ научно – технической литературы показал, что наиболее перспективной технологией для разработки ВОД водорода является использование специфических особенностей взаимодействия газообразного водорода с металлическим палладием. При этом возможны различные варианты построения оптических схем ВОД водорода (рис. 2).

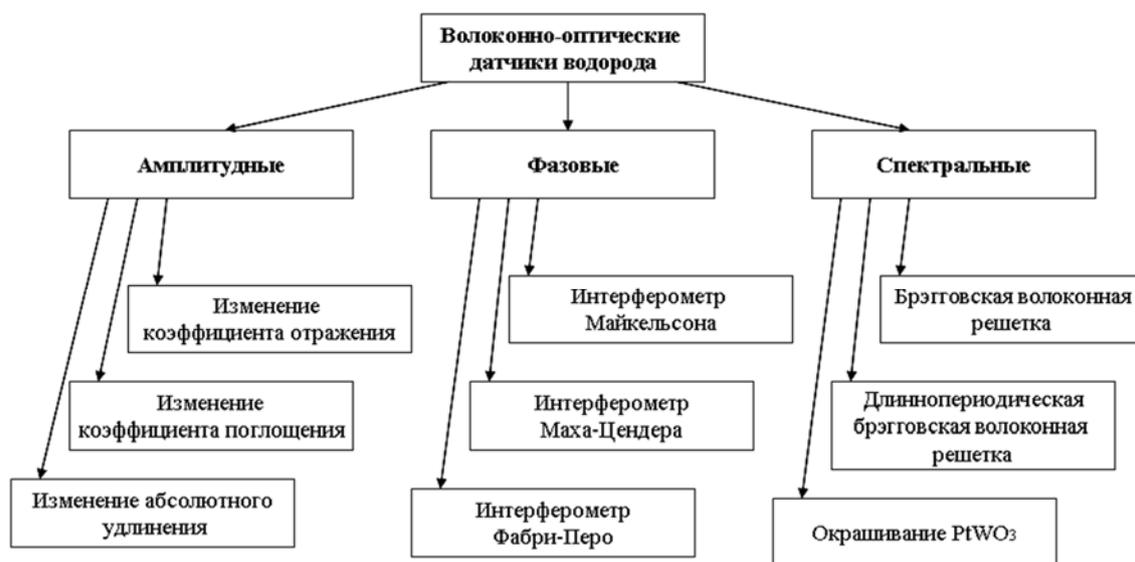


Рис. 2. Варианты построения ВОД водорода

Работа всех ВОД этого типа основана на поглощении газообразного водорода металлическим палладием. Внутри палладия происходит диссоциация молекул водорода и образование гидроксида палладия. Этот процесс сопровождается «разбуханием» палладия, появлением внутренних напряжений, увеличением постоянной кристаллической решётки, изменением диэлектрической проницаемости, уменьшением показателя преломления и показателя поглощения, изменением оптических (коэффициент отражения) и механических (размеры) свойств палладиевых элементов. Все эти изменения могут быть использованы для воздействия на излучение, проходящее по оптическому волокну.

Одна из возможных схем датчика водорода построена на анализе изменения длины чувствительного элемента (палладиевой мембраны) при поглощении ею водорода. При этом для усиления этого эффекта используется мостовая схема – измеряется вертикальный прогиб мембраны,

который нелинейным образом зависит от абсолютного удлинения мембраны. Мембрана при этом приобретает форму параболы, параметры которой описываются соотношением³:

$$s = 2 \times \left(\frac{\sqrt{b^2 + 4 \times h^2}}{2} + \frac{b^2 \times \ln \left(\frac{2 \times h + \sqrt{b^2 + 4 \times h^2}}{b} \right)}{4 \times h} \right),$$

где b – половина длины паза, h – высота моста, s – длина мембраны.

Чувствительный элемент датчика такого типа может иметь вид (рис. 3):

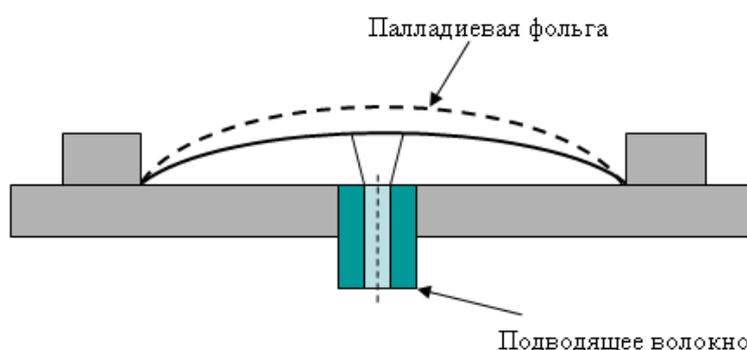


Рис. 3. Конструкция чувствительного элемента датчика

При этом эффективный коэффициент отражения излучения обратно в подводящее волокно зависит от концентрации водорода, параметров волокна, начальных размеров мембраны и описывается формулой:

$$n = \frac{10^3}{1.7} \times \left(-s_0 + 2 \times \left(\frac{\sqrt{b^2 + 4 \times \left(a \times \frac{1 - \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}}{2 \times \operatorname{tg} \theta \times \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}} \right)^2}}{2} \right) \right) +$$

³Fiber optics in palladium-based hydrogen sensing / R. R. J. Maier, B. J. S. Jones, J. S. Barton, S. McCulloch, T. Allsop, J. D. C. Jones, I. Bennion // Journal of Optics A-Pure and Applied Optics. – 2007. – N 9. – PP. 45–S59.

$$\ln \left(\frac{2 \times \left(a \times \frac{1 - \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}}{2 \times \operatorname{tg} \theta \times \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}} \right) + \sqrt{b^2 + 4 \times \left(a \times \frac{1 - \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}}{2 \times \operatorname{tg} \theta \times \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}} \right)^2}}{b} \right) + b^2 \times \frac{4 \times \left(a \times \frac{1 - \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}}{2 \times \operatorname{tg} \theta \times \sqrt{\frac{r(n)}{R(n)}}} \right)}{b}$$

где $\theta = \arcsin(NA)$, NA – числовая апертура, s_0 – начальная длина мембраны, a – радиус сердцевины волокна, n – концентрация водорода, $r(n)$ – эффективный коэффициент отражения излучения обратно в подводящее волокно, $R(n)$ – коэффициент отражения палладиевой мембраны.

При поглощении водорода происходит удлинение мембраны и увеличение высоты моста (dh) (рис. 4), что приводит к уменьшению эффективного коэффициента отражения. Кроме того, с увеличением концентрации водорода происходит уменьшение показателя преломления палладиевой плёнки (рис. 5), что также вызывает уменьшение эффективного коэффициента отражения.

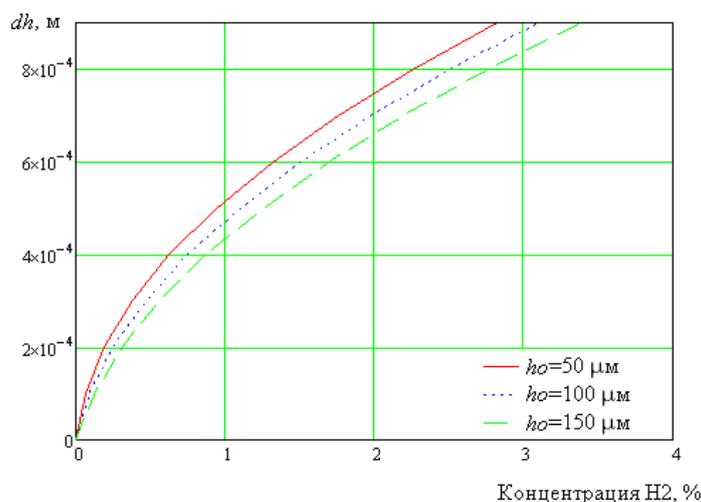


Рис. 4. Зависимость высоты моста от концентрации водорода

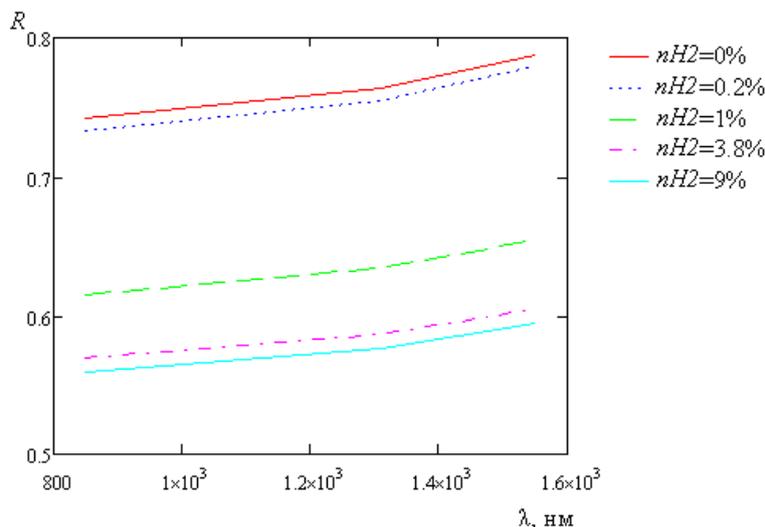


Рис. 5. Зависимость коэффициента отражения от концентрации водорода

С учётом этих факторов может быть рассчитана измерительная характеристика чувствительного элемента ВОД водорода – зависимость эффективного коэффициента отражения (то есть и амплитуды принимаемого оптического сигнала) от концентрации водорода.

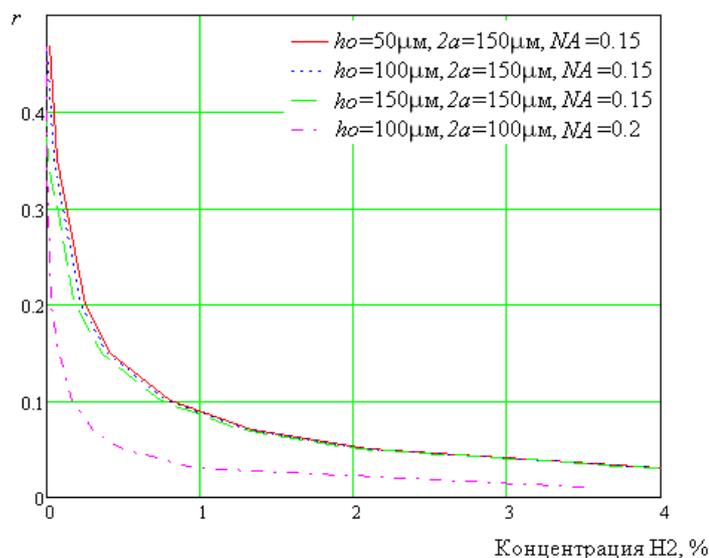


Рис. 6. Измерительная характеристика чувствительного элемента

При анализе использовалось приближение геометрической оптики для многомодовых волокон с различной числовой апертурой и различными диаметрами сердцевины. Численный расчёт измерительной характеристики для такого чувствительного элемента показан на рисунке 6. Анализ расчётной зависимости показывает, что чувствительный элемент такой конструкции обеспечивает возможность регистрации водорода с необходимым динамическим диапазоном выходного сигнала в области концентраций ниже порога взрываемости.

УДК 681.518

О. В. Афанасьева, Д. А. Первухин

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ
ИНФОРМАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ
К КАЧЕСТВУ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

В статье рассмотрены методы информационно-статистического анализа сложных систем. Приведён пример применения информационно-статистического подхода к решению задачи обоснования требований к качеству сложной технической системы.

метод, информационно-статистический анализ, качество, техническая система.

Решение задач разработки, создания и эксплуатации современных технических систем различного назначения невозможно без широкого применения информационно-статистических методов. Результаты, получаемые с помощью моделей, являются важнейшим (а в ряде случаев и единственным) источником информации, который исследователь использует:

- в процессе проектирования принципиально новых машин, комплексов и технологий;
- в процессе оценки качества и эффективности работы созданных машин и технологических процессов;
- при разработке и создании эффективных систем управления, как автоматических, в работе которых человек не принимает участия, так и автоматизированных, где человек является одной из подсистем, непосредственно участвующей в работе всей системы;
- при разработке и создании и эксплуатации систем управления движущимися объектами;
- при определении оптимальных законов управления разрабатываемыми и функционирующими объектами и технологическими процессами;
- при организации процедур диагностики текущего состояния работающих объектов и комплексов;
- при решении задач адаптивного регулирования по отношению к внешним и внутренним возмущениям и т. п.

Однако, при решении ряда задач, связанных с разработкой и испытанием технических систем, приходится сталкиваться с рядом неопределенностей, а именно с неопределенностью, связанной с недостаточной полнотой и искажением информации, вызванным разнообразием условий применения и эксплуатации создаваемых и испытываемых технических

систем, а также неопределенностью условий, в которых проявляется заложенное в конструкцию качество [1, 2].

Для преодоления трудностей, связанных с вышеперечисленными неопределенностями можно использовать методы информационно-статистического анализа сложных систем, одним из основоположников которых является д.т.н., профессор кафедры системного анализа и управления инновациями СЗТУ Л. А. Мартыщенко. Например, в работах Л. А. Мартыщенко предлагается решать рассматриваемую проблему, применяя информационно-статистический подход формирования математических моделей и методов оценивания показателей качества технических систем по ограниченной информации с учетом сложного характера связей, присущих системе при ее взаимодействии со средой [2].

Рассмотрим применение информационно-статистического подхода к решению задачи обоснования требований к качеству сложной технической системы.

Пусть данная задача заключается в следующем: в результате контроля качества (в ходе испытаний) наблюдаются частные значения показателей t_1, t_2, \dots, t_n . Обычно число наблюдений невелико, а механизм формирования отклонений истинных значений от реальных проявляется в виде экспоненциального закона распределения.

Введем следующие обозначения: $T^{тp}$ – заданное значение требования к качеству системы; ϖ_t – статистическая оценка показателя качества; P_0 – заданный уровень критерия качества, тогда по результатам проверенных испытаний необходимо сделать вывод о выполнимости заданных требований.

Известно, что плотность экспоненциального распределения имеет вид:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \tag{1}$$

где $\lambda = \frac{1}{m_t}$ (m_t – математическое ожидание показателя качества).

Математическое ожидание связано с заданным уровнем P_0 и $T^{тp}$ соотношением

$$P_0 = 1 - e^{-\lambda T}, \tag{2}$$

откуда следует

$$m_t = \frac{T}{\ln \frac{1}{1 - P_0}}. \tag{3}$$

Характеристическая функция для экспоненциального закона распределения имеет вид:

$$\phi_1(\nu) = \frac{1}{1 - i\nu m_i}. \quad (4)$$

Сумма наблюдаемых значений $\sum_{i=1}^n t_i$ распределена по закону, характеристическая функция которого представляет собой n произведений характеристической функции (4)

$$\phi_2(\nu) = (1 - i\nu m_i)^{-n}. \quad (5)$$

Известное свойство характеристической функции заключается в том, что если $\phi(\nu)$ – характеристическая функция распределения $F(t)$, то ха-

рактеристической функцией для $F\left(\frac{t}{a}\right)$ является $\phi(a\nu)$, можно подобрать

такой коэффициент a , чтобы характеристическая функция получаемого комплекса (статистики) была инвариантной относительно неизвестных данных m_i или задаваемых параметров P_0 и T^{np} .

Нетрудно заметить, что в рассматриваемой задаче таким коэффициентом является

$$a = \frac{1}{T^{np}} \ln \frac{1}{1 - P_0}. \quad (6)$$

Тогда статистика τ

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{T^{np} \ln \frac{1}{1 - P_0}} = \frac{m_i}{T^{np}} \ln \frac{1}{(1 - P_0)^n} \quad (7)$$

распределена по закону, характеристическая функция которого имеет вид

$$\phi_3(\nu) = (1 - i\nu)^{-n}. \quad (8)$$

Данной характеристической функции соответствует плотность гамма-распределения

$$f(\tau) = \frac{\tau^{n-1} e^{-\tau}}{\Gamma(n)}. \quad (9)$$

Заданные требования будут выполняться при уровне значимости α , если выполняется условие

$$\tau_{\text{расч}} > \tau_{\text{кр}}(\alpha),$$

то есть

$$\frac{\bar{m}_i}{T^{np}} \ln \frac{1}{\sqrt[n]{1 - P_0}} > \tau_{\text{кр}} \quad (10)$$

или

$$P_{кр}(\alpha) = \int_0^{\tau_{расч}} \frac{\tau^{n-1} e^{-\tau}}{\Gamma(n)} d\tau. \quad (11)$$

Таким образом, задача подтверждения требований сводится к проверке статистической гипотезы о принадлежности расчетного значения критерия τ критической (допустимой) области.

В том случае, когда механизм формирования отклонений истинных значений показателей качества (надежности, точности и др.) от реальных описывается нормальным законом распределения, то решение задачи подтверждения требований к качеству сложной системы производится следующим образом.

Пусть $T^{тп}$ – заданное требование к показателю качества, m_t – ее математическое ожидание, σ_t – среднее квадратическое отклонение (СКО), ϖ_t – статистическая оценка m_t , S_t – выборочное СКО.

Заданный уровень критерия качества зависит от характеристики $T^{тп}$ следующим образом:

$$P_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t} \int_{-\infty}^{T^{тп}} e^{-\frac{(t-m_t)^2}{2\sigma_t^2}} dt. \quad (12)$$

С точки зрения задания требований условие (12) может быть представлено в виде

$$T^{тп} \geq m_t + \sigma_t U_{P_0}, \quad (13)$$

где $T^{тп}$ – заданный уровень требований к качеству системы, U_{P_0} – квантиль стандартного нормального закона распределения, соответствующая заданному уровню критерия качества P_0 .

Если в результате проведения n испытаний получена оценка параметра $T^{тп}(m_t)$ и ее выборочное СКО S_t , то для выборки из нормальной совокупности справедливы следующие соотношения, характеризующие связь оценок с числом проведенных испытаний:

$$\varpi_t = m_t + \sigma_t \frac{\eta}{\sqrt{n}}, \quad (14)$$

$$S_t = \sigma_t \frac{\sqrt{\chi_{n-1}^2}}{\sqrt{n}}, \quad (15)$$

где η – случайная величина, распределенная по стандартному нормальному закону распределения $N(0,1)$, χ_{n-1}^2 – случайная величина, распределенная по закону χ -квадрат с $n-1$ степенями свободы.

Тогда с учетом соотношений (14) и (15) условие (13) может быть представлено в общем виде

$$T^{TP} \geq \varpi_t - \frac{S_t \sqrt{n}}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}} \frac{\eta}{\sqrt{n}} + \frac{S_t \sqrt{n} U_{P_0}}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}},$$

или

$$T^{TP} \geq \varpi_t + \frac{S_t \sqrt{n}}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}} \left(U_{P_0} - \frac{\eta}{\sqrt{n}} \right). \quad (16)$$

Для формирования статистики критерия представляется целесообразным в зависимости (16) выделить заданные и получаемые в результате испытаний характеристики T^{TP} , ϖ_t , S_t . После проведения соответствующих преобразований получаем соотношение

$$\frac{T^{TP} - \varpi_t}{S_t U_{P_0} - \sqrt{n}} \geq \frac{1}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}} - \frac{1}{U_{P_0} - \sqrt{n(n-1)}} t_{n-1}. \quad (17)$$

Для вывода условия (17) использовалось известное в математической статистике соотношение

$$\frac{\eta}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}} \approx \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n-1}}, \quad (18)$$

(отношение $\frac{\eta \sqrt{n-1}}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}}$ распределено по закону Стьюдента с $n-1$ степенями свободы).

Таким образом, статистика критерия

$$\tau = \frac{T^{TP} - \varpi_t}{S_t U_{P_0} \sqrt{n}} \quad (19)$$

распределена по закону, получаемому в результате композиции двух случайных величин $\frac{1}{\sqrt{\chi_{n-1}^2}}$ и $\frac{t_{n-1}}{U_{P_0} \sqrt{n(n-1)}}$.

Статистика критерия τ распределена по закону, плотность которого имеет сложную структуру [3]. Наиболее полные таблицы критериев статистики τ , полученные в результате монтекарловского моделирования и аналитических расчетов представлены в приложении к работе [3]. Таблицы поставлены для трех уровней квантилей (0,9; 0,95; 0,975).

Таким образом, для подтверждения требований по малому числу испытаний достаточно рассчитать ϖ_t и затем проверить неравенство

$$\varpi_t \geq T^{TP} + S_t U_{P_0} \sqrt{n} \tau_{кр}(n, U_{P_0}, \alpha). \quad (20)$$

Выражение (20) показывает, что если оценка математического ожидания будет больше заданного требования, увеличенного на комплекс, характеризующий степень доверия (риска) к малой выборке, то можно считать, что требование подтверждено.

Рассмотрим конкретный пример. Необходимо по трем испытаниям ($n = 3$) сделать вывод о выполнимости требований по безотказности системы при уровне значимости $\alpha = 0,1$ (коэффициенте доверия $P_0 = 0,9$).

Известно, что вероятность безотказного функционирования системы $P_0 = 0,9$ на периоде времени $T^{тп} = 22$ часа. Закон распределения времени безотказной работы – нормальный, параметры которого неизвестны. В результате испытаний получено время работы системы до первого отказа $t_1 = 28,5$ часа, $t_2 = 30$ часов, $t_3 = 27$ часов.

Для решения находим оценку математического ожидания и выборочного СКО времени наработки до отказа:

$$\bar{\omega}_i = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{28,5 + 30 + 27}{3} = 28,5 \text{ часа.}$$

Тогда

$$S_i = \sqrt{\frac{(\bar{\omega}_i - t_1)^2 + (\bar{\omega}_i - t_2)^2 + (\bar{\omega}_i - t_3)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,5}{2}} = 1,5 \text{ часа.}$$

По таблице [4] определяем $\tau_{кр}$ (для $(n = 3)$, $U_{P_0} = 1,28155$, $P_0 = 0,9$):

$$\text{при } \tau = 1,55 \quad F(\tau) = 0,8864,$$

$$\text{при } \tau = 1,55 \quad F(\tau) = 0,8864,$$

следовательно, $\tau_{кр} = 1,63$.

По неравенству (20) проверяется выполнимость требования к системе

$$28,5 \geq 22 + 1,5 \cdot 1,28155 \sqrt{3} \cdot 1,63,$$

$$28,5 > 26,3138.$$

Следовательно, проведенные испытания подтверждают при уровне доверия 0,9 заданные требования.

Список используемых источников

1. **Расчёт** надёжности сложных систем / О. В. Афанасьева, Н. В. Глозштейн // Труды IX Международной научно-практической конференции молодых учёных, студентов и аспирантов «Анализ и прогнозирование систем управления». Ч. 1. – СПб. : СЗТУ, 2008г. – С. 210–213.

2. **Теоретические** основы информационно-статистического анализа сложных систем / Б. П. Ивченко, Л. А. Мартыщенко, М. Л. Монастырский. – СПб. : Лань, 1997. – 320 с.

3. **Математические** задачи теории малых выборок и их приложение к испытаниям сложных технических систем / Л. А. Мартыщенко // МО СССР, 1985. – 48 с.

4. **Таблицы** критериев подтверждения требований к сложным техническим системам по малому числу испытаний / Л. А. Мартыщенко и др. // МО СССР, 1992. – 28 с.

УДК 621.39

Е. Г. Богданова, С. Ф. Глаголев

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ

Современные DWDM системы развиваются в следующих направлениях: увеличение числа каналов и скорости в них, увеличение дальности передачи и снижение стоимости единицы передаваемой информации. Часто эти требования противоречат друг другу. Использование современных спектрально эффективных форматов модуляции позволяет разрешить эти противоречия. Статья посвящена моделированию систем связи с различными форматами модуляциями и их сравнительному анализу.

спектральная эффективность, современные форматы модуляции, дисперсия, Qфактор, цифровая обработка сигналов.

Цель и методы исследования

В настоящее время наибольший объем информации, передаваемой в волоконно-оптических сетях связи (ВОСС), обеспечивает технология плотного спектрального мультиплексирования (DWDM). Основными параметрами ВОСС с DWDM являются: скорость передачи в канале B (бит/с), число каналов и расстояние между DWDM-каналами $\delta\nu$ (Гц). Важнейшим параметром экономичности ВОСС с DWDM является спектральная эффективность $\gamma = \frac{B}{\delta\nu}$ [1].

В данной работе методами имитационного моделирования проводится сравнение эффективности амплитудных и фазовых форматов модуляции для одноканальных ВОСС по одному одномодовому оптическому волокну (ОВ). В дальнейшем будут моделироваться многоканальные ВОСС с DWDM. Для исследований используется программа OptiSystem13 [2], позволяющая создавать ВОСС с различными типами излучателей (передатчиков), модуляторов, приемников, ОВ, компенсаторами дисперсии, устройствами цифровой обработки сигналов (ЦОС). Параметры оптиче-

ских и электрических сигналов в разных точках ВОСС контролируются с помощью различных визуализаторов и измерителей.

Для оценки качества принимаемого сигнала в исследованиях используется максимальное значение Q фактора, однозначно определяющего вероятность ошибочного приема BER измеряемого без закрытия связи, в частности, с помощью «глаз-диаграммы» (ГД) [3].

Так как все моделируемые в этой работе ВОСС являются одноканальными, то влияние нелинейных эффектов на качество сигнала ограничивалось учетом эффекта фазовой самомодуляции в одномодовом ОВ.

Моделируемые ВОСС используют излучатели с длиной волны $\lambda = 1550$ нм, шириной спектра излучения $\Delta F = 10$ МГц и мощностью $P = 10$ дБм. Длины основного (SMF-28) и компенсирующего (DCF) ОВ (L_{SMF-28} и L_{DCF}) изменялись в ходе эксперимента, их коэффициенты затухания (α_{SMF-28} и α_{DCF}) принимались равными 0,2 и 0,3 дБ/км, а коэффициенты дисперсии (τ_{SMF-28} и τ_{DCF}) 16 и -160 пс/км/нм, соответственно. Измерения Q_{max} проводились при битовых скоростях 10, 40 и 100 Гбит/с.

Длину волокна L_{DCF} , полностью компенсирующего хроматическую дисперсию (ХД) в основном ОВ, можно определить по следующей формуле:

$$L_{DCF} = \frac{\tau_{SMF28} \cdot L_{SMF28}}{\tau_{DCF}}.$$

ТАБЛИЦА 1. Значения длин волокна DCF, обеспечивающих полную компенсацию хроматической дисперсии, для разных длин основного волокна

L_{SMF28} , км	40	60	80	100
L_{DCF} , км	4	6	8	10

Исследование ВОСС с амплитудной модуляцией

Рассмотрим бинарную амплитудную модуляцию (ASK). Этот простой и экономичный формат стал первым использоваться в ВОСС.

Моделируемая ВОСС (рис. 1) состоит из передающего и приемного устройств, линейного тракта и измерительных средств. Передающее устройство состоит из генератора псевдослучайной последовательности (ПСП), формирователя кода RZ или NRZ, внешнего амплитудного модулятора (АМ), одномодового лазерного диода непрерывного излучения, линейного тракта с основным (SMF28) и компенсирующим (DCF) ОВ. Приемное устройство состоит из PIN-фотодиода, усилителя фототока, фильтра нижних частот (ФНЧ) и 3R-регенератора. В данном эксперименте сравниваются значения Q_{max} для разных длин основного ОВ, без компенсирующего и с полностью компенсирующим ХД ОВ (DCF). Результаты исследований помещены в таблицу 2.

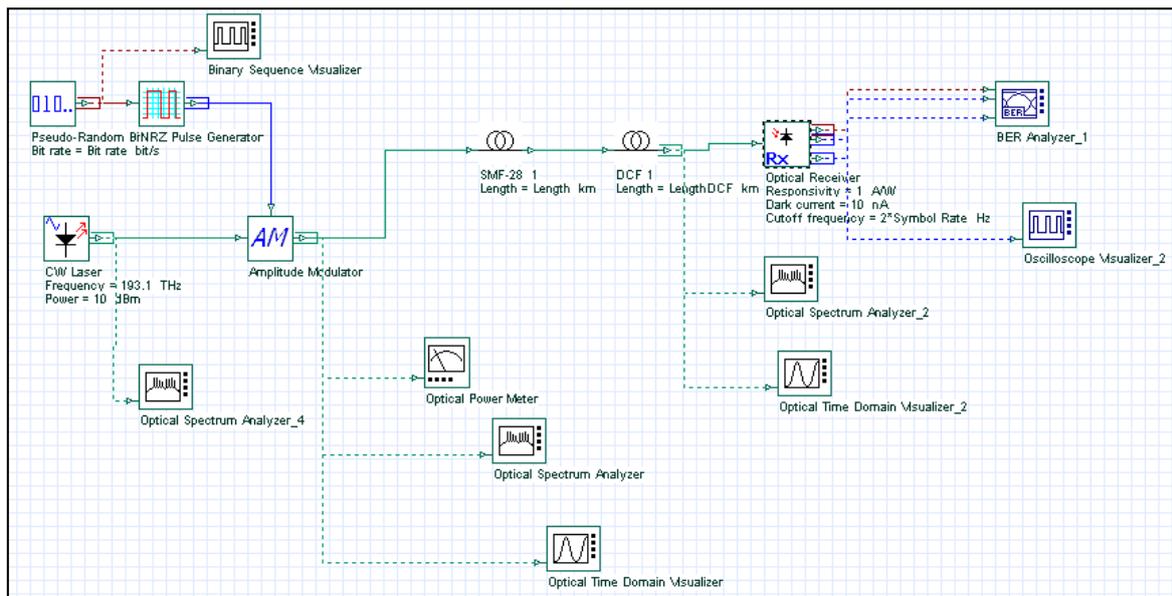


Рис. 1. Схема исследования ВОСС с ASK

ТАБЛИЦА 2. Значения Q_{max} для ASK при различных длинах основного ОБ

B , Гбит/с	L_{SMF28}/L_{DCF} , км	Q_{max} (RZ)	Q_{max} (NRZ)
10	40/4	75,0	46,0
	40/0	5,0	11,7
	60/6	29,0	27,0
	60/0	3,43	4,27
	80/8	10,5	10,1
	80/0	2,9	3,09
	100/10	3,7	3,7
	100/0	<2	2,8
40	40/4	31,0	21,0
	100/10	<2	<2
100	40/4	9,85	8,81
	100/10	<2	<2

Из таблицы видно, что ASK-RZ дает лучшие значения Q_{max} по сравнению с ASK-NRZ при отсутствии DCF из-за меньшей межсимвольной интерференции для более коротких импульсов. Однако модуляция ASK-RZ более чувствительна к ХД и применима только при наличии OBDCF и на скоростях до 10 Гбит/с. Накладывается ограничение и по длине ОБ.

Очевидным недостатком ASK является невозможность повышения спектральной эффективности.

Исследование ВОСС с фазовой модуляцией

Рассмотрим дифференциальный двухуровневый фазовый формат модуляции DPSK с прямым детектированием. Схема исследования аналогична предыдущей, но используется DPSK-передатчик с кодированием NRZ, RZ-33 или RZ-66, а также DPSK приемник. Остальные параметры и элементы аналогичны предыдущей модели. Результаты исследования представлены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3. Значения Q_{max} для DPSK при различных длинах ОБ

B , Гбит/с	L_{SMF28}/L_{DCF} , км	Q_{max} (RZ-33)	Q_{max} (RZ-66)	Q_{max} (NRZ)
10	40/4	48,6	166	50,5
	40/0	16,2	9,8	9,4
	60/6	63,6	141,3	47,7
	80/8	51,0	79,6	42,7
	100/10	28,8	28,1	28,1
40	100/10	17,3	16,6	12,2
100	100/10	11,0	11,37	8,5

Анализ таблицы 3 показывает, что наилучшие значения Q_{max} при модуляции DPSK достигаются при использовании кода RZ-66. С увеличением длины L_{SMF28} OBSMF28 Q_{max} снижается, но при пропорциональном увеличении DCF даже при длине ОБ 100 км значение Q_{max} остается высоким и значительно превышает значение Q_{max} для модуляции ASK (табл. 2).

С увеличением длины линии и скорости передачи Q фактор снижается, как для амплитудной, так и фазовой модуляции. Эффективность всех рассмотренных форматов фазовой модуляции с увеличением длины линии постепенно уравнивается.

Сравнение ASK и DPSK, показывает, что лучшими характеристиками обладает формат RZ-DPSK, т. к. позволяет передавать информацию с высокой канальной скоростью на большие расстояния с низким коэффициентом ошибок.

Рассмотрим ВОСС с квадратурной фазовой модуляцией (QPSK), представленной аналогичной (рис. 1) схемой, включающей передатчик QPSK с дифференциальным кодированием, кодом Грея или без дополнительного кодирования, а также когерентный QPSK-приемник, после кото-

рого квадратурная Q и синфазная I составляющие, поступают на 3R-регенератор.

Результаты моделирования представлены в таблице 4. Для QPSK значения Q -фактора ниже, чем для DPSK модуляции. Можно отметить большее отрицательное влияние ХД на Q -фактор. Величина Q_{max} для QPSK мало зависит от скорости передачи (до 40 Гбит/с), от изменения расстояния (до 100 км) и типа кодирования.

ТАБЛИЦА 4. Значения максимального Q_{max} для QPSK при различных длинах ОВ

В, Гбит/с	L_{SMF28}/L_{DCF} , км	Q_{max} (без код-я)		Q_{max} (Диф. код-е)		Q_{max} (код Грея)	
		Q	I	Q	I	Q	I
10	40/4	13,6	13,5	13,9	13,6	13,8	13,6
	40/0	4,2	4,7	4,54	4,24	4,4	4,3
	60/6	13,2	12,9	13,1	12,9	13,7	12,8
	80/8	12,9	12,7	12,8	12,8	12,6	12,3
	100/10	12,8	12,5	12,9	12,7	12,9	12,7
40	100/10	12,06	12,15	12,02	11,45	11,79	11,56
100	100/10	7,22	7,0	7,0	7,0	6,9	7,0

В ходе работы был также исследован квадратурно-амплитудный формат 16-QAM. Установлено, что он не применим в DWDM-системах из-за большого коэффициента ошибок BER по причине малого межсимвольного расстояния.

Использование цифровой обработки сигналов

Важную роль в увеличении Q -фактора играет ЦОС [3] (табл. 5, рис. 2). В программе OptiSystem13, как и в реальных ВОСС, возможна компенсация нелинейных эффектов и ХД с помощью цифрового сигнального процессора (DSP), позволяющего проводить АЦП и ЦОС в реальном масштабе времени. Это сложное устройство на выходе когерентного приемника, поэтапно выравнивающее сигнальное созвездие и увеличивающее раскрыв ГД.

Из таблицы 5 видно, что использование механизмов ЦОС позволяет увеличить Q -фактор примерно на 4.4 дБ (2,75 раза).

ТАБЛИЦА 5. Сравнение Q_{max} до и после цифровой обработки сигнала

Скорость, Гбит/с	Кодирование	Длина SMF28, км	Длина DCF, км	Q_{max} без DSP	Q_{max} с DSP
100	—	100	10	7,3	12,0
	Диф. код			7,6	12,0
	Код Грея			7,8	12,0

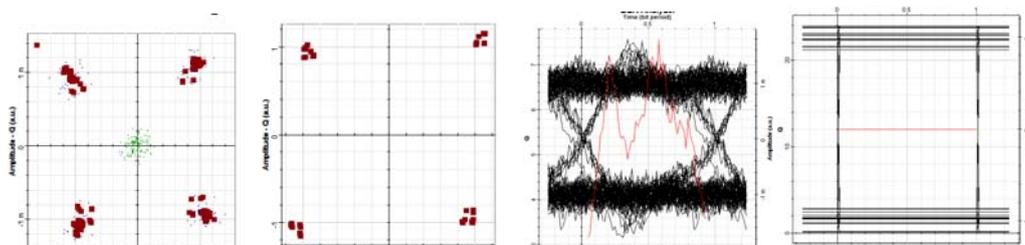


Рис. 2. Сигнальные созвездия и ГД до и после цифровой обработки сигнала

Заключение

Проведенные исследования показали:

- фазовые форматы модуляции DPSK и QPSK при больших расстояниях и высоких скоростях передачи обеспечивают более высокое качество связи и большее значение Q -фактора по сравнению с амплитудными форматами модуляции ASK;
- фазовая модуляция DPSK отличается простотой формирования и приема сигналов по сравнению с QPSK и большим значением Q -фактора, если ЦОС не используется;
- ЦОС при использовании когерентного приема обеспечивает значительное улучшение качества связи и увеличение Q -фактора.

Список используемых источников

1. **Новые** форматы модуляции в оптических системах связи / М. А. Величко, О. Е. Ниний, А. А. Сусьян // Lightwave Russian Edition. – 2005. – № 4. – С. 21–30.
2. **Описание** программы DWDM системы: научное издание / В. Н. Листвин, В. Н. Трешиков. – М. : Наука, 2013. – 300 с.
3. **Новое** поколение DWDM-систем связи / В. Н. Трешиков, О. Е. Ниний // Фотон-Экспресс. – 2014. – № 4 (116). – С. 18–23.

УДК 004.5

Ю. Ф. Болтов

**УВЕЛИЧЕНИЕ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ СКАЛЯРНЫМИ ПОЛЯМИ**

Представление изображений скалярными поля позволяет выделить из изображения резкие перепады градаций цветности в особое множество и представить его в виде набора цепочек по критерию близости градаций цветности.

Самым затратным звеном в этой схеме является описание первой точки цепочки. В работе путём изменения формата расходы на представление координат первой точки удалось значительно сократить.

изображение, сжатие, восстановление, скалярное поле, цвет, точка.

Представление цифровой графической информации скалярными полями даёт возможность разделить изображение на две составляющие, одна из которых включает в себя все резкие перепады градаций цветности, имеющие место в изображении, а другая составляющая представляет собой поле с медленно изменяющимися параметрами цветности [1]. При построении этой модели были использованы возможности, заложенные в представлении изображений в виде скалярных полей. Для таких конструкций характерно наличие источников (особых точек), в которых имеются разрывы поля. Подобные конструкции можно сформировать на основе уравнений математической физики. Представляя резкие перепады градаций цветности в изображении как источники, и используя возможности математической физики, можно разделить изображение на указанные выше две составляющие.

Сжатие плавного поля производится без потерь и с высокой степенью компрессии [2]. Основные проблемы в плане этой операции связаны с компрессией поля особых точек. Так как поле определяется как излучение источников, то для его восстановления достаточно запомнить множество особых точек. Каждая точка определяется абсолютными координатами и индивидуальными параметрами градаций цветности. Поэтому для компактного представления целесообразно объединять соседние особые точки в цепочки по «критерию близости градаций цветности», что позволяет при представлении источников существенно уменьшить «расходы» на описание координат и градаций цветности.

На рисунке 1 представлена структура несжатых кромок (а) и структура сжатых кромок (б) [3]. В несжатых цепочках каждый кадр включает в себя сведения о координатах особой точки, которые (в зависимости от размеров изображения) соответствуют 16–24 битам, и для описания

цветности (R, G, B) требуется 24 бита. Индексы (0) относятся к первым точкам цепочек. Индексы (i) и (n) соответственно относятся к внутренним и последним точкам цепочек.

x_0	y_0	R_0	G_0	B_0	...	x_i	y_i	R_i	G_i	B_i	...	x_n	y_n	R_n	G_n	B_n	конец кромки
-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-----------------

а) несжатые кромки

x_0	y_0	R_0	G_0	B_0	...	K_I	...	K_N	конец кромки
-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-----	-------	-----------------

б) сжатые кромки

Рис. 1. Структуры кромок

Сжатая цепочка содержит полное описание первой точки. Координаты остальных точек записываются в виде кодов Хаффмана, занимающих от одного до пяти битов. Так как формирование цепочек производится по критерию «близости градаций цветности в соседних точках», то допустимо для всех точек кромки задать градации цветности по первоначальной точке. Отметим, что в силу построения кромки не могут пересекаться.

Слабым звеном при сжатии кромок является первая точка, описание которой может занимать до 48 бит. В результате информативность первой точки может быть эквивалентна информативности нескольких десятков других точек. Учитывая, что в больших фотографических изображениях может быть более 20 тысяч цепочек, несжатые первые точки могут занимать несколько десятков килобайт.

Целью изложенных в статье исследований было увеличение степени сжатия изображений, представленных скалярными полями, путём реформатирования описания первых точек кромок.

Выделение под описание координат точки в формате, связанным с размерами изображения априорно является избыточным. На первый взгляд, кажется, что целесообразно описывать местоположение первых точек кромок не в абсолютных координатах, а в относительных, т. е. определять местоположение текущей точки не от начала координат (левого нижнего угла изображения), а от предыдущей точки. Однако подобный подход не представляется возможным формализовать, что отрицательно сказывается на возможностях его практического применения.

В работе предложена формализованная схема обработки, на основе которой можно представить координаты первых точек кромок в компактном формате. Пусть определены все сжатые цепочки в формате, представленном на рисунке 1 б. Отсортируем эти цепочки в порядке возрастания значений координат первой точки и представим эти цепочки на некотором изображении, размер которого совпадает с размером исходного изображе-

ния. Далее изображение с цепочками разделим на области (зоны), например, размером 3×3 . Если, например, в зону с координатами j, i попадает одна или несколько первых точек (рис. 2), то местоположение каждой точки в этой области однозначно определяется 6 битами. Отметим, что остальные точки цепочки могут выходить за пределы зоны, в которой расположена первая точка (рис. 2). Теперь решение связано с определением зоны для местонахождения первой точки каждой цепочки таким образом, чтобы затраты машинной памяти на их хранение были минимальны. Сначала рассмотрим схему прогрессивной обработки в предположении, что в каждой зоне имеется хотя бы одна первая точка некоторой кромки. В этом случае схема обработки будет осуществляться следующим образом:

- в цикле сканируются все зоны;
- в каждой зоне определяем все имеющиеся в ней первые точки и к шести битам добавляем седьмой бит, равный 1, если первая точка является последней в этой зоне, иначе он равен 0.

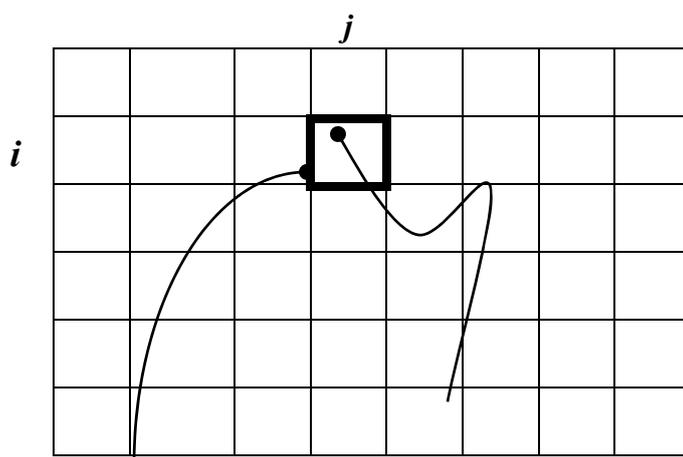


Рис. 2. Иллюстрация прогрессивной схемы поиска первых точек цепочек

Возможное отсутствие в некоторых зонах первых точек кромок данную схему обработки, построенную в предположении наличия в каждой зоне хотя бы одной первой точки, делает неприемлемой. Проблема устраняется дополнением ещё одного бита. Если в текущей зоне есть хотя бы одна первая точка, то биту присваивается значение «0», и обработка этой области осуществляется по прежней схеме. В противном случае биту присваивается значение «1» и осуществляется переход к следующей зоне без обработки текущей. В любом случае новый бит заносится в начало кодовой последовательности, относящейся к текущей области. При отсутствии первых точек длина кода равна одному биту.

Сканирование ячеек в зонах осуществляется на основе двойного цикла с переменными k (по горизонтали) и l (по вертикали). При этом $k + 3 \times i$ и $l + 3 \times j$ фактически представляют собой абсолютные координаты первых

точек кромки соответственно по x и по y (рис. 2). Это позволяет организовать быстрый поиск первых точек цепочек в текущей зоне.

То же обстоятельство в совокупности с сохранением при восстановлении такого же порядка обхода, как при сжатии, и наличие двух дополнительных бит дают возможность определить номер зоны и перейти после восстановления к абсолютным координатам. При анализе текущей зоны сначала проверяется бит присутствия или отсутствия первых точек кромки, и зона обрабатывается или пропускается, т. е. данный бит фактически осуществляет синхронизацию процесса сжатия и процесса восстановления.

Ниже приведено два изображения с существенно отличающимся друг от друга числом кромки 565 – рисунок 3 и 3499 – рисунок 4.

ТАБЛИЦА. Результаты изменения степени сжатия в зависимости от типа изображения

	Рисунок 3	Рисунок 4
Размеры изображений, Кбайт	284	748
Число кромки	565	3499
Исходная степень сжатие, Кбайт	6,016	35,47
Полученная степень сжатия, Кбайт	5,859	33,27
Разность степени сжатия, Кбайт	0,157	2,2



Рис. 3. Кадр из мультфильма



Рис. 4. Цифровая копия картины Беллотто

В обоих рисунках области, на которые делились изображения, были равны 6×6 . При этом увеличение степени сжатия во втором рисунке существенно больше. Это ожидаемый результат, так как в предложенном формате координаты первых точек цепочек описываются в компактном виде.

Однако требуется увеличивать объём запоминаемой информации, помечая соответствующим битом области, на которые делится изображение. Очевидно, что чем больше «экономия» на формате записи первой точки, по сравнению с «тратами» на отметку областей, тем продуктивнее предложенный формат.

Предложенный формат наиболее эффективен для применения обработки сложных, насыщенных изображений, для которых характерно большое количество кромок.

Список используемых источников

1. **Выделение** контуров изображений на основе функции Грина / Ю. Ф. Болтов // Телекоммуникации. – 2009. – № 5. – С. 27–32.
2. **Сглаживание** изображений на основе решения краевой задач / Ю. Ф. Болтов, И. А. Волков // Телекоммуникации. – 2010. – № 5. – С. 24–33.
3. **Обработка** визуальной информации на основе ее представления в виде скалярных или векторных полей: концепция, математические модели и алгоритмы / Ю. Ф. Болтов. — СПб : СПбГУТ, 2010. – 184 с

УДК 004.056.55

Н. П. Борисенко, Б. Д. Дударев, И. С. Кочетков

ОЦЕНКА СВОЙСТВ НЕЛИНЕЙНОСТИ S-БЛОКОВ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА ПРЕДСТАВИТЕЛЯ ИЗ МНОЖЕСТВА АФИННО-ЭКВИВАЛЕНТНЫХ S-БЛОКОВ

Стойкость шифров во многом определяется качеством используемых в них нелинейных узлов, в качестве которых часто используют S-блоки. Последние характеризуются множеством параметров, таких как нелинейность, дифференциальная характеристика и отклонение линейного аналога. Однако, нет общего параметра определяющего устойчивость к большому классу методов криптоанализа. В статье предлагается использовать в качестве дополнительного параметра, число экстремумов получаемых в результате применения алгоритма поиска представителя из множества всех S-блоков аффинно-эквивалентных заданному.

S-блок, аффинная эквивалентность, нелинейность.

Практика современных блочных шифров показывает, что использование S-блоков является перспективным направлением синтеза блочных алгоритмов шифрования данных. Устойчивость алгоритма к различным видам криптоанализа, в значительной мере зависит от свойств S-блоков, применяемых в нем. В связи с этим возникает задача качественной оценки S-блоков для выбора наиболее стойких. Однако, не существует такого интегрального показателя, который смог бы собрать воедино все характеристики S-блока и позволил бы оценить устойчивость ко всем возможным методам криптоанализа. Вероятнее всего, в ближайшее время это невозможно.

Как известно, стойкость шифра – это количество элементарных математических операций необходимых для дешифрования криптограммы при условии использования наилучшего метода криптоанализа, но методов криптографического анализа несчетное множество, а задача выбора наилучшего из них является неразрешимой. Следовательно, не представляется возможным определить критерий, по которому проводить криптоанализ, а значит и критерий, по которому следует оценивать стойкость S-блоков. Решение этой проблемы – комплексная оценка, то есть необходимо сравнивать S-блоки по общим критериям. Одним из таких критериев является оценка нелинейности S-блока. Данную оценку получают, как правило, путем линеаризации нелинейной задачи. Существует несколько методов оценки нелинейности, однако, каждый из них позволяет получить корректные результаты лишь для ограниченного набора методов

криптоанализа. В данном случае предлагается использовать метод оценки нелинейности с использованием алгоритма поиска представителя из множества аффинно-эквивалентных S-блоков⁴. В данном методе будет производиться поиск представителя из множества аффинно-эквивалентных S-блоков. Для удобства разработки алгоритма поиска представителя была использована следующая модель. Пусть R_0 – представитель класса S^0 аффинно-эквивалентных S-блоков. Тогда, любой S-блок из класса S^0 можно задать двумя преобразованиями A и B , где $A, B \in AGL(2, n)$ (аддитивная группа преобразований, *Affine General Linear Group* – AGL).

$$S = B \circ R_0 \circ A.$$

Таким образом, зная R_0 , можно получить любой S-блок из данного множества. Отсюда следует, что для каждого S-блока из аффинно-эквивалентного множества существует уникальная комбинация значений невырожденных матриц A и B . Если сгруппировать все S-блоки, получаемые из R_0 путем АЭП, по значению матрицы A , то получится следующая модель представления множества аффинно-эквивалентных S-блоков (рис. 1):

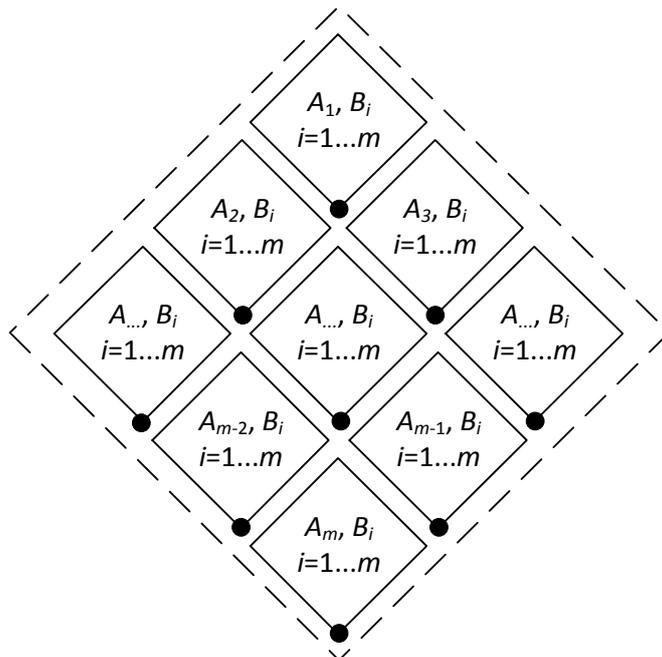


Рис. 1. Модель представления множества аффинно-эквивалентных S-блоков

На данном рисунке пунктирной линией обозначено все множество аффинно-эквивалентных S-блоков S^0 . Ромбы внутри этого множества – подмножества аффинно-эквивалентных S-блоков, имеющих при получении из R_0 одинаковые матрицы A и все возможные значения матрицы B .

⁴ A Toolbox for Cryptanalysis: Linear and Affine Equivalent Algorithms / A. Birykov, C. D. Cannere, A. Braeken, B Prenell // Advances in Cryptology – EUROCRYPTO 2003. Springer, 2003. – Vol. 2656. – PP. 33–50.

Точками внизу ромбов обозначены минимальные представители полученных подмножеств (обладающие минимальным в подмножестве весом). Точка, расположенная внизу рисунка 1, обозначает представителя R_0 класса S^0 аффинно-эквивалентных S-блоков.

Так как при поиске представителя класса аффинно-эквивалентных S-блоков разработанный алгоритм работает в несколько итераций, главным критерием оценки нелинейности предлагается выбрать число локальных минимумов (минимальных представителей полученных подмножеств), что в свою очередь является одной итерацией алгоритма. При проведении предпроектных исследований были получены следующие результаты: для линейного S-блока задача поиска представителя решается за один шаг (рис. 2):

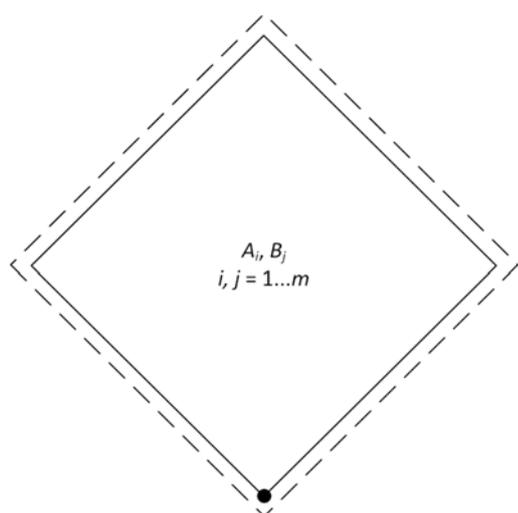


Рис. 2. Модель поиска представителя для линейного S-блока

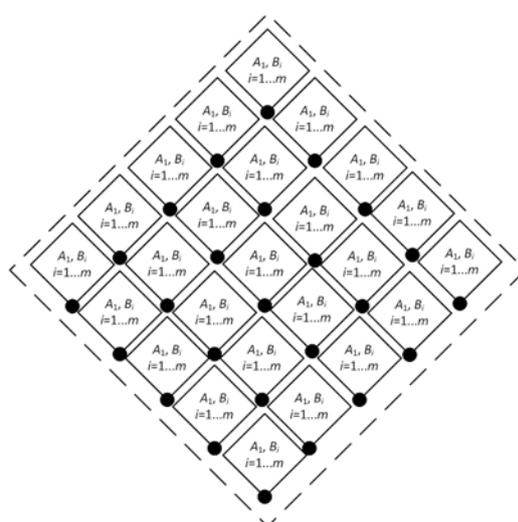


Рис. 3. Модель поиска представителя для сильно нелинейного S-блока

Для сильно нелинейных S-блоков данная задача решается за существенно большее число итераций (рис. 3).

После проведения существенно большего числа экспериментов предполагается подтвердить гипотезу о том, что именно суммарное число итераций, необходимых для поиска максимального и минимального представителей S-блока будет являться главным критерием его «нелинейности» (окончательное название пока не определено). Оценка будет проводиться на основе сравнения S-блоков из различных стандартов. Так при попытке найти наименьшего представителя аффинно-эквивалентного класса, в который входит преобразование π , S-блок из ГОСТа Р-34.11-2012, по данному алгоритму, оказалось, что количество локальных минимумов превысило 150 миллионов, при этом в аффинно-эквивалентном классе в котором находится S-блок AES, число таких минимумов составляет около 8,5 тысяч.

УДК 004.056:621.38.049.77

Н. П. Борисенко, А. В. Крыжко, Н. С. Никитин

**ОБ ИССЛЕДОВАНИИ РЕАЛИЗАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ
ОТОБРАЖЕНИЙ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ
НА ПЛИС ФИРМЫ XILINX**

На сегодняшний день проблема увеличения скорости шифрования и дешифрования данных актуальна. Одним из подходов решения данной проблемы является увеличение размерности используемых линейных отображений, а также их оптимальная реализация. Наибольшая скорость выполнения достигается реализацией линейного отображения на аппаратной основе. В данной статье представлена реализация на программируемых логических интегральных схемах фирмы XILINX.

криптография, линейное отображение, программируемые логические интегральные схемы.

При реализации линейных отображений на конкретной платформе возникают вопросы, связанные с эффективностью этой реализации. Линейное отображение $L: V_{128} \rightarrow V_{128}$ над полем $GF((2^8)^{16})$, заданное внутренним примитивным $f(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x + 1$ и внешним неприводимым $h(y)$ полиномами, определяется 16 тактами работы регистра сдвига с линейной обратной связью (далее – РСЛОС) [1].

$$h(y) = y^{16} + 226y^{15} + 114y^{14} + 231y^{13} + 4y^{12} + 17y^{11} + 236y^{10} + y^9 + 95y^8 + y^7 + \\ + 236y^6 + 17y^5 + 4y^4 + 231y^3 + 114y^2 + 226y + 1$$

Симметричный внешний полином обратной связи $h(y)$ позволяет строить схемы РСЛОС, в которых путем изменения направления сдвига получают прямое и обратное преобразования. Данное отображение используется для построения МДР кода $C(32,16,17)$. Если такой код применить в качестве линейного преобразования блочного шифра, то оно будет иметь максимальный коэффициент распространения $m + 1 = 17$ [1]. Рассмотренное отображение может быть представлено различными способами: в виде РСЛОС (типа Фибоначчи или Галуа), в виде умножения матрицы на вектор столбец, в виде множества линейных Булевых функций (ЛБФ).

В данной работе представлены результаты реализации линейного отображения $L: V_{128} \rightarrow V_{128}$ на ПЛИС фирмы Xilinx (рис.). Для обеспечения числа входов/выходов выбрали ПЛИС Spartan 6 XC6SLX75 – 3csg484, у которой имеются 484 входа/выхода и скорость – 3. При реализации,

ни UART, ни I2C интерфейсы [2] не использовали, а только строили ядро, осуществляющее вычисление выходного значения линейного отображения в соответствии с входным значением. Для получения результатов использовали систему автоматизированного проектирования (САПР) Xilinx ISE 14.2.

Обычно, при реализации на ПЛИС используется метод с минимальным расходом памяти [3]. Суть метода основывается на выполнении прямого умножения на коэффициенты линейного отображения в конечном поле. В конечном поле умножения на 2 и на 2^{-1} легко вычисляются и имеют одинаковую сложность. Данное умножение называется преобразованием $Xtime()$ [4]. Умножения на коэффициенты внешнего полинома $h(y)$ в конечном поле $GF(2^8)$ осуществляются через преобразования $Xtime()$ и сложения по модулю два 8-разрядных чисел.

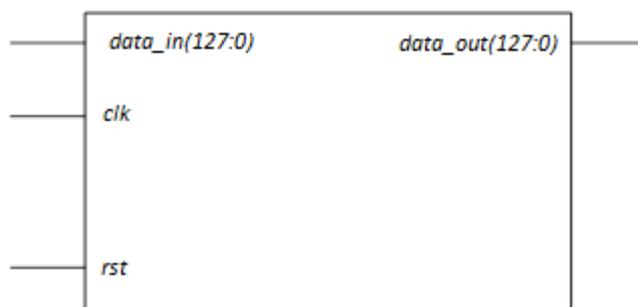


Рисунок. I/O-интерфейс реализации на ПЛИС

При построении линейного отображения по схеме РСЛОС Фибоначчи с использованием внутреннего и внешнего полиномов над полем $GF((2^8)^{16})$, данный метод требует 128 преобразований $Xtime()$ и 368 сложений по модулю два, двух 8-разрядных чисел для реализации 16 тактов работы РСЛОС. При схеме РСЛОС Галуа, требуются такое же количество операций, но количество временных переменных для РСЛОС Фибоначчи равно 8, а для РСЛОС Галуа – 11.

Методы с использованием заранее просчитанных таблиц также применяются при реализации на ПЛИС [5]. Недостатком данного подхода является большой расход памяти за счет сохранения необходимых таблиц. При реализации на ПЛИС рассматриваемого линейного отображения выбрали метод одновременного применения внутреннего и внешнего полиномов (метод ОПВВП). Этот метод подробно описывается в [6]. Метод реализации линейного отображения ОПВВП требует 128 байт памяти для сохранения необходимых таблиц для обеих схем, как на РСЛОС Фибоначчи, так и на РСЛОС Галуа. Но в случае РСЛОС Фибоначчи число проверок “true – false” равно 1024 для выполнения 16 тактов, а в случае схемы Галуа – 128.

В [5], авторы использовали метод логарифма Зеча для выполнения умножения в конечном поле при реализации функции $MixColumns()$ алго-

ритма AES [4]. Этот подход может быть применен для реализации линейного отображения $L:V_{128} \rightarrow V_{128}$. При этом использовали метод умножения текущего состояния на матрицу представления данного линейного отображения, при реализации на ПЛИС [6]. Расход памяти метода равен 512 байт для сохранения двух таблиц Зеча. Для повышения быстродействия линейного отображения была проверена эффективность реализации на ПЛИС параллельного подхода [6]. Требуемые ресурсы в этом случае будут одинаковы для двух видов схем РСЛОС за счет того, что обе матрицы представления линейного отображения имеют одинаковую сложность.

Результаты исследования при реализации линейного отображения $L:V_{128} \rightarrow V_{128}$ данными методами на ПЛИС Spartan 6 XC6SLX75 – 3csg484 представлены в таблице. Результаты показывают, что наибольшее быстродействие показал метод умножения текущего состояния на матрицу представления линейного отображения при использовании таблиц Зеча для выполнения умножения в конечном поле. При этом объем требуемой памяти значительно больше, чем у других методов.

ТАБЛИЦА. Требуемые ресурсы при реализации линейного отображения L на ПЛИС Spartan 6 XC6SLX75 – 3csg484

Метод		Число используемых таблиц преобразования ($LUTs$)	Число элементов памяти (FFs)	Число используемых регистров ($REGs$)	Максимальная частота (МГц)	Число циклов ($clock\ cycles$)	Скорость преобразования (Мбит/с)
Метод с минимальным расходом памяти	РСЛОС Фибоначчи	316	534	473	93,302	16	746,42
	РСЛОС Галуа	314	533	481	91,341	16	730,73
Метод ОПВВП	РСЛОС Фибоначчи	2015	2185	754	95,128	16	761,75
	РСЛОС Галуа	1973	2185	601	99,246	16	793,97
Метод использования таблиц Зеча		18.177	19.298	601	71.337	1	9.131,14

Список используемых источников

1. **Low-Weight** and Hi-End Draft Russian Encryption Standard / V. Shishkin, D. Dygin, I. Lavrikov, G. Marshankko, V. Rudskoy, D. Trifonov // 3rd Workshop on Current Trends in Cryptology (CTCrypt 2014), Moscow, Russia, June 5–6, 2014. – PP. 183–188.
2. **FPGA** Implementation of Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (UART) / H. Wang // ECE Department Southern Illinois University Carbondale, IL 62901. – URL: http://www.engr.siu.edu/~haibo/ece428/notes/ece428_uart.pdf.
3. **Synthesis** of 128 bit Advanced Encryption Standard Algorithm Using VHDL / P. Kaur, P. S. Jassal // Department of Electronics, Yadavindra College of Engineering, Talwandi Sabo (Pb)-India. – http://www.istp.org.in/istp-ijreee/papers/vol3-issue2/JREEE_09_06.pdf.
4. **Стандарт** криптографической защиты AES. Конечные поля / О. С. Зензин, М. А. Иванов. – М. : Кудиц-Образ, 2002. – 176 с. – ISBN 5-933780-46-4/
5. **AES** Encryption Algorithm Hardware Implementation: Throughput and Area Comparison of 128, 192 and 256-bits Key / S. E. Adib, N. Raissouni // National School for Applied Sciences of Tetuan, University Abdelmalek Essaadi. Innovatio & Telecoms Engineering Research Group. Remote & Mobile GIS Unit. Mhannech II, B.P 2121 Tetuan, Morocco. – International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES). – 2012. – Vol. 1, No. 2. – PP. 67–74.
6. **Developing** Algorithm for Software and Hardware Implementation of Large Size Linear Mapping / N. Borisenko, V. L. Nguyen, A. Bulegin // 2nd Workshop on Current Trends in Cryptology (CTCrypt 2013), Ekaterinburg, Russia, June 23–25, 2013. – PP. 192–204.

УДК 004.9

Л. Б. Бузюков, Т. В. Ермакова

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ
НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ САМОПОДОБИЯ**

В статье рассматривается задача анализа связей между установленными параметрами комплекса искусственной вентиляции легких на показатели гемодинамики монитора пациента. Предполагается, что показатели гемодинамики обладают свойствами самоподобия. Проведенные исследования процессов гемодинамики подтвердили предположение о наличии самоподобия в биомедицинском сигнале. С учетом фрактальной модели гемодинамики разработано программное обеспечение, позволяющее проанализировать степень отклонения больного от нормы и сделать определенные предсказания.

самоподобие, медико-биологические сигналы, вейвлет-преобразование, параметр Херста.

В настоящее время в результате быстрого развития инфокоммуникационных технологий стремительно развивается и сфера технического

обеспечения медицины, появляются новые возможности исследований и диагностирования различных заболеваний.

С тех пор как было выявлено новое статистическое свойство сигнала – самоподобие, задача определения наличия этого признака в телекоммуникационных сетях встречается все чаще [1].

Многие исследователи подтвердили наличие самоподобных свойств сетевого трафика, и теперь стоит задача соответствующих методов расчета и прогнозирования нагрузки с учетом целого ряда особенностей такого трафика. Те же изменения ждут и медицинский мир, если будет подтверждено, что в организме человека те или иные системы и процессы обладают фрактальными свойствами [2]. Перед медиками встает серьезная задача, как использовать этот факт для оптимизации работы не только самих врачей, но и аппаратуры, что, в конечном счете, приведет к повышению эффективности лечения. Однако сделать это относительно биомедицинского сигнала достаточно непросто, так как, во-первых, такой сигнал – нестационарный, а во-вторых, остро встает вопрос о «допустимых» или так называемых «средних» значениях, которых в области медицины с точностью определить просто невозможно.

Процессы, происходящие при изучении медицинских сигналов, в частности при работе с сигналами гемодинамики, являются по своей природе, как мы уже упомянули, нестационарными [3]. Методов анализа нестационарных сигналов достаточно много. Применяется статистическая обработка, различные методы фильтрации, анализ частотно-временных характеристик сигналов с помощью преобразования Фурье, а также методы, основанные на вейвлет-анализе и фрактальных характеристиках, учитывающих самоподобие таких сигналов [4].

В связи с этим анализ биомедицинских сигналов необходим и очень важен для эффективного управления сетью медицинского оборудования. Выявление в организме человека признаков самоподобия может кардинально изменить взгляд на диагностику и уже сейчас можно предположить, что появится возможность существенно сократить время реабилитации пациента, поэтому поставленная задача является актуальной.

Само понятие самоподобия говорит о том, что оно приводит к точному или вероятностному повторению свойств объекта при рассмотрении его в разных масштабах. Трафик является своеобразной динамической системой, которая хорошо описывается фрактальными или хаотическими моделями, то есть такими, которые способны сохранять основные характерные черты независимо от того, в течение каких периодов они анализируются [1].

В наших исследованиях мы ограничиваемся не только конкретными областями медицины, но и вполне конкретными органами человека, в которых предполагаем найти признаки самоподобия. Мы будем говорить

о легких человека и его сердечно-сосудистой системе со всеми вытекающими подробностями.

Известно, что наши легкие представляют собой альвеолярное дерево, которое само по себе уже является самоподобной структурой. Но это самоподобие визуальное, а нас интересует подтверждение самоподобия численного, которое может быть получено, например, с помощью параметра Херста и ряда других фрактальных параметров. Для этого нам необходимо проанализировать биомедицинские сигналы, полученные с аппарата Искусственной Вентиляции Легких (ИВЛ)⁵. Что такое биомедицинский сигнал в данном случае?

Любой пациент, не способный дышать самостоятельно, подключается к аппарату ИВЛ, именно с него мы получаем оцифрованные данные, называемые биомедицинским сигналом. Наравне с аппаратом ИВЛ к пациенту также подключается и так называемый Монитор Пациента⁶ (рис. 1). У этого аппарата тоже есть ряд измеряемых параметров, упомянутых в таблице.

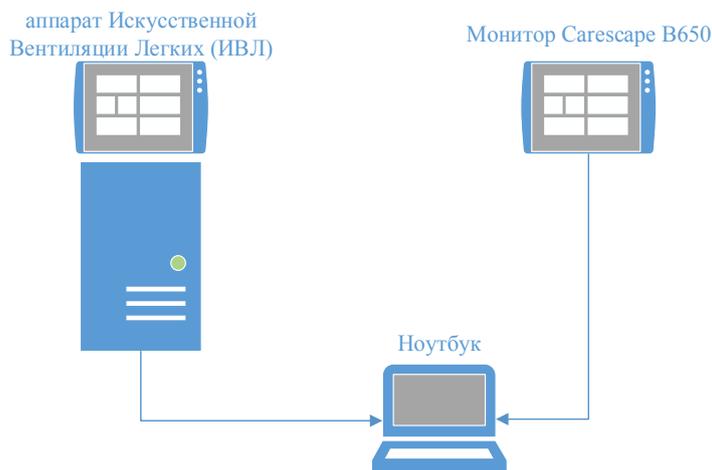


Рис. 1. Рабочая схема, включающая в себя ИВЛ, Монитор Пациента B650 и ноутбук, на котором реализовано разработанное программное обеспечение

Основной и на данный момент самой сложной задачей является поиск связи между параметрами, получаемыми с этих аппаратов. При обнаружении самоподобных процессов в данных биомедицинских сигналах мы сможем не просто говорить об оптимизации работы данной системы, но и о возможности разработки внешнего программного обеспечения (ПО), позволяющего реализовать две важные функции.

⁵ Все исследования ведутся на аппарате ИВЛ Engström Carestation компании Datex-Ohmeda Inc., версия программного обеспечения 7.X.

⁶ Монитор Carescape B650 фирмы General Electric Company, программное обеспечение версии 1.

ТАБЛИЦА. Основные параметры, снимаемые с аппаратуры

Аппаратура	Параметры
ИВЛ	V_t – дыхательный объем [мл]
	MV – минутный объем [л/мин]
	P_{peak} – пиковое давление
	P_{exp} – конечное давление
	P_{mean} – среднее давление
	F – поток
	f – частота
Монитор пациента	ЭКГ
	ST-T – ишемия миокарда
	Плетизмограмма
	АД систолическое
	АД диастолическое
	АД пульсовое
	АД среднее динамическое

Первая, необходимая медикам и очень важная задача – это обработка тревог и трендов. Получив зависимость двух параметров, снятых с разных аппаратов, мы можем прогнозировать известные ситуации и заранее предупредить врача не только о тревоге на первом аппарате, но и о развитии ситуации в ближайшее время на втором (это является элементами прогнозирования). Все это становится возможным только при наличии связи между показателями аппаратуры. В настоящее время такая связь еще не исследована.

Вторая, не менее важная задача, заключается в том, чтобы разработанное ПО в нужный момент могло реализовать протокол отключения. В ситуации, когда пациент не дышит самостоятельно, то есть аппарат за него совершает и вдох, и выдох, вопросов не возникает – работает машина, но существуют ситуации, когда пациент способен совершать вдох самостоятельно, а вот выдох за него должна делать техника. На фоне этого возникает и другая еще более усложненная ситуация, когда пациент, вентилируемый только машиной, в какой-то момент улучшения своего состояния, начинает дышать сам, вот для этого и нужен протокол отключения. Протокол отключения – это алгоритм действий, совершаемый машиной

для перевода человека на самостоятельное дыхание. В такой ситуации аппарат продолжает снимать данные, но дышит человек самостоятельно.

Реализация второй задачи также возможна лишь при наличии связи между показателями ИВЛ и Монитора Пациента.

В настоящее время проведен достаточно полный анализ сигналов гемодинамики на предмет выявления в них самоподобных свойств. Исходные данные для анализа получены в НИИ скорой помощи им. И. И. Джанелидзе с использованием рабочей схемы, представленной на рисунке 1. Эти данные собирались в интервалах 24 часов (сутками) в течение 1 месяца. Для проведения исследований использовался математический пакет Matlab. Кроме того, для исследования структуры сигнала и демонстрации его фрактального характера и некоторых других характеристик было разработано специальное ПО.

Создано приложение, работающее в визуальной среде Qt 5.4.1, с помощью которого можно визуально наблюдать различные характеристики исследуемого процесса, моделировать нужные параметры, изменять их в соответствии с заданными требованиями и немедленно видеть результаты этих изменений на экране монитора компьютера.

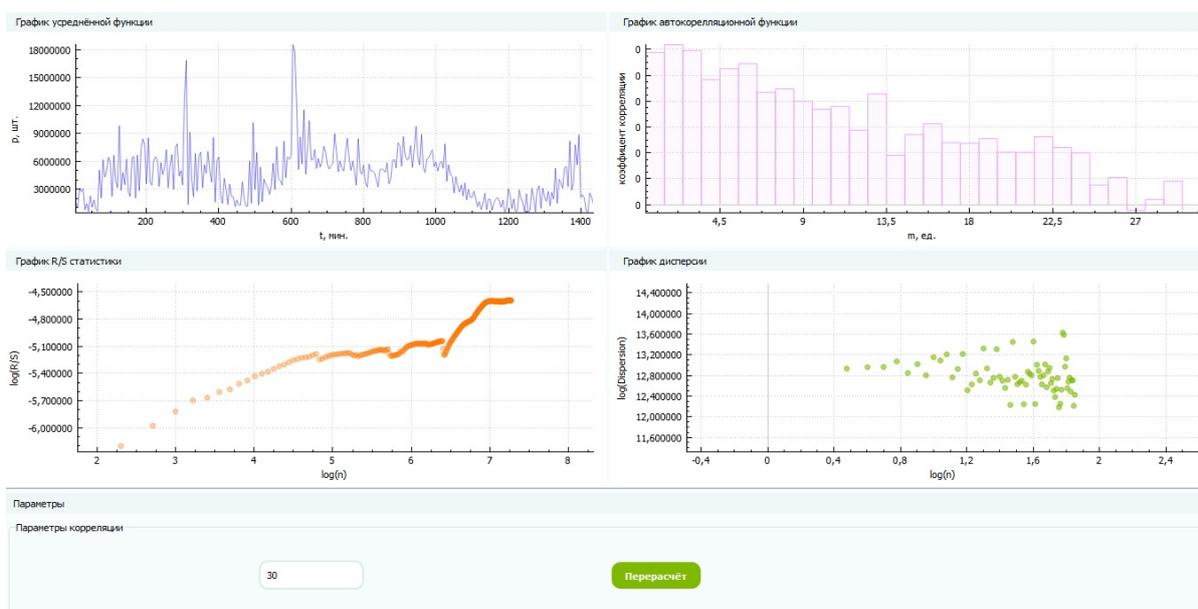


Рис. 2. Пример результата работы реализованного ПО.

В результате работы проведено агрегирование сигналов гемодинамики. Их анализ подтвердил наличие самоподобия. Проанализирована автокорреляционная функция (АКФ), которая характеризует внутреннюю зависимость между временным рядом и тем же рядом, но сдвинутым на некоторый промежуток времени. Этот сдвиг (временной лаг) АКФ демонстрирует нам медленно убывающую зависимость, что подтверждает важное свойство – продолжительную память. Наличие долговременной зависимости интересует нас только в исследуемых временных рамках и подтвер-

ждает самоподобие гемодинамического ряда. Но так как самоподобие подтвердилось, то $0,5 < H < 1$, где H – показатель Хёрста. Следовательно, оценив степень затухания АКФ, можно оценить и показатель H . Проведено несколько оценок показателя Хёрста с использованием различных методов. Построен и проанализирован график изменения дисперсии. Параметр Хёрста также получен с помощью метода R/S – статистики. Полученные значения H , близки к 0,702. В качестве примера на рисунке 2 приведен экран монитора, на котором выведены графики автокорреляционной функции, дисперсии, R/S статистики.

Список используемых источников

1. **Анализ** трафика распределенного узла коммутации с помощью вейвлет-преобразования / Т. В. Афончикова, В. Ю. Гойхман // V Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в мире коммуникаций», Москва, Россия, 13–18 мая 2012 г. – С. 14–17.

2. **Самоорганизующиеся** сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 310 с. – ISBN 978-5-86983-318-1.

3. **Использование** вейвлет-анализа для исследования и оценки зависимости параметров гемодинамики от комплекса параметров специализированного измерительного устройства искусственной вентиляции легких / Л. Б. Бузюков, Т. В. Ермакова // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014 г. – С. 203–208.

4. **Самоподобие** и фракталы. Телекоммуникационные приложения / И. О. Шелухин, А. В. Осин, С. М. Смольский ; под редакцией О. И. Шелухина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с. – ISBN 978-5-9221-0949-9.

УДК 004.78

Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИМУЛЯТОРОВ СООЈА И NS3 ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

В настоящее время для моделирования беспроводных сенсорных сетей применяются различные симуляторы. Цель статьи проанализировать возможность применения симуляторов Сооја или NS3 для решения задач моделирования беспроводных сенсорных сетей.

симулятор, беспроводная сенсорная сеть, моделирование, ОС Contiki, Java, Python, Сооја, NS3.

Повсеместное распространение и непрерывное использование Интернета привело к стремительному развитию беспроводных технологий. Некоторое время назад обычные пользователи даже не знали о существовании беспроводных технологий, в настоящее время практически все стараются использовать беспроводные маршрутизаторы для доступа в сеть Интернет.

Исследования беспроводных технологий существенно опережают тенденции мирового рынка управления информацией. Уже в начале 2000-х годов ученые вели активные исследования в области совмещения сенсорных датчиков с беспроводной сетью. Эти исследования привели к развитию новой инфокоммуникационной структуры – беспроводной сенсорной сети.

В современном мире беспроводные сенсорные сети активно используются в различных областях жизнедеятельности: это и мониторинг окружающей среды, автомобильные сети, медицинские сети и т. п. Основным направлением дальнейшего развития технологий беспроводных сенсорных сетей является, безусловно, Интернет вещей.

Концепция Интернета Вещей предполагает, что в число вещей входят как физические объекты, так и объекты информационного мира. В связи с этим не случайно, что в прогнозах развития сетей связи речь идет о триллионах и десятках триллионов сетевых устройств [1].

Безусловно, для обеспечения взаимодействия между такими устройствами нужна операционная система (ОС), отвечающая в первую очередь требованиям низкого энергопотребления сенсорных узлов.

ОС Contiki, как ожидается, будет одной из основных операционных систем, которые будут использоваться для соединения триллионов устройств (или «вещей») Интернета Вещей.

ОС Contiki является операционной системой с открытым кодом, она предназначена для встроенных сетевых систем, в частности, для умных устройств. ОС Contiki поддерживает полный стек IP сети со стандартными протоколами, такими как UDP, TCP и HTTP, а также стандарты для маломощных сетей, такие как 6LoWPAN, RPL и CoAP. Кроме того, ОС Contiki реализована на языке программирования C++ и поддерживает ряд различных микропроцессоров и аппаратных конфигураций, использует 2 килобайт ОЗУ и 40 килобайт ПЗУ [2].

Разработка и отладка программного обеспечения для беспроводных сенсорных сетей является трудоемкой задачей, поэтому для этих целей используются симуляторы сетевых процессов.

Соожа – симулятор сетевых процессов ОС Contiki упрощает данную процедуру, предоставляя функции для моделирования устройств и сетей.

Моделируемый узел в Соожа имеет три основных свойства: данные в памяти, тип узла, и его комплектующие. Тип узла определяет общие свойства для узлов. Одной из отличительных особенностей Соожа

от других симуляторов (NS3, TOSSIM, AVRORA) является то, что Сооја позволяет одновременно контролировать три различных уровня: сетевой уровень, уровень операционной системы и уровень инструкций машинных кодов [3].

В Сооја можно создать различные типы узлов, определить их параметры и назначить их программный код. В Сооја все взаимодействия с моделируемыми узлами выполняются через плагины (модули). Пример отладки сети с использованием протокола Contiki RPL (*routing protocol for low power*) в Сооја симуляторе показан на рисунке [4].

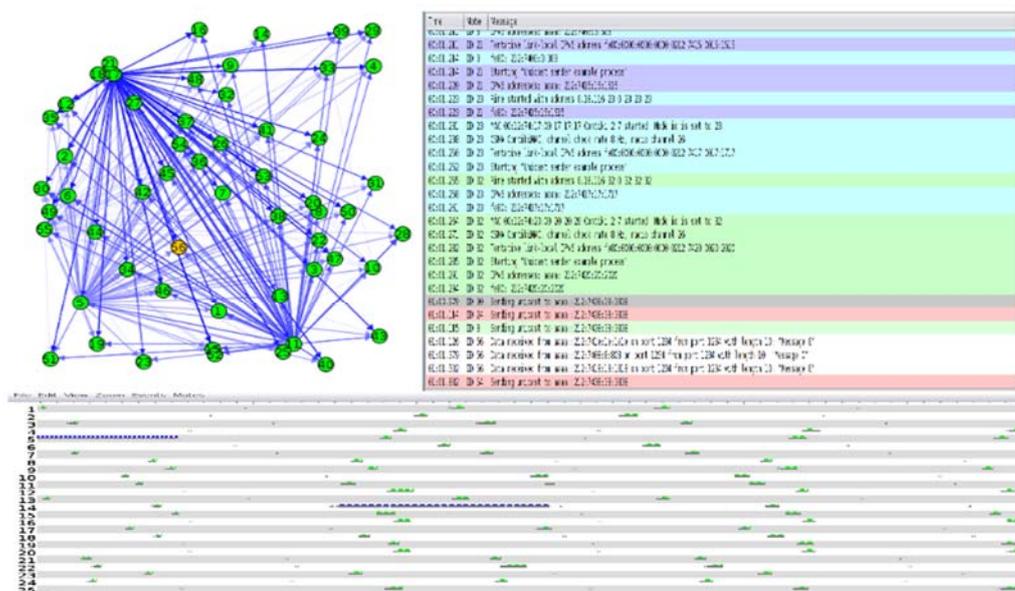


Рисунок. Моделирование сети в Сооја симуляторе

Симулятор NS3 так же является свободным программным обеспечением, распространяемым под лицензией GNU GPLv2, и ориентирован на исследовательское применение, а также применение в образовательных целях. Исходные коды NS3 так же открыты для исследования, модификации и использования.

NS3 является очень гибким и в то же время мощным средством моделирования за счёт использования C++ в качестве встроенного языка описания моделей. Помимо C++, может использоваться Python. Оба языка в симуляторе равноправны и принимаются для описания моделей телекоммуникационных систем.

В NS3 разработаны модели беспроводных типов сетей, позволяющие проводить моделирование даже с движущимися объектами в трёхмерном пространстве. Симулятор не имеет собственного графического интерфейса, однако для средств визуализации моделей используются проекты NetAnimator и PyViz [5].

Сравнительный анализ симуляторов Сооја и NS3 приведен в таблице.

ТАБЛИЦА. Сравнительный анализ симуляторов Cooja и NS3

Анализируемый параметр	Симулятор <i>Cooja</i>	Симулятор <i>NS3</i>
Возможность масштабирования сети	Есть	Есть
Возможность моделирования кластерных систем	Есть	Есть
Среда разработки	Симулятор реализован на Java, однако позволяет писать программы для сетевых устройств на языке C++	Язык C++ в качестве основного дает преимущества в производительности и использования памяти по сравнению с другими языками. Язык Python, будучи широко распространенным на данный момент за счет своей простоты и удобства, является прекрасным скриптовым языком. Для автоматической генерации привязок с C++ на Python в составе NS3 также имеется специальная утилита
Реализм	Модель строится на основе математических аппроксимаций к реальным объектам	Модель строится на основе математических аппроксимаций к реальным объектам
Топология	Возможность использования основных существующих топологий.	Возможность использования основных существующих топологий
Визуализация	Имеет графический интерфейс	Не имеет собственного графического интерфейса, для визуализации моделей необходимо использование графических проектов NetAnimator и PyViz

Сравнительный анализ Cooja и NS3 показал, что при выборе симулятора для моделирования беспроводной сенсорной сети необходимо учитывать, прежде всего, параметры исследования и модель сети.

С точки зрения исследования энергетически маломощных беспроводных сенсорных сетей с неравномерным распределением сенсоров мною был выбран симулятор Cooja, за счет реализации протокола RPL, в отличие от NS3, где реализованы только основные параметры данного протокола. Кроме того, удобнее использовать симулятор Cooja, т. к. он обладает собственным графическим интерфейсом, и визуализация существенно облегчает разработку.

В NS3 наблюдается трудоемкость разработки моделей на основе имеющихся. К примеру, для создания собственного заголовка пакета требуется каждое его поле прописывать в 4 разных методах класса, что увеличивает вероятность ошибок.

Список используемых источников

1. **Сети** связи пост-NGN / Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 160 с. – ISBN 978-5-9775-0900-8.
2. **Interconnecting** Smart Objects with IP: The Next Internet / J.-P. Vasseur, A. Dunkels. – California, USA: Morgan Kaufmann is an imprint of Elsevier, 2010. – 432 p.
3. **Efficient** Application Integration in IP-Based Sensor Networks / D. Yazar, A. Dunkels // The First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings. – 2009. – P. 43–48.
4. **Contiki** Operating System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.contiki-os.org/>. (Дата обращения 07.04.2015).
5. **Обзор** сетевого симулятора NS3 [Электронный ресурс] / В. Балашов // Международная конференция разработчиков и пользователей свободного программного обеспечения «Linux vacation / Eastern Europe» (LVEE), Гродно, Беларусь, 22–24 августа 2014 г. – Режим доступа: http://lvee.org/ru/reports/LVEE_2010_31. (Дата обращения 07.04.2015).

УДК 621.315

М. С. Былина

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПРИБОРОВ

В работе рассмотрены наиболее распространенные ошибки, совершаемые измерителями, и представлены рекомендации по практическому использованию рефлектометров, основанные на теоретических и экспериментальных исследованиях.

метод импульсной рефлектометрии, импульсный прибор, рефлектометр, TDR, двухпроводная цепь, рефлектограмма, согласование, симметрирующее устройство.

При проведении измерений на линиях связи и электропередачи широко применяется метод импульсной рефлектометрии, основанный на зондировании двухпроводных цепей (ДЦ) короткими импульсами напряжения. Приборы, реализующие этот метод, называются импульсными приборами или рефлектометрами (*Time Domain Reflectometer* – TDR) (рис. 1).

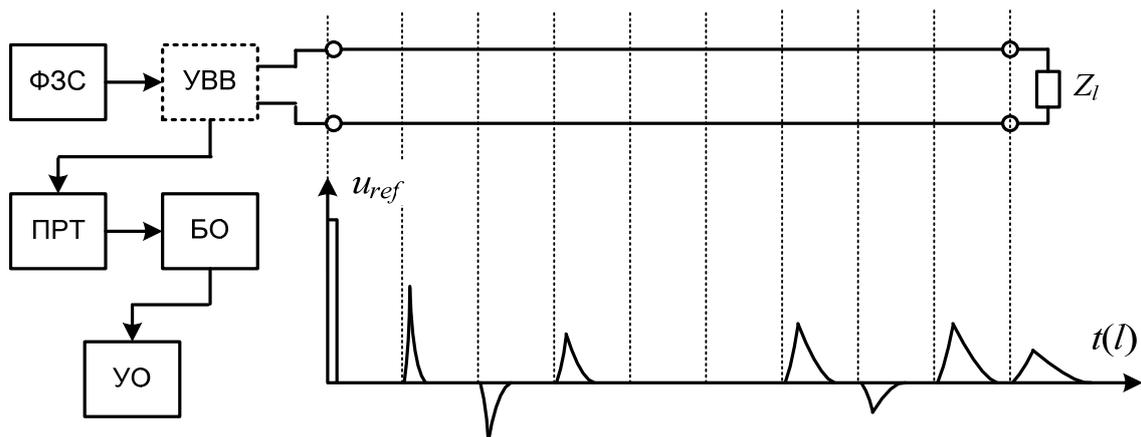


Рис. 1. Структурная схема TDR и рефлектограмма неоднородной линии

Зондирующие сигналы от формирователя (ФЗС) напрямую или через устройство ввода/вывода (УВВ) поступают в ДЦ. Распространяясь по ДЦ, импульсы отражаются от неоднородностей или повреждений. Совокупность отраженных импульсов образует сигнал обратного потока u_{ref} , который напрямую или через УВВ поступает в приемно-регистрирующий тракт (ПРТ) TDR, а затем на блок обработки (БО), осуществляющий накопление, логарифмирование и хранение u_{ref} . Затем u_{ref} поступает на устройство отображения (УО), на экране которого наблюдают рефлектограмму (РФГ) – зависимость u_{ref} от времени или расстояния. На РФГ неоднородной ДЦ (рис. 1) наблюдаются отраженные импульсы, амплитуда, форма и полярность которых зависит от характера неоднородностей, их количественных характеристик (коэффициентов отражения) и расстояний до них.

До начала 90-х гг. импульсные измерения входили в комплекс обязательных измерений [1, 2]. Однако из более поздних редакций нормативных документов они были изъяты [3], что повлекло за собой потерю интереса к методу импульсной рефлектометрии. В настоящее время многие специалисты ошибочно полагают, что он пригоден только для локализации грубых повреждений (обрыва и короткого замыкания). Такое отношение к высокоинформативному методу частично обусловлено незнанием или пренебрежением процедурами подготовки прибора к проведению измерений, которые включают согласование TDR с измеряемой ДЦ и правильную установку его параметров – коэффициента укорочения $k_{ук}$, диапазона измерения расстояния l_{max} , длительности зондирующего импульса (ЗИ) t_p , коэффициента усиления A . Кроме того, в некоторых случаях измерение симметричных ДЦ должно проводиться только с использованием симметрирующих устройств.

Процедура согласования выходной цепи TDR с волновым сопротивлением Z_v исследуемой ДЦ является обязательной. Для ее проведения необходим доступ к дальнему концу ДЦ. Процедура может проводиться при работе, исследуемой ДЦ в режиме короткого замыкания (КЗ) или хо-

лостого хода (ХХ). Поскольку условия согласования зависят от длительности ЗИ t_p , процедуру рекомендуется проводить при той же t_p , при которой будут осуществляться измерения. Предварительно следует установить l_{max} , более чем в 2 раза превышающим длину ДЦ. В этом случае на расстоянии $2l$ можно наблюдать сигнал, обусловленный трехкратным отражением от концов ДЦ (рис. 2а). Для согласования необходимо изменять выходное сопротивление TDR Z_{out} до максимального подавления этого сигнала.

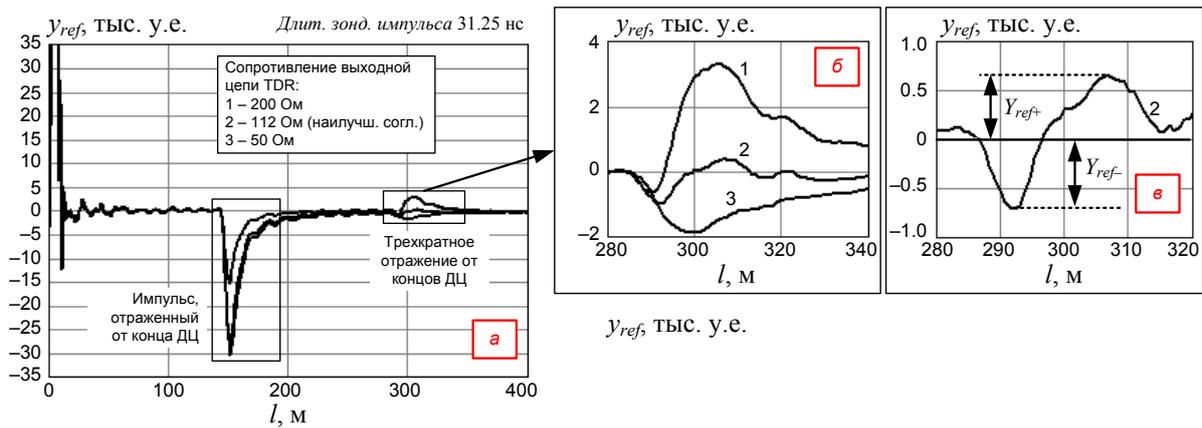


Рис. 2. Согласование выходной цепи TDR РЕЙС-205 с волновым сопротивлением ДЦ MAXILAN UTP Cat. 5е при работе линии в режиме короткого замыкания

Поскольку Z_{out} является активным (в отличие от Z_v), достичь полного согласования невозможно. При приближении к нему трехкратное отражение, изменит свою форму (рис. 2б), приобретя два выброса разной полярности. Критерием достижения согласования рекомендуется считать равенство амплитуд выбросов Y_{ref+} и Y_{ref-} (рис. 2в). Контролировать Y_{ref+} и Y_{ref-} рекомендуется при увеличенном A .

Установка k_{yk} . Коэффициент k_{yk} представляет собой отношение скорости света в вакууме c к скорости распространения импульсов по ДЦ V и определяет связь между временем и расстоянием на РФГ. Он устанавливается в соответствии с типом исследуемой ДЦ. Если k_{yk} неизвестен, но известна длина ДЦ l , тогда сначала устанавливают любое значение k_{yk0} , регистрируют рефлектограмму ДЦ, работающей в режиме КЗ или ХХ, измеряют по ней длину ДЦ l_{izm} и рассчитывают k_{yk} :

$$k_{yk} = k_{yk0} l / l_{izm} .$$

Полученное значение можно использовать для всех ДЦ данного типа.

Отметим, что устоявшееся среди специалистов-измерителей представление о k_{yk} как о параметре ДЦ является упрощенным. В действительности V , а значит, и k_{yk} зависят от формы и длительности ЗИ. Кроме того, отдельные ДЦ в многопарном симметричном кабеле имеют разные шаги скрутки, то есть разную длину и, следовательно, разные k_{yk} .

Поэтому k_{yk} в строгом смысле не является параметром ДЦ, а рекомендуемые в литературе его значения являются приближенными.

Таким образом, при измерениях длины кабеля и расстояний до неоднородностей по РФГ и использовании рекомендованного значения k_{yk} возникает погрешность. В [4, 5] показано, что последующая обработка зарегистрированной РФГ позволяет исключить эту погрешность.

Выбор l_{\max} . Обычно l_{\max} устанавливают в соответствии с полной длиной, измеряемой ДЦ l . При установке максимального расстояния, меньшего l , на РФГ могут возникнуть ложные (фантомные) отражения.

Выбор t_p осуществляется по двум критериям: 1) Отраженные от неоднородностей импульсы на РФГ должны иметь амплитуду, достаточную для их уверенной локализации; 2) Разрешающая способность РФГ на исследуемом участке должна по возможности обеспечить различение импульсов, отраженных от соседних неоднородностей. На основе методики [5] предложим выражение для определения оптимального значения $t_{p\ opt}$:

$$t_{p\ opt} = A \cdot \tau_0 \cdot l^2,$$

где τ_0 – удельная конструктивная постоянная ДЦ в нс/км² (этот параметр для разных ДЦ приведен, например, в [6]), l – расстояние в км, $A = 10.6 \cdot 10^{-9}$ – коэффициент аппроксимации.

Выбор A , а также начала и конца наблюдаемого участка РФГ осуществляется, исходя из цели проводимых измерений.

Проблемы, возникающие при исследовании симметричных КЦ. В настоящее время особую актуальность имеет исследование именно симметричных кабелей, которые продолжают использоваться на местных сетях. Современные TDR обычно имеют несимметричные входы/выходы с коаксиальными разъемами. При исследовании симметричных КЦ это может приводить к дополнительным погрешностям измерений. Проиллюстрируем это на двух примерах.

1. Одновременное подключение к TDR двух ДЦ. Схемы измерения представлены на рис. 3а и 3б, фрагменты РФГ ДЦ1, содержащие отраженные от повреждения импульсы – на рис. 3г. Видно, что подключение ДЦ2 исказило РФГ ДЦ1 и привело к возникновению погрешности измерения расстояния. Решением проблемы является использование симметрирующих устройств (СУ) (рис. 3в). В этом случае искажения отраженного импульса при подключении ДЦ2 на РФГ отсутствуют. При проведении измерений без СУ ко второму входу TDR нельзя подключать другие ДЦ.

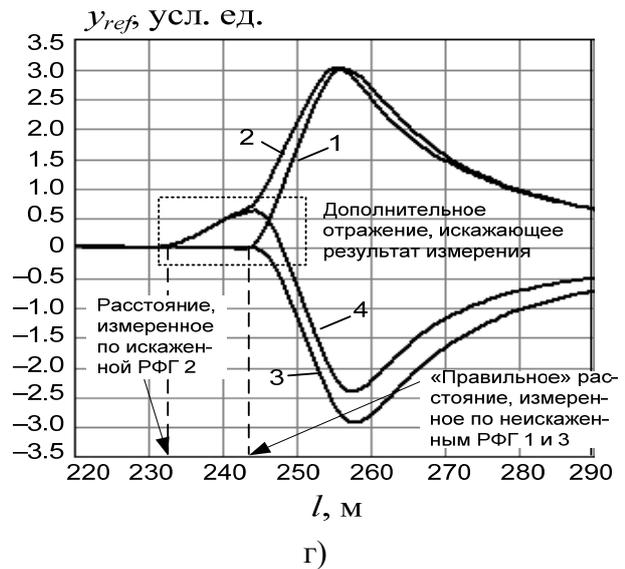
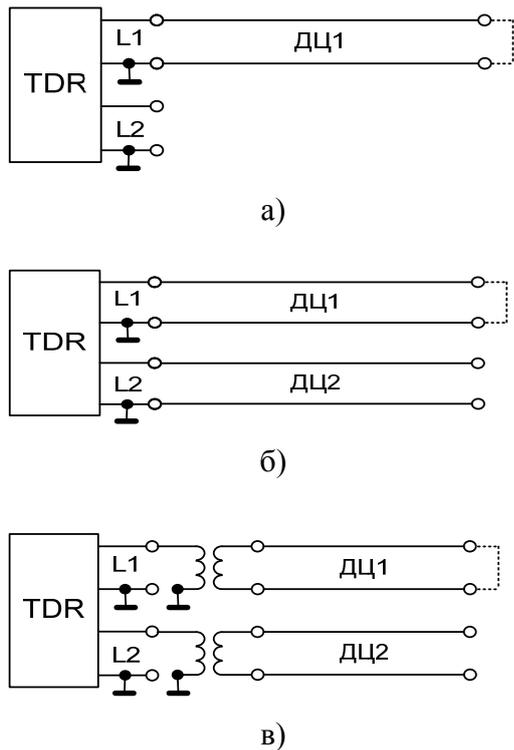


Рис. 3. Схемы подключения TDR к ДЦ (а, б, в). Фрагменты РФГ (г) ДЦ1 (MAXILAN UTP Cat. 5e), зарегистрированные в схемах а) (кривые 1 и 3) и б) (кривые 2 и 4). РФГ 1 и 2 содержат импульсы, отраженные от обрыва, 3 и 4 – от короткого замыкания

2. Измерение расстояния до места «разбитости» пар в режиме раздельных входа и выхода. Схемы измерения представлены на рис. 4а и 4б. На рис. 4в показаны РФГ, зарегистрированные в этих схемах. Видно, что несимметричное подключение приводит к существенному искажению отраженного импульса и увеличению погрешности локализации.

При работе с TDR без использования СУ в схеме на рис. 4а необходимо обращать внимание на порядок подключения проводников. При правильном включении к общему проводу подключаются исправный проводник одной пары и неисправный проводник другой пары. При неправильном включении РФГ дополнительно искажается.

Представленные материалы позволяют сформулировать следующие рекомендации:

1. *Специалистам-измерителям:* правильно выбирать параметры TDR и проводить его настройку с учетом измеряемой ДЦ и поставленных задач; при проведении измерений на симметричных кабелях использовать СУ.

2. *Разработчикам TDR:* предусмотреть возможность согласования прибора с ДЦ, обеспечить вывод установленных значений всех параметров на экран, предусмотреть возможность последующей обработки РФГ, включать СУ в комплект поставки прибора.

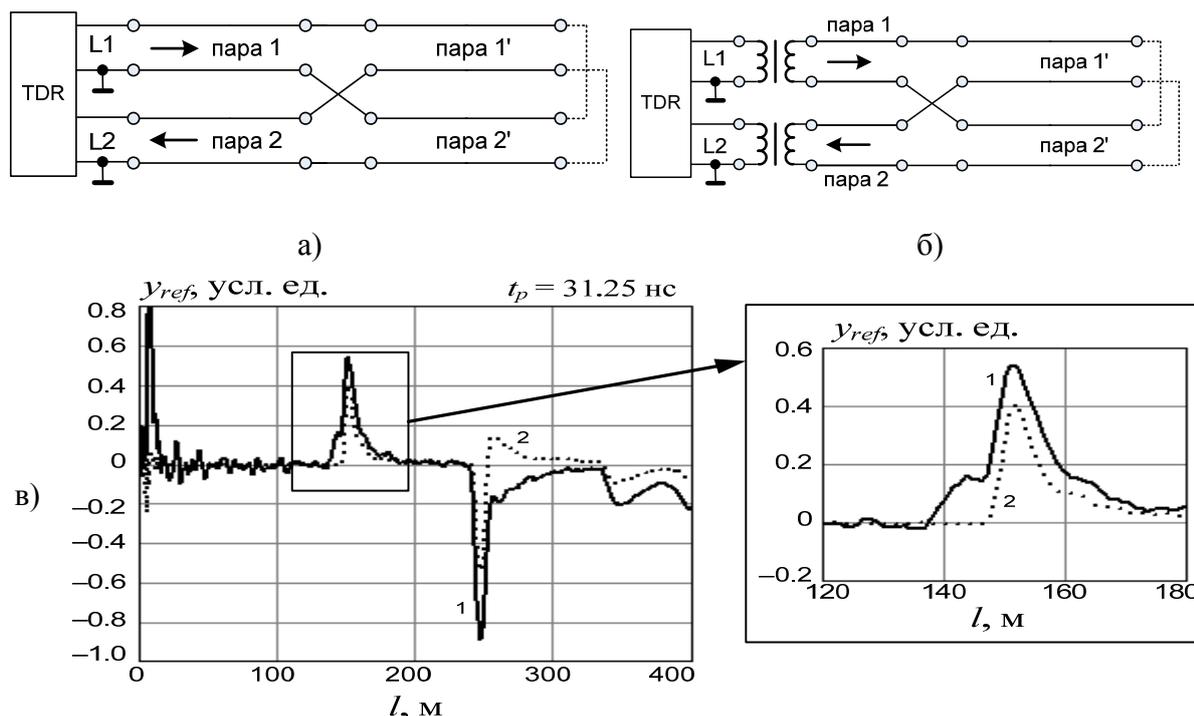


Рис. 4. Схемы подключения для локализации «разбитости» пар (а, б). Фрагменты РФГ (в), зарегистрированных в схемах а) (кривая 1) и б) (кривая 2)

Список используемых источников

1. **Руководство** по электрическим измерениям линий сельских телефонных сетей. – М. : Связь, 1977. – 152 с.
2. **Руководство** по электрическим измерениям линий магистральной и зонавой сетей связи. – М. : Связь, 1973. – 175 с.
3. **ОСТ 45.01-98**. Участки кабельные элементарные и секции кабельные линий передачи. Нормы электрические. Методы испытаний. – М. : Госкомсвязь России, 1998. – 13 с.
4. **Повышение** точности определения расстояний по рефлектограммам кабельных цепей / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев // КАБЕЛЬ-News. – 2011. – № 5. – С. 38–45.
5. **Новые** возможности импульсного метода измерений параметров кабелей для цифровых систем передачи / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев, А. С. Дюбов // Электро-связь. – 2010. – № 2. – С. 32–36.
6. **Временные** характеристики кабельных линий связи / В. А. Андреев. – М. : Радио и связь, 1986. – 105 с.

УДК 621.315

М. С. Былина

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИГНАЛА ОБРАТНОГО ПОТОКА ИЗ НЕОДНОРОДНОЙ ДВУХПРОВОДНОЙ ЦЕПИ

В данной работе предлагается уточненная математическая модель рефлектограммы неоднородной двухпроводной цепи, учитывающая комплексный характер ее волнового сопротивления, а также приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, подтверждающие справедливость предложенных соотношений.

метод импульсной рефлектометрии, импульсный прибор, рефлектометр, TDR, рефлектограмма, двухпроводная цепь, неоднородная двухпроводная цепь, неоднородность, математическая модель.

Для контроля однородности ДЦ и определения их параметров широко используется метод импульсной рефлектометрии, реализуемый рефлектометрами во временной области (TDR – *Time Domain Reflectometer*) [1]–[3], который основан на зондировании ДЦ короткими зондирующими импульсами (ЗИ) напряжения и последующей регистрации обратного потока – совокупности сигналов, отраженных от неоднородностей и повреждений.

В [3, 4] показано, что функциональные возможности данного метода измерений могут быть расширены, а погрешности определения расстояний уменьшены путем использования цифровой обработки рефлектограмм (РФГ), зарегистрированных существующими TDR. В основу обработки должна быть положена адекватная математическая модель неоднородной ДЦ и ее РФГ.

В [3, 5, 6] рассмотрены различные модели ДЦ. Наиболее универсальной является модель [6], в которой допускается, что неоднородную ДЦ можно разбить на q последовательно соединенных однородных участков с разными параметрами. В стыках между участками могут располагаться сосредоточенные неоднородности. В данной работе использован этот подход к моделированию ДЦ.

Моделью ДЦ, позволяющей рассчитать сигнал обратного потока U_{ref} в частотной области, является передаточная функция ДЦ по обратному потоку H_{ref} :

$$H_{ref}(p) = \sum_{i=0}^q H_{refi}(p) + \sum_{n=2}^q \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{m=0}^i H_{refimn}(p), \quad U_{ref}(p) = E(p) \cdot H_{ref}(p), \quad (1)$$

где E – зондирующий сигнал в частотной области, $H_{ref i}$ – передаточная функция, позволяющая описать сигнал, отраженный от i -й неоднородности, $H_{ref imn}$ – передаточная функция, позволяющая описать сигнал трехкратного отражения с участием неоднородностей i, m, n :

$$H_{ref i}(p) = R_{i+} \cdot \prod_{k=1}^i H_k^2 \cdot \prod_{n=0}^{i-1} (K_{n+} \cdot K_{n-}), \quad (2)$$

$$H_{ref imn}(p) = R_{i+} R_{m-} R_{n+} \cdot \prod_{u=1}^n H_u^2 \cdot \prod_{v=m+1}^i H_v^2 \cdot \prod_{u=0}^{n-1} (K_{u+} K_{u-}) \prod_{v=m+1}^{i-1} (K_{v+} K_{v-}). \quad (3)$$

В (2) и (3) входят передаточные функции по отражению $R_{i\pm}$ и пропусканию $K_{i\pm}$ i -й неоднородности, представляющие собой ее математическую модель. Их зависимость от направления распространения импульса учтена введением индекса «+» для прямого направления (от источника сигнала к нагрузке) и «-» для обратного (от нагрузки к источнику сигнала).

Во временной области моделью ДЦ является ее импульсная характеристика по обратному потоку g_{ref} , позволяющая рассчитать НАУ – сигнал обратного потока $u_{ref}(t)$:

$$g_{ref}(t) = \sum_{i=0}^q g_{ref i}(t) + \sum_{n=2}^q \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{m=0}^i g_{ref imn}(t), u_{ref}(t) = \int_{-\infty}^t e(\tau) g(t-\tau) d\tau, \quad (4)$$

где $g_{ref i}, g_{ref imn}$ – импульсные характеристики, полученные из (2) и (3) обратным преобразованием Лапласа.

Таким образом, для расчета обратного потока из неоднородной ДЦ необходимы модели ее однородных участков и сосредоточенных неоднородностей. Для H_i и g_i в [6, 7] предложены выражения:

$$H_i = \exp[-\gamma_i \cdot l_i], g_i(t) = \frac{\sqrt{t_0}}{\sqrt{\pi}(t-t_z)^{3/2}} \exp\left[-\frac{t_0}{t-t_z}\right] 1(t-t_z), \quad (5)$$

где $\gamma_i, \tau_{0i}, \tau_{zi}$ и l_i – постоянная распространения, удельная конструктивная постоянная, удельное время задержки и длина i -го однородного участка ДЦ, $t_0 = \tau_{0i} l_i^2$ и $t_z = \tau_{zi} l_i$ – постоянная времени и время задержки i -го участка ДЦ, $1(t)$ – функция Хевисайда, равная 0 при $t < 0$ и 1 при $t \geq 0$.

Передаточные характеристики сосредоточенных неоднородностей:

$$R_{i+} = \frac{U_{ref i+}}{U_{inc i+}} = \frac{Z_{in i+} - Z_{vi}}{Z_{in i+} + Z_{vi}}, K_{i+} = \frac{U_{tra i+}}{U_{inc i+}}, Z_{in i+} = \frac{U_{inc i+}}{I_{inc i+}}, \quad (6)$$

$$R_{i-} = \frac{U_{ref i-}}{U_{inc i-}} = \frac{Z_{in i-} - Z_{v(i+1)}}{Z_{in i-} + Z_{v(i+1)}}, K_{i-} = \frac{U_{tra i-}}{U_{inc i-}}, Z_{in i-} = \frac{U_{inc i-}}{I_{inc i-}}. \quad (7)$$

где $U_{inc i\pm}, I_{inc i\pm}$ – напряжение и ток в волне, падающей на i -ю неоднородность, $U_{tra i\pm}, I_{tra i\pm}$ – напряжение и ток в волне, прошедшей через i -ю неод-

нородность, $U_{ref\ i\pm}$, $I_{ref\ i\pm}$ – напряжение и ток в волне, отраженной от i -й неоднородности, Z_{vi} – волновое сопротивление i -го участка.

Моделирование сосредоточенных неоднородностей в [6] основывается на предположении, что при использовании для зондирования ДЦ коротких импульсов можно пренебречь комплексным характером Z_{vi} и его зависимостью от частоты. В данной работе показано, что в этом случае при расчете сигнала обратного потока могут возникать значительные погрешности, и предложена физически более правильная модель сосредоточенной неоднородности.

Для волнового сопротивления i -го участка справедливо приближенное выражение [7]:

$$Z_{vi} = Z_{vi\infty} + M_i / \sqrt{p}, \quad (8)$$

где $Z_{vi\infty}$ – волновое сопротивление i -го участка ДЦ в диапазоне высоких частот, M_i – коэффициент аппроксимации.

Из (1) определим обратный поток из однородной несогласованной по выходу ДЦ, формируемый единственным отражением от нагрузки:

$$U_{ref}(p) = E(p) \frac{Z - Z_v(p)}{Z + Z_v(p)} \exp[-2\gamma(p) \cdot l], \quad (9)$$

где Z – сопротивление нагрузки, Z_v – волновое сопротивление ДЦ. Для прямоугольного ЗИ $e(t)$ с длительностью t_p и амплитудой E_m :

$$E(p) = E_m (1 - \exp(-t_p p)) / p. \quad (10)$$

С учетом (8) и (10) из (9) можно получить аналитическое выражение для расчета $u_{ref}(t)$:

$$u_{ref}(t) = E_m (v(t - t_z) \cdot 1(t - t_z) - v(t - t_z - t_p) \cdot 1(t - t_z - t_p)), \quad (11)$$

где $v(t) = (R_z + 1) \cdot \exp(ak) \cdot \exp(a^2 t) \cdot \operatorname{erfc}(a\sqrt{t} + \sqrt{t_0/t}) - \operatorname{erfc}(\sqrt{t_0/t})$, $k = \sqrt{4\tau_0} 2l$, $R_z = (Z - Z_{v\infty}) / (Z + Z_{v\infty})$, $a = M / (Z + Z_{v\infty})$. Без учета комплексного характера Z_v для $u_{ref}(t)$ также справедливо (11), где $v(t) = R_z \cdot \operatorname{erfc}(\sqrt{t_0/t})$.

На рисунке 1 представлены фрагменты экспериментально зарегистрированных и теоретически рассчитанных по выражению (11) РФГ. Видно, что учет комплексного характера Z_v позволяет более точно описать отраженный сигнал, а погрешность, обусловленная пренебрежением комплексным характером Z_v , увеличивается при приближении к режиму согласования.

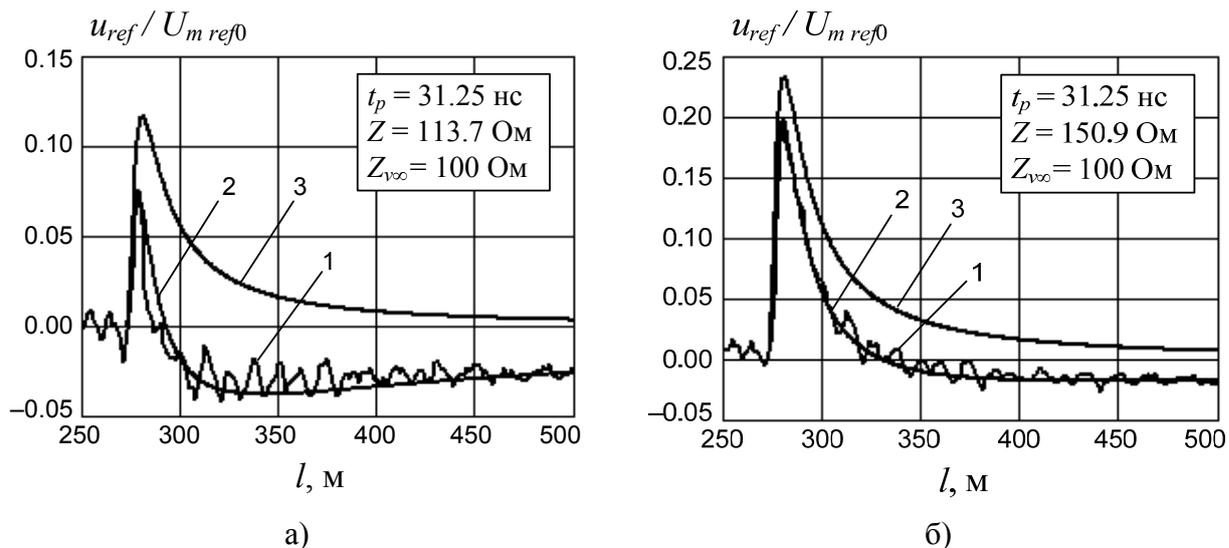


Рис. 1. Фрагменты РФГ ДЦ NEXANS UTP 5е длиной 270 м, содержащие отраженные от несогласованной нагрузки импульсы: а) экспериментально зарегистрированные (1), теоретически рассчитанные с учетом (2); б) без учета (3) комплексного характера волнового сопротивления

Из (1) определим обратный поток из согласованной ДЦ, состоящей из двух однородных участков с разными параметрами:

$$U_{ref}(p) = E(p) \frac{Z_{v2}(p) - Z_{v1}(p)}{Z_{v2}(p) + Z_{v1}(p)} \exp[-2\gamma_1(p) \cdot l_1], \quad (22)$$

где $Z_{v1} = Z_{v1\infty} + M_1/\sqrt{p}$, $Z_{v2} = Z_{v2\infty} + M_2/\sqrt{p}$ – волновые сопротивления однородных участков, γ_1 и l_1 – постоянная распространения и длина первого участка. $u_{ref}(t)$ при использовании прямоугольного зондирующего импульса будет определяться выражением (11), в котором $v(t) = (R_z - R_m) \exp(ak) \cdot \exp(a^2 t) \cdot \operatorname{erfc}(a\sqrt{t} + \sqrt{t_0/t}) + R_m \cdot \operatorname{erfc}(\sqrt{t_0/t})$, $t_0 = 4\tau_{01}l_1^2$, $t_z = 2\tau_{z1}l_1$, $R_z = (Z_{v2\infty} - Z_{v1\infty}) / (Z_{v2\infty} + Z_{v1\infty})$, $R_m = (M_2 - M_1) / (M_1 + M_2)$, $a = (M_1 + M_2) / (Z_{v1\infty} + Z_{v2\infty})$, $k = \sqrt{4\tau_{01}} 2l_1$, τ_{01} и τ_{z1} – конструктивная постоянная и удельное время задержки 1-го участка ДЦ.

На рисунке 2 показаны фрагменты РФГ, содержащие импульсы, отраженные от стыка двух ДЦ ТПП с разными диаметрами жил: на участке 1 диаметр жил составлял 0.4 мм ($Z_{v\infty} = 100$ Ом, $M = 32$ Ом/мкс^{0.5}), на участке 2 – 0,5 мм ($Z_{v\infty} = 100$ Ом, $M = 40$ Ом/мкс^{0.5}). Поскольку для этих КЦ волновые сопротивления в диапазоне высоких частот одинаковы, пренебрежение их комплексным характером не позволит рассчитать отраженный от стыка сигнал.

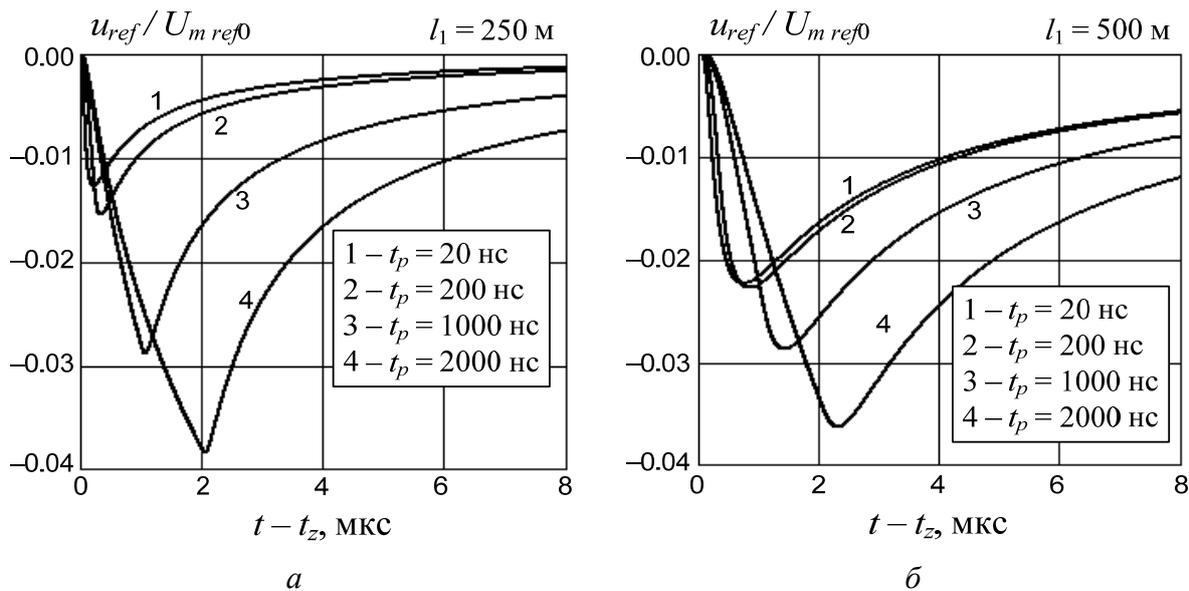


Рис. 2. Теоретически рассчитанные фрагменты РФГ ДЦ, состоящих из двух однородных участков, содержащие отраженные от стыка импульсы. Длина первого участка составляла 250 м (а) и 500 м (б)

Предложенные в данной работе математические модели обратного потока из неоднородной ДЦ являются наиболее полными и математически строгими по сравнению с другими известными моделями. На их основе, а также с использованием предлагаемых в [3, 4] алгоритмов цифровой обработки в настоящее время создается программный пакет для анализа РФГ, зарегистрированных цифровыми TDR.

Список используемых источников

1. **Импульсные** измерения коаксиальных кабелей связи / А. С. Воронцов, П. А. Фролов. – М. : Радио и связь, 1985. – 96 с.
2. **Измерения** на медных кабельных линиях связи / Р. В. Андреев, В. Б. Попов, А. А. Воронков, В. В. Лапшин. – Самара : СРТТЦ ПГУТИ, 2013. – 298 с.
3. **Исследование** импульсного метода измерений параметров двухпроводных кабельных цепей / Автореф. дис. ... канд. техн. наук // М. С. Былина. – СПб., 2006. – 16 с.
4. **Теоретическое** и экспериментальное исследование импульсного метода измерений параметров неоднородных двухпроводных цепей / М. С. Былина // Бюллетень результатов научных исследований. – 2014. – № 3 (12). – С. 5–22.
5. **Фурье-диагностика** неоднородностей линии связи // Е. М. Вишняков // Научная сессия МИФИ. – М., 2007. – С. 224–225.
6. **Универсальная** математическая модель сигнала обратного потока кабельной цепи / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев // X Всероссийская конференция «Современные технологии проектирования, строительства и эксплуатации линейно-кабельных сооружений» (СТЛКС), Санкт-Петербург, Россия, 15–17 марта 2011 г. – С. 70–75.
7. **Теория** многопроводных линий связи / В. А. Андреев. – М. : ИРИАС, 2006. – 162 с.

УДК 621.391.7

О. Д. Бырдина, С. В. Мурилова, К. А. Небаева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СТЕГОСИСТЕМ В КАНАЛАХ С ШУМОМ

Рассматривается сценарий, в котором атакующий может перехватить стего-сигнал только по каналу связи с шумом при строгом условии, что атакующий может знать покрывающий объект. Предлагается использовать стегосистему с рассредоточением во времени, с использованием корректирующих кодов.

стегосистема с рассредоточением во времени, канал с шумом, корректирующие коды.

Стеганография является специфической техникой, повышающей информационную безопасность, которая вкладывает скрытую информацию в «невинный» покрывающий объект (ПО) при условиях, что ПО остается хорошего качества и присутствие дополнительной информации в ПО не может быть обнаружено.

Для того чтобы не допустить статистического обнаружения атакующих на стегосистему, необходимо обеспечить следующий принцип: статистические данные покрывающего сообщения и сигнала стегосистемы должны быть идентичны для анализа на некотором временном интервале.

Однако, для реализации данного принципа, разработчик стегосистемы должен владеть статистикой ПО, где ПО – реальный видео или аудиосигнал. В то же время, это весьма трудная задача – полностью изучить распределение ПО.

Для решения данной проблемы в [1]–[4] предлагается построить СГС с рассредоточением во времени (СРВ).

В данной статье, для улучшения эффективности СРВ, рассмотрим СРВ с использованием корректирующих кодов. В этом случае процедура вложения выглядит следующим образом:

$$C_w(n_j) = \begin{cases} C(n_j) + (-1)^{b_{ij}} \sigma_w \pi(n_i) & \text{с вероятностью } P_0 \text{ для } n = 1, 2, \dots, N, \\ C(n_j) & \text{с вероятностью } 1 - P_0 \end{cases}$$

где b_{ij} – это j -й бит в i -м кодовом слове длины $N_0 = N_s/l$, l – целое положительное число.

Стегосистема после прохождения через канал связи:

$$C'_w(n) = C_w(n) + \varepsilon(n), \varepsilon(n) \in i. i. d, N(0, \sigma_\varepsilon^2).$$

Обнаружение СГС:

$$H_0: \widetilde{C}_w(n) \in N(0, \sigma_\varepsilon^2),$$

$$H_1: \widetilde{C}_w(n) \in N(0, \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\omega^2).$$

Оценка секретности СГС:

$$\eta_\omega = 0,62 \sqrt{\frac{N_0}{D}}, \text{ где } \eta_\omega = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_\omega^2},$$

где D – относительная энтропия, определяющая секретность.

Для простоты рассмотрим бинарные линейные систематические (N_0, k, d) -коды, изменяя i в интервале $\{1, 2, \dots, 2^k - 1, 2^k\}$, где d – это минимальное кодовое расстояние. В таком случае информированный декодер принимает решение о вложении i -го кодового слова, вычисляя

$$i = \arg \max_{0 \leq i' \leq 2^k} \sum_{j=1}^{N_0} (C'_w(n_j) - C(n_j)) (-1)^{b_{i'j}} \pi(n).$$

Тогда число безопасно вложенных бит $m = k \cdot l$ и вероятность блочной ошибки P_{be} , может быть представлена следующим образом:

$$P_{be} \leq (2^k - 1) Q \left(\sqrt{\frac{d}{\eta_w + 2}} \right) \leq \exp \left(-\frac{d}{2(\eta_w + 2)} + RN_0 \ln 2 \right).$$

Так как отношение сигнал/шум η_w^{-1} является типично малым, ограничимся рассмотрением линейных кодов, исправляющих ошибки высокой кратности. Это симплексные коды (СК) и Коды Рида-Маллера (КРМ) [5]. СК имеют следующие основные параметры: $N_0 = 2^v - 1, k = v, d = 2^{v-1}, R = v/N_0$, где v – некоторое целое число, тогда как для КРМ: $N_0 = 2^v, k = \sum_{i=1}^r \binom{v}{i}, d = 2^{v-r}$, где $v \geq 3$ и r – целое число (порядок КРМ).

Теперь необходимо зафиксировать абсолютное число отрезков N , уровень безопасности P , вероятность блочной ошибки P_{be} , параметр η_w и оптимизировать параметры кода N_0, v и r для того чтобы обеспечить наибольшее количество секретно вложенных бит m .

Например. Возьмем $N = 10^7, P \geq 0.4, P_{be} \leq 10^{-3}, \eta_w = 20$. Тогда для СК оптимальные параметры: $v = 10, k = 10$, абсолютное количество секретно вложенных бит $m = k \cdot \frac{N_s}{N_0} = 442$. Для усиления надежности системы, можно использовать класс КРМ, с оптимальными параметрами $v = 14, r = 2, k = 105$ для ограничений $P \geq 0.4, P_{be} \leq 10^{-9}, \eta_w = 20$, оптимальное число вложенных бит $m = 290$.

Таким образом, показано, что использование кодов, исправляющих ошибки приводят либо к увеличению числа безопасно вложенных бит либо к повышению надежности.

Список используемых источников

1. **Stegosystems** based on noisy channels / V. Korzhiik, M. N. Lee, G. Morales-Luna // The IX Spanish Meeting on Cryptology and Information Security, Univ. Aut. Barcelona, September 7–9, 2006. – PP. 379–387.
2. **Undetectable** spread-time stegosystem based on noisy channels / V. Korzhiik, G. Morales-Luna, K. Loban // Of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology, Wisla, Poland, October 18–20, 2010. – PP. 723–728.
3. **Стегосистема** с рассредоточением во времени для каналов с гауссовским шумом / В. И. Коржик, К. А. Лобан // Труды учебных заведений связи. – 2009. – № 181. – С. 23–32.
4. **Защита** информации на основе кодового зашумления. Часть 1. Теория кодового зашумления / В. А. Яковлев; под редакцией В. И. Коржика. – СПб. : ВАС, 1993. – 245 с.
5. **The Theory** of Error Correcting Codes / F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane // North-Holland Mathematical Library. – North-Holland, 1983. – 763 p.
6. **An information** theoretic model for steganography /C. Cachin // In: International Workshop on Information Hiding 1998, Springer LNCS, 1998. – PP. 306–318.
7. **Mathematische** statistic / B. Van der Warden // Springer (1957). – 340 p.

УДК 654.078

Е. В. Васильев, О. А. Симонина

**АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТИЗАЦИИ
В СЕТЯХ С ВЫСОКОЙ МОБИЛЬНОСТЬЮ УЗЛОВ**

Предлагается новая модель протокола маршрутизации для сетей ATN, которая позволит сократить время перестроения, создания или удаления маршрута за счет предсказания ситуации, которая произойдет в следующий момент времени, чтобы производить маршрутизацию по «будущим маршрутам».

ATN, маршрутизация, беспроводные сети.

Одной из перспективных сетевых технологий сегодня является Airborne Tactical Networks (ATNs) – сеть, обеспечивающая защищенное соединение между летательными аппаратами (вертолет, самолет и т. д.), число которых в одной подсети может достигать нескольких десятков. ATN должна решать большое количество задач, связанных с обеспечением безопасности, уменьшением задержек, увеличением радиуса действия сети и использованием уже установленного оборудования на летательных аппаратах [1]. Также требуется разработка новых подходов к маршрутизации [2, 3]. Современные протоколы маршрутизации неэффективны в условиях быстро меняющейся топологии сети, постоянной смены маршрутов, крайне малом времени установления и разрушения канала. На рисунке 1

приведена типичная сеть АТН, которая реализует взаимодействие на нескольких уровнях: земля – самолет, самолет – самолет, самолет – спутник. При этом все сообщение в сети происходит на достаточно высокой скорости (самолеты ~ 1800 км/ч, вертолеты ~220 км/ч).

Для обеспечения маршрутизации в сетях АТН предлагается использовать вероятностный подход, который позволит прогнозировать ситуацию в сети в следующий момент времени. Время – ключевой показатель при проектировании сети с высокой мобильностью. Основная цель алгоритма маршрутизации в превентивном отсечении маршрутов, которые станут недоступны в ближайшее время, а также предсказание появления новых маршрутов. Для этого хорошо подойдут проактивные протоколы маршрутизации в беспроводных сетях, так как они позволяют хранить полную таблицу маршрутизации на каждом узле. По причине высокой мобильности узлов применение реактивных протоколов, таких как AODV, видится нецелесообразным: поиск пути производится по требованию, что приводит к задержкам при установлении соединения.

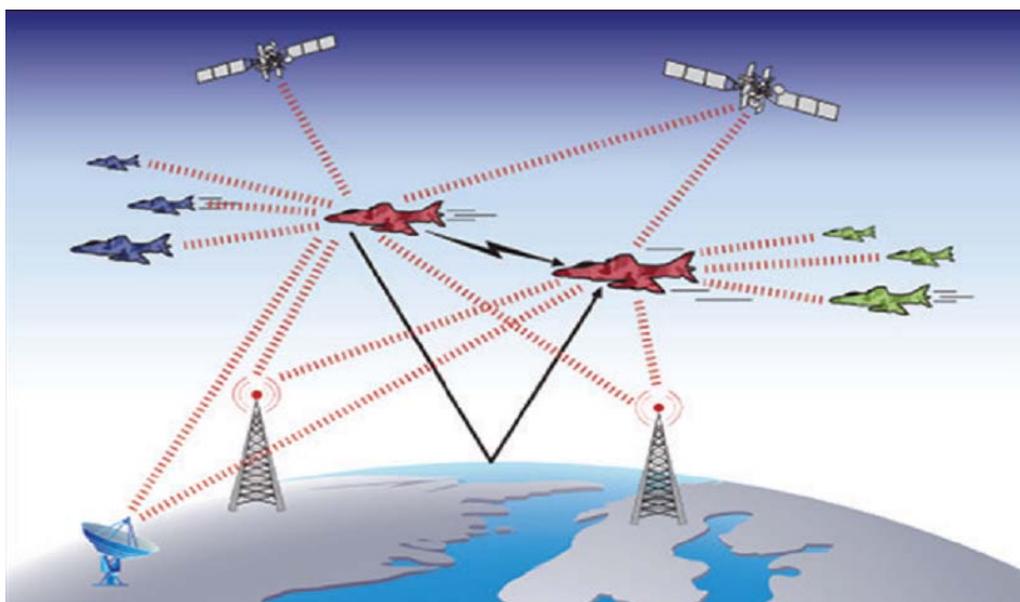


Рис. 1. Сеть АТН [1]

Использование вероятностного подхода целесообразно при использовании реальной физической модели высокоскоростного движения в небе. Самолеты, двигаясь на высокой скорости, не могут изменить свое направление движения мгновенно, а двигаются по инерции, что позволяет предсказать положение самолета в следующий момент времени с высокой вероятностью. Также, в небе объекты находятся друг от друга в прямой видимости, следовательно, на качество передачи сигнала может влиять состояние канала (погодные условия, атака на сеть и т. д.), но не наличие препятствий и т. п.

Основная идея алгоритма заключается в предсказании невалидности маршрута. Предполагается, что узлы могут передавать своим соседям набор параметров, необходимых для вычисления метрики: собственную скорость, вектор направления движения и текущие координаты, а также рассчитанное качество канала, представленное как соотношение сигнал/шум. Принимающий информацию узел на основе принятых параметров определяет вероятность невалидности маршрута в течение критического времени T_0 и отправляет сообщение об ошибке, обнуляющее метрику. Обозначим состояние канала Q . Тогда частота, с которой должен производиться опрос узла, чтобы всегда знать о состоянии соседа можно задать формулой:

$$v = f(\ln(Q/Q_{min})),$$

где Q – текущее отношение сигнал/шум, Q_{min} – пороговое значение отношения сигнал/шум.

На рисунке 2 представлен график эффективности работы алгоритма в случае удаления узлов друг от друга.

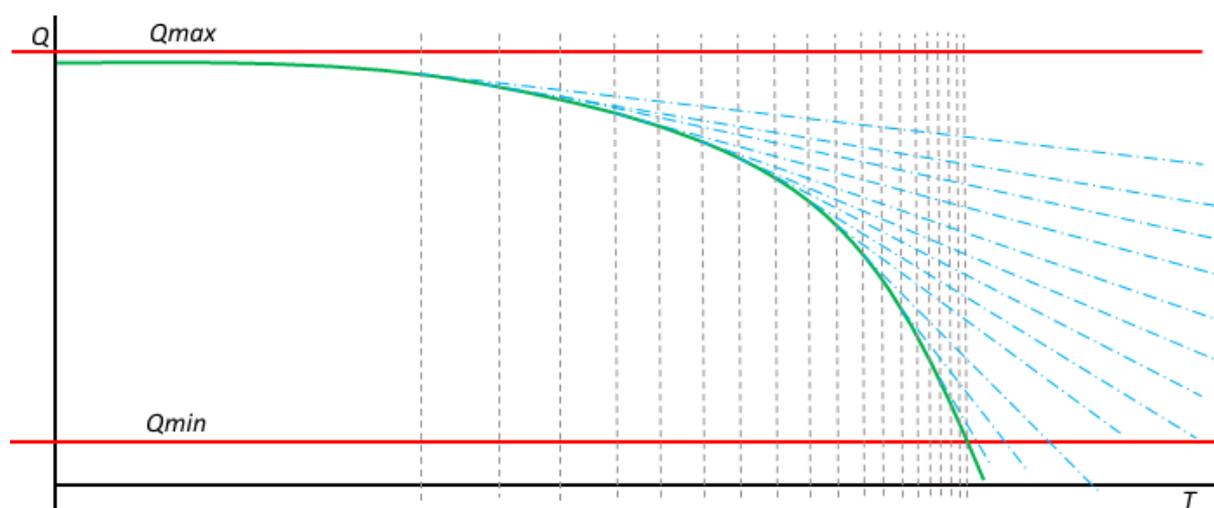


Рис. 2. Пример расчета для удаляющегося узла

Второй сценарий, обрабатываемый алгоритмом, это добавление новых путей при перестройке маршрутов внутри сети. В этом случае используются следующие параметры: скорость, текущие координаты, вектор движения и радиус покрытия антенны. На их основе каждый узел рассчитывает возможность установления связи для двух своих соседей напрямую: соседи смогут общаться друг с другом, минуя промежуточный узел, на котором производится расчет. На рисунке 3 показана ситуация, в которой недоступный ранее узел C входит в зону покрытия узла A . В этом случае для узла A станут доступны новые маршруты до узлов D и E через узел C .

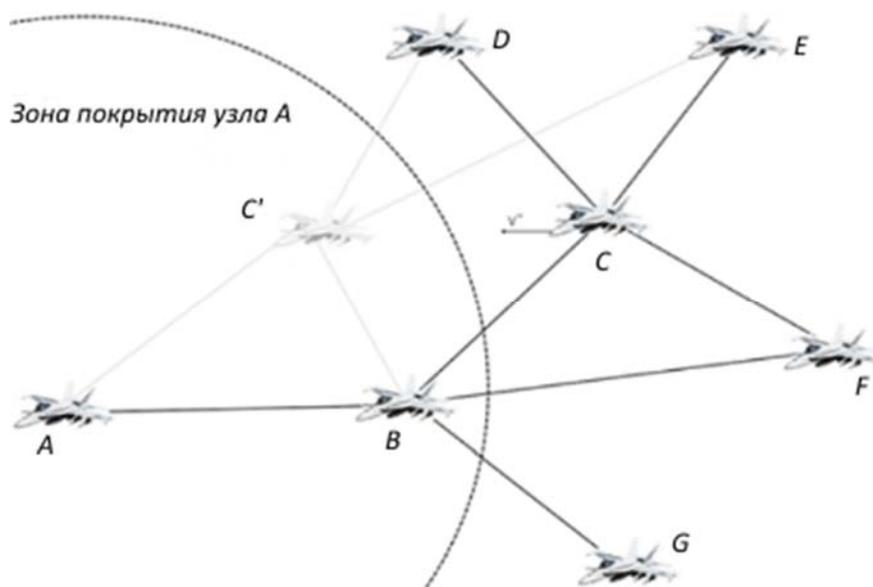


Рис. 3. Добавление новых путей

Алгоритм по поиску новых маршрутов, можно представить в виде:

```

begin
  while True:
    инициализируем список соседних узлов  $N$ 
    for each соседнего узла  $n \in N$  loop
      инициализируем  $fromSpeed, fromDirection, fromPosition \in n$ 
       $fromNextPos \leftarrow evaluateNextPos(fromSpeed, fromDirection, fromPosition)$ 
      for each соседнего узла  $s \in N$  loop
        if ( $s \neq n$ ) then
          инициализируем  $toSpeed, toDirection, toPosition, radius \in s$ 
           $toNextPos \leftarrow evaluateNextPos(toSpeed, toDirection, toPosition)$ 
          if ( $fromNextPos \in \{сфера(R = toNextPos + radius)\}$  and
             $fromPosition \notin \{сфера(R = toPos + radius)\}$ ) then
            request( $s$ , путь от  $s$  до  $n$ )
            request( $n$ , путь от  $n$  до  $s$ )
          end if
        end if
      end loop
    end loop
  end loop
end

```

Приведенный в статье алгоритм маршрутизации в сетях ATN с высокой мобильностью узлов позволит сократить время, требуемое для установления соединения, за счет превентивного поиска маршрута. К преимуществам можно отнести относительную простоту алгоритма с использованием реального движения объектов. Однако, алгоритм не учитывает внешние факторы влияния на сеть (эффект Доплера, метеоусловия) и не ориентирован на безопасность передачи.

Список используемых источников

1. **Design** considerations for next-generation airborne tactical networks / B. N. Cheng et al. // Communications Magazine, IEEE. – 2014. – Т. 52. – N 5. – С. 138–145.
2. **Network-coded** connected dominating set relaying for airborne tactical networks / L. Veytser, B. N. Cheng // Proceedings of the third ACM workshop on Airborne networks and communications. – ACM, 2014. – С. 11–16.
3. **Protocols** for highly-dynamic airborne networks / E. K. Çetinkaya et al. // Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking. – ACM, 2012. – С. 411–414.

УДК 621.391

С. С. Владимиров

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА МАЖОРИТАРНОГО
ДЕКОДИРОВАНИЯ КОМБИНАЦИИ ЭКВИДИСТАНТНОГО КОДА
ПО k ЛИНЕЙНО-НЕЗАВИСИМЫМ ЭЛЕМЕНТАМ**

В работе рассматривается алгоритм мажоритарного декодирования комбинации эквидистантного кода по k линейно-независимым элементам. Приводятся вероятностные характеристики алгоритма декодирования, полученные методом моделирования. Предлагается метод применения алгоритма для декодирования ошибок и стираний.

эквидистантный код, последовательность максимальной длины, помехоустойчивое кодирование, вероятностные характеристики

Эквидистантным называется такой код, в котором расстояние между любыми двумя различными кодовыми словами одинаково. Рассмотрим подвид эквидистантных кодов – последовательности максимальной длины [1].

Последовательность максимальной длины (ПМД, *Maximum length sequence*, MLS) – это псевдослучайная двоичная последовательность, которая формируется в регистре сдвига с линейной обратной связью и имеет максимальный период. Для формирования ПМД необходимо задать характеристический многочлен $p(x)$, который определяет вид регистра сдвига, и начальное значение ячеек регистра – начальную фазу [1].

Вместе с тем, ПМД можно рассмотреть, как псевдослучайную двоичную периодическую последовательность, построенную над полем Галуа $GF(2^m)$ в соответствии с его характеристическим многочленом $p(x)$. При таком рассмотрении ПМД можно рассчитать через функцию-след как рекуррентную последовательность [1, 2].

$$\{s\} = [s_0, s_1, \dots, s_{2^m-2}] = [T(\varepsilon^z), T(\varepsilon^{z+1}), \dots, T(\varepsilon^{z+2^m-2})] = [T(c), T(c\varepsilon), \dots, T(c\varepsilon^{2^m-2})],$$

где $c = \varepsilon^z$ – начальная фаза ПМД, которая является элементом поля Галуа.

Сама функция-след рассчитывается как

$$T(\varepsilon^i) = \varepsilon^i + (\varepsilon^i)^2 + (\varepsilon^i)^{2^2} + \dots + (\varepsilon^i)^{2^{m-1}} = \sum_{j=0}^{m-1} (\varepsilon^i)^{2^j}.$$

Совокупность ПМД $\{s\}$, построенных над полем $GF(2^m)$ для всех возможных начальных фаз можно представить, как помехоустойчивый (n, k) код, где $k = m$, а $n = 2^k - 1$ (соответствует периоду ПМД). Этот код можно рассматривать, как систематический, предполагая, что информационными являются первые k элементов последовательности, и как несистематический – в этом случае информационными элементами является начальная фаза ПМД. Минимальное кодовое расстояние такого кода равно $d_{\min} = 2^{k-1}$.

Для примера рассмотрим ПМД длиной 15, построенную над полем $GF(2^4)$. Она представляет из себя двоичный эквидистантный код $(15, 4)$ с $d_{\min} = 8$. Такой код гарантированно исправляет $t = 3$ ошибки.

Поскольку ПМД $\{s\}$ полностью определяется видом характеристического многочлена, образующего поле Галуа, и начальной фазой $c = \varepsilon^z$, то при заранее заданном характеристическом многочлене задача декодирования ПМД сводится к определению начальной фазы c .

Для решения задачи декодирования ПМД выбираются k линейно-независимых элементов последовательности $\{s\}$, а именно

$$s_{i_1}, s_{i_2}, s_{i_3}, \dots, s_{i_k},$$

из которых составляется система уравнений:

$$\begin{aligned} s_{i_1} &= T(\varepsilon^{z+i_1}) = T(c\varepsilon^{i_1}) = f_1(a_0, a_1, \dots, a_{k-1}), \\ s_{i_2} &= T(\varepsilon^{z+i_2}) = T(c\varepsilon^{i_2}) = f_2(a_0, a_1, \dots, a_{k-1}), \\ &\dots \\ s_{i_k} &= T(\varepsilon^{z+i_k}) = T(c\varepsilon^{i_k}) = f_k(a_0, a_1, \dots, a_{k-1}), \end{aligned}$$

где a_0, a_1, \dots, a_{k-1} – коэффициенты разложения начальной фазы ПМД по левому степенному базису поля, то есть, двоичное представление начальной фазы ПМД [1, 2].

Данную систему уравнений можно преобразовать в матричный вид:

$$S = \Theta \cdot A,$$

где S – вектор-столбец k линейно-независимых элементов; Θ – матрица коэффициентов, имеющая однозначное соответствие с позициями линейно-независимых элементов в ПМД и не зависящая от начальной фазы; A –

вектор-столбец коэффициентов начальной фазы ПМД (равен начальной фазе) [1, 2].

Если эта система уравнений линейно-независима, то ее решение относительно элементов a_0, a_1, \dots, a_{k-1} дает векторное представление элемента $c = \varepsilon^z$, определяющего начальную фазу последовательности $\{s\}$.

Для решения вышеприведенной системы уравнений используется следующая формула:

$$A = \Theta^{-1} \cdot S,$$

где Θ^{-1} — обратная матрица для матрицы Θ [1, 2].

Таким образом, любые k линейно-независимых элементов ПМД позволяют вычислить ее начальную фазу. Если же в ПМД есть ошибка, то те комбинации k линейно-независимых элементов, которые попадают на ошибку, дадут при вычислении начальной фазы другой результат. Следовательно, перебирая все k -элементные линейно-независимые комбинации S и соответствующие им обратные матрицы, можно организовать мажоритарную обработку ПМД [1, 2].

Этот алгоритм верен и для систематического и для несистематического кода на основе ПМД. Отличие состоит в том, что для несистематического кода информационные элементы получаются сразу (они являются начальной фазой ПМД), а в систематическом коде их необходимо вычислить по полученной начальной фазе.

Для определения самих k -элементных линейно-независимых комбинаций удобно использовать метод полного перебора с проверкой каждой комбинации на независимость. Для рассматриваемого в качестве примера кода (15, 4) найдено 840 k -элементных линейно-независимых комбинаций [2].

При проведении процедуры декодирования сами линейно-независимые комбинации и соответствующие им обратные матрицы удобно вычислять заранее и хранить в базе, откуда их будет считывать декодер. При этом линейно-независимые комбинации удобно хранить в виде так называемых «масок». Для примера приведена одна из «масок» рассматриваемой в докладе ПМД длиной 15: 100110001000000. Длина маски равна длине ПМД, а единицами отмечены позиции линейно-независимых элементов. Наложив «маску» на принятую ПМД, декодер сразу получает линейно-независимые элементы [2].

На рисунке 1 показан упрощенный вариант алгоритма для проведения моделирования. В нем не учитывается возможность декодирования по мере приема кодовой комбинации и возможность завершения декодирования еще до конца приема всей кодовой комбинации [2].

Использование данного алгоритма позволяет применить механизмы адаптации к каналу. Всего имеется 840 комбинаций, по которым производится декодирование, и эти комбинации равномерно распределены по всей

длине ПМД. Следовательно, если рассмотреть канал с равномерным распределением ошибок, то можно предположить, что использовать комбинации, включающие близко расположенные элементы, не имеет смысла, поскольку они с большой вероятностью будут накладываться на ошибочные элементы, и в таком случае можно использовать комбинации, распределенные по длине ПМД. В случае, когда речь идет о канале с группированием ошибок, разумно наоборот использовать сгруппированные комбинации.

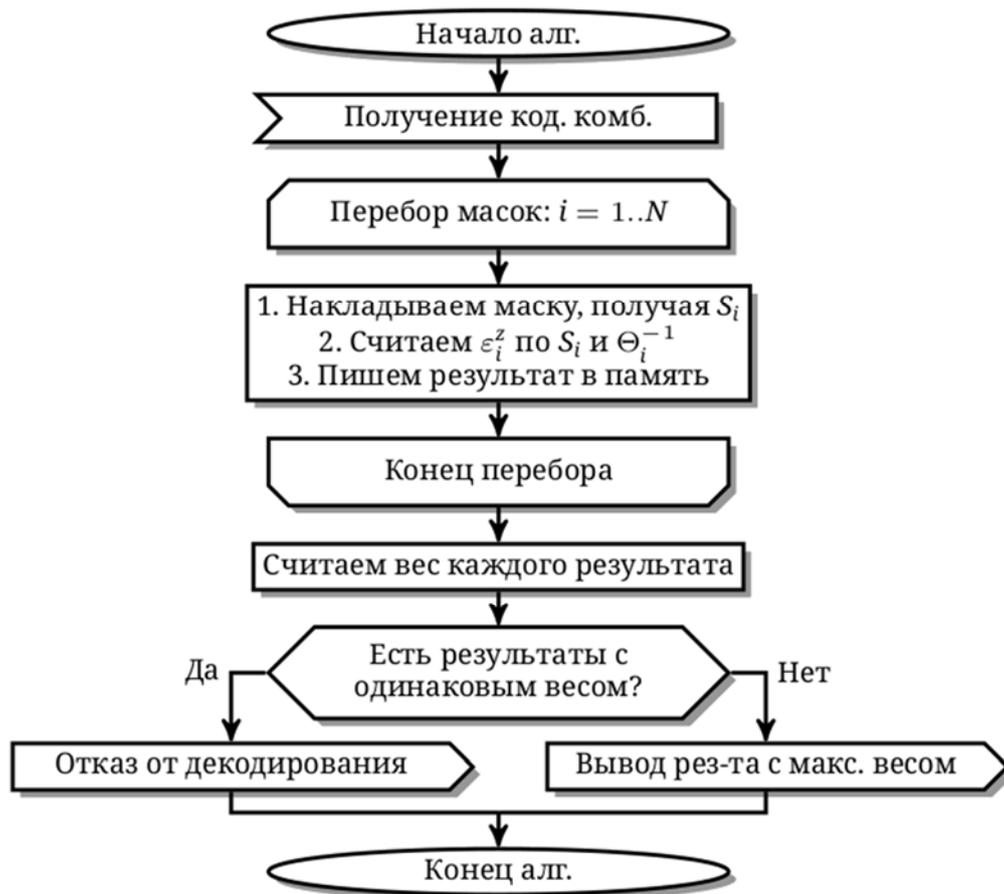


Рис. 1. Алгоритм мажоритарного декодирования ПМД

Для исправления ошибок и стираний исследуемый алгоритм необходимо изменить. При декодировании стираний, те «маски», которые попадают хотя бы на одну стертую позицию, необходимо отбрасывать. В данном случае, исходное большое количество линейно-независимых комбинаций позволяет получить выборку значений, по которым выбирается результат [2].

Результаты моделирования исследуемого алгоритма при исправлении ошибок и стираний показаны на рисунке 2.

Из графиков результатов моделирования можно видеть, что однократное стирание практически не влияет на исправляющие способности исследуемого алгоритма. При двух- и трехкратных стираниях алгоритм

позволяет гарантированно исправить две ошибки и часть трехкратных. Дальнейшее увеличение числа стираний приводит к уменьшению числа гарантированно исправляемых ошибок. Максимально алгоритм позволяет исправить до восьми стираний.

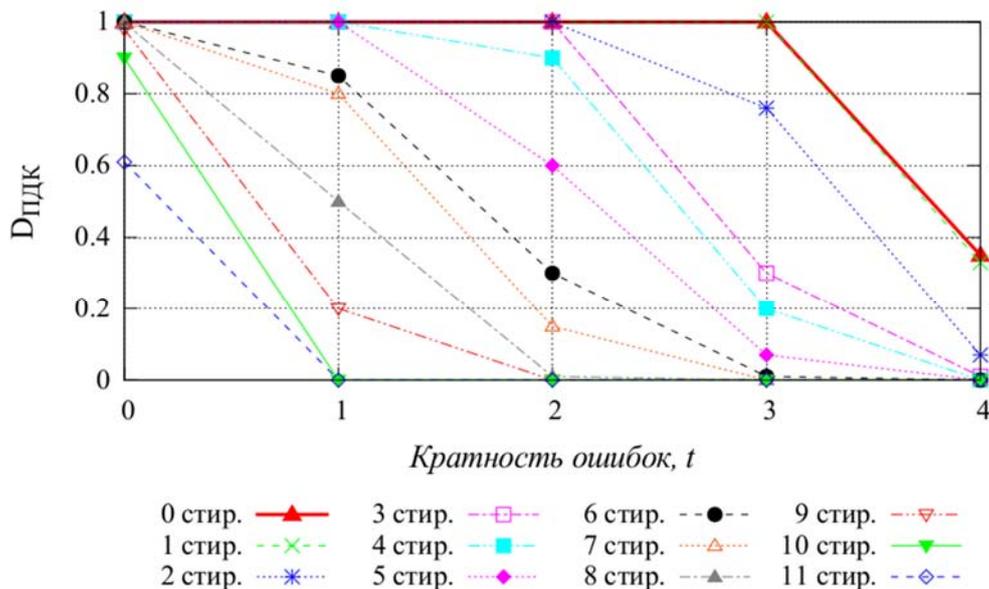


Рис. 2. Доля правильно декодированных комбинаций в случае стираний

Список используемых источников

1. **Двойственный** базис и его применение в телекоммуникациях / О. С. Когновицкий. – СПб. : Линк, 2009. – 424 с. – ISBN 978-5-98595-020-5.
2. **Моделирование** процессов мажоритарного декодирования комбинации эквидистантного кода по K линейно-независимым элементам / С. С. Владимиров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». – 2010. – № 3 (101). – С. 149–156.

УДК 004.056.57

А. А. Галицкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ АТАКИ НА КОРПОРАТИВНУЮ ЭВМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ОС ANDROID

Android – наиболее распространенная на сегодняшний день платформа для мобильных устройств. В этой статье мы исследуем возможность подключения Android устройства к корпоративному компьютеру как HID для получения доступа к данным и способности выполнения команд.

apino.spbgut.ru

АПИНО-2015

компьютерная безопасность, проникновение, HID, корпоративные киберпреступления, вредоносное ПО, ОС Android.

В веке информационных технологий, где информация является самым ценным нематериальным ресурсом, имеют место неблагоприятные тенденции киберугроз в корпоративном секторе. Так по глобальным исследованиям «Лаборатории Касперского» многие организации пострадали от киберпреступников: например, треть вирусных атак (а в российских компаниях – почти половина) закончилась потерей данных, при этом для 10 % фирм это была важная для бизнеса информация [1].

Перечисляя киберугрозы, которые представляются им самыми значительными, большинство участников исследования во всем мире ставят на первое место вирусы, шпионское ПО и другие вредоносные программы (61 %). Спам назвали источником угрозы 56 % респондентов. Третье место (36 %) заняли фишинговые атаки, за ними идут сбои, вызванные проникновением в корпоративную сеть (24 %), и DDoS-атаки (19 %) [1].

Следуя вышеописанным тенденциям, основной целью доклада является исследование возможности атаки на корпоративную ЭВМ или сеть. В данном докладе показан и реализован один из способов заражения и нанесения вреда с использованием устройств на базе ОС Android, как носителя вредоносного кода.

Существует большое количество способов атаковать корпоративную IT-инфраструктуру, но в целом можно выделить два класса атак – внешние и внутренние.

Как правило большинство корпоративных сетей являются закрытыми для внешнего доступа путем использования файрволов и настроек политики безопасности. Таким образом, более удачным способ атак являются внутренние.

Чаще всего в качестве защиты от внутренних атак, применяется защита рабочего места сотрудника. Так на большинстве предприятий механически или программно отключены неиспользуемые внешние порты (USB, Ethernet и др.). Но всегда имеют место открытые порты для HID (*human interface device*) устройств, так как используются внешние манипуляторы (клавиатура и мышь), стандартным интерфейсом подключения которых сейчас является USB.

Исходя из этого предположения, определение компьютером подключенного устройства на базе ОС Android как HID позволит получить доступ к атакуемой ЭВМ. Данный класс атак называется BadUSB [5]. Однако, каждое устройство уникально, и для каждого необходимо разрабатывать зараженную прошивку или патч отдельно. Невозможно написать универсальное программное обеспечение и использовать его на любом микроконтроллере. Процедура прошивки различается от одного контроллера к другому. Все это значительно уменьшает вероятность эпидемии BadUSB,

однако не защищает от целенаправленной атаки. Такие атаки не требуют особого программного обеспечения на компьютере жертвы и работают под любыми операционными системами, поддерживающими USB-HID устройства

Далее опишем пример реализации такой атаки. По умолчанию Android устройство в компьютерах определяется как: USB-модем, MTP (*media transfer protocol*), MSC (*mass storage class*) или PTP (*picture transfer protocol*) устройство. Подключение как HID не предусмотрено.

Для того чтобы устройство на базе ОС Android определялось компьютером как HID, необходимо иметь драйвера и сервисы на уровне ядра операционной системы, которым является Linux kernel. Исходный код ядра ОС Android является открытым, что позволяет его модифицировать и пересобирать [2, 3]. Код описывающий HID клавиатуру, внедряемый в ядро, представлен на рисунке 1.

```
diff --git a/drivers/usb/gadget/f_hid_android_keyboard.c b/drivers/usb/gadget/f_hid_android_keyboard.c
new file mode 100644
index 0000000..76180eb
--- /dev/null
+++ b/drivers/usb/gadget/f_hid_android_keyboard.c
@@ -0,0 +1,44 @@
+#include <linux/platform_device.h>
+#include <linux/usb/g_hid.h>
+
+/* hid descriptor for a keyboard */
+static struct hidg_func_descriptor ghid_device_android_keyboard = {
+    .subclass      = 1, /* Boot Interface Subclass */
+    .protocol      = 1, /* Keyboard */
+    .report_length = 8,
+    .report_desc_length = 63,
+    .report_desc   = {
+        0x05, 0x01, /* USAGE_PAGE (Generic Desktop) */
+        0x09, 0x06, /* USAGE (Keyboard) */
+        0xa1, 0x01, /* COLLECTION (Application) */
+        0x05, 0x07, /* USAGE_PAGE (Keyboard) */
+        0x19, 0xe0, /* USAGE_MINIMUM (Keyboard LeftControl) */
+        0x29, 0xe7, /* USAGE_MAXIMUM (Keyboard Right GUI) */
+        0x15, 0x00, /* LOGICAL_MINIMUM (0) */
+        0x25, 0x01, /* LOGICAL_MAXIMUM (1) */
+        0x75, 0x01, /* REPORT_SIZE (1) */
+        0x95, 0x08, /* REPORT_COUNT (8) */
+        0x81, 0x02, /* INPUT (Data,Var,Abs) */
+        0x95, 0x01, /* REPORT_COUNT (1) */
+        0x75, 0x08, /* REPORT_SIZE (8) */
+        0x81, 0x03, /* INPUT (Cnst,Var,Abs) */
+        0x95, 0x05, /* REPORT_COUNT (5) */
+        0x75, 0x01, /* REPORT_SIZE (1) */
+        0x05, 0x08, /* USAGE_PAGE (LEDs) */
+        0x19, 0x01, /* USAGE_MINIMUM (Num Lock) */
+        0x29, 0x05, /* USAGE_MAXIMUM (Kana) */
+        0x91, 0x02, /* OUTPUT (Data,Var,Abs) */
+        0x95, 0x01, /* REPORT_COUNT (1) */
+        0x75, 0x03, /* REPORT_SIZE (3) */
+        0x91, 0x03, /* OUTPUT (Cnst,Var,Abs) */
+        0x95, 0x06, /* REPORT_COUNT (6) */
+        0x75, 0x08, /* REPORT_SIZE (8) */
+        0x15, 0x00, /* LOGICAL_MINIMUM (0) */
+        0x25, 0x65, /* LOGICAL_MAXIMUM (101) */
+        0x05, 0x07, /* USAGE_PAGE (Keyboard) */
+        0x19, 0x00, /* USAGE_MINIMUM (Reserved) */
+        0x29, 0x65, /* USAGE_MAXIMUM (Keyboard Application) */
+        0x81, 0x00, /* INPUT (Data,Ary,Abs) */
+        0xc0 /* END_COLLECTION */
+    }
+};
```

Рис.1 Листинг кода, описывающий клавиатуру

После модификации ядра необходимо так же запустить сервис с программой демоном, которая будет передавать в HID устройство определенные команды, используемые при атаке. Для этого пересобирается загрузочный образ *boot.img* с измененным файлом *init.rc*, который запустит программу-демона по окончании загрузки операционной системы [3, 4]. Изменения, вносимые в загрузочный файл, который описывает команды для процесса *init*, могут выглядеть, как представлено на Рис.2.

```
#INJECTION
service samsunghid /system/bin/sh /init.hid.sh
    user root
    disabled
    oneshot

on property:dev.bootcomplete=1
    start samsunghid
```

Рис.2 Пример кода инъекции в файл *init.rc*

Так же имеется несколько системных и вендор-специфичных программ-демонов, которые запускаются и выполняются при загрузке системы, такие как *abdd* (*Android Debug Bridge daemon*), *netd* (*Network daemon*), *debuggerd* (*Debugger daemon*) и др. В этом случае нет необходимости пересобирать загрузочный образ *boot.img*, достаточно только переписать вместо бинарного исполняемого файла, например, *netd*, на свой shell скрипт, в котором будет запускаться стандартная программа-демон и наш исполняемый файл. Обязательным условием для выполнения описанных манипуляций является наличие на атакуемом устройстве *root*-прав. Ниже приведена последовательность команд для внедрения автозапускающегося исполняемого файла (рис. 3).

```
adb push dbdt /data/local/tmp
adb push netd /data/local/tmp
adb shell su -c "mount -o remount,rw /system"
adb shell su -c "mv /system/bin/netd /system/bin/netdt"
adb shell su -c "dd if=/data/local/tmp/dbdt of=/system/bin/dbdt"
adb shell su -c "dd if=/data/local/tmp/netd of=/system/bin/netd"
adb shell su -c "chmod 755 /system/bin/netd"
adb shell su -c "chmod 755 /system/bin/dbdt"
adb shell su -c "chown root:shell /system/bin/netd"
adb shell su -c "chown root:shell /system/bin/dbdt"
adb shell su -c "rm /data/local/tmp/dbdt"
adb shell su -c "rm /data/local/tmp/netd"
adb shell su -c "reboot"
```

Рис. 3 Пример скрипта установщика вредоносной программы-демона *dbdt*

В результате проделанных манипуляций устройство на базе ОС Android будет определяться как HID-клавиатура, что позволит производить управление компьютером, но без обратной связи. Так, например, можно перейти на заражающий сайт, скопировать файлы с атакуемой ЭВМ, получить доступ к корпоративной сети изнутри или выполнять в консоли команды (например, «*format C:*»).

В заключение, стоит отметить несколько моментов: рассмотрен и воспроизведен эффективный с точки зрения скрытности и внедрения, но нетривиальный в реализации способ атаки на корпоративную ЭВМ; имея доступ к атакуемому компьютеру можно добавить возможность удаленного выполнения команд при подключении к сети *Internet*; одним из недостатков описанной атаки является работа вредоносных приложений без обратной связи, что уменьшает вероятность успеха. Так же следует отметить, что на сегодняшний день не существует известных эффективных способов защиты от данного рода *USB* атак. Антивирусы не могут получить доступ к запущенной на устройстве прошивке. Обнаружение поведенческим шаблонам затрудно, поскольку поведение инфицированного устройства может выглядеть, как если бы пользователь просто подключал новое устройство или использовал просто клавиатуру или мышь. Можно блокировать или разрешать определенные действия конкретных классов устройств *USB* и идентификаторов устройств, однако можно легко обойти общие списки.

Список используемых источников

1. **Киберугрозы** и информационная безопасность в корпоративном секторе: тенденции в мире и в России [Электронный ресурс] / Лаборатория Касперского. – 2014. – 8 с. – Режим доступа: http://www.kaspersky.ru/downloads/pdf/kaspersky_global_it_security_risks_survey.pdf. (Дата обращения: 29.05.2014).
2. **Android** Git repositories. – URL: <https://android.googlesource.com/> (Дата обращения 07.02.2015).
3. **The Linux Kernel Module Programming Guide** [Electronic resource] / P. J. Salzman. – 2007. – 82 p. – URL: <http://www.tldp.org/LDP/lkmpg/2.6/lkmpg.pdf>. (Дата обращения: 03.02.2015).
4. **Android Systems Programming. Tips and Tricks** / Tim Bird // Sony Network Entertainment, Inc, 2010. – 46 p. – URL: <http://elinux.org/images/c/c9/Android-tips-and-tricks-2010-10.pdf>. (Дата обращения: 05.02.2015).
5. **BadUSB** – On accessories that turn evil / K. Nohl, S. Krißler, J. Lell // Security Research Lab, 2014. – 22 p. – URL: <https://srlabs.de/blog/wp-content/uploads/2014/07/SRLabs-BadUSB-BlackHat-v1.pdf>. (Дата обращения: 15.02.2015).

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, профессором Л. Б. Бузюковым.

УДК 621.391

Гамиль Абдуллах

**ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИЗА ТРАФИКА СИГНАЛИЗАЦИЙ
SIP В ПОДСИСТЕМЕ IMS НА ОСНОВЕ OpenIMSCore**

В этой статье рассмотрены несколько сценариев процедуры установлений сессий между двумя абонентами сетей IMS на основе OpenIMSCore. В каждом сценарии были учтены регистрация абонентов, услуга присутствия и обмена мгновенной сообщений. На основе этих сценариев дан анализ сообщений протокола SIP, попадающих в узлы сети IMS. Определены самые узкие места в узлах сети, которые приводят к перегрузке серверах этой сети.

IMS, SIP, OpenIMSCore, качество обслуживание, установление сеанса связи, задержка.

Концепция IMS (*IP Multimedia Subsystem*) может рассматриваться как возможное решение для построения сетей следующего поколения и как основа конвергенции мобильных и стационарных сетей на платформе IP. Поддержка качества обслуживания QoS является фундаментальным требованием к IMS. При организации сеанса пользовательское оборудование извещает IMS о своих возможностях и своих требованиях к QoS. Протокол SIP (*Session Initiation Protocol*), который является основным протоколом, позволяет учесть такие параметры, как тип и направление передачи данных, битовая скорость, размер пакетов, требуемая ширина полосы пропускания. Основные показатели качества предоставления услуги в IP-сетях и функциональные узлы подсистемы IMS, применяемые как в мобильных, так и в фиксированных сетях были приведены в [1].

Однако с увеличением числа услуг, предоставляемых с использованием протокола SIP, значительно увеличивается и нагрузка на серверах сети IMS, порождающая, соответственно, вероятность перегрузки сервера. Таким образом, для обеспечения требуемой QoS, очень важно анализировать производительности элементов сети IMS и тогда возникает задача создания алгоритма, способного предотвратить возникновение перегрузок на узлах этой сети [2]. Исследование анализа трафика сигнализации приведены на базе тестированной сети OpenIMSCore.

Архитектура OpenIMSCore

Мультимедийная подсистема на базе протокола IP OpenIMSCore разработана франкфуртским университетом FOKUS и полностью соответствует стандартам 3GPP, 3GPP2, ETSI TISPAN. Сеть тестирования состоит из трех уровней (рис. 1):

- уровень приложения, на котором находится сервер присутствия. Он содержит статус присутствия каждого абонента и список «наблюдателей», заинтересованных в этой информации;
- уровень управления OpenIMSCore, который состоит из Функций управления сеансами CSCF (P-CSCF, I-CSCF и S-CSCF) и базы данных пользователей HSS;
- уровень доступа, на котором терминальное оборудование (программный терминал IMS Monster) соединяется посредством узлов P-CSCF сетей и через эти функции взаимодействуют с другими узлами IMS.

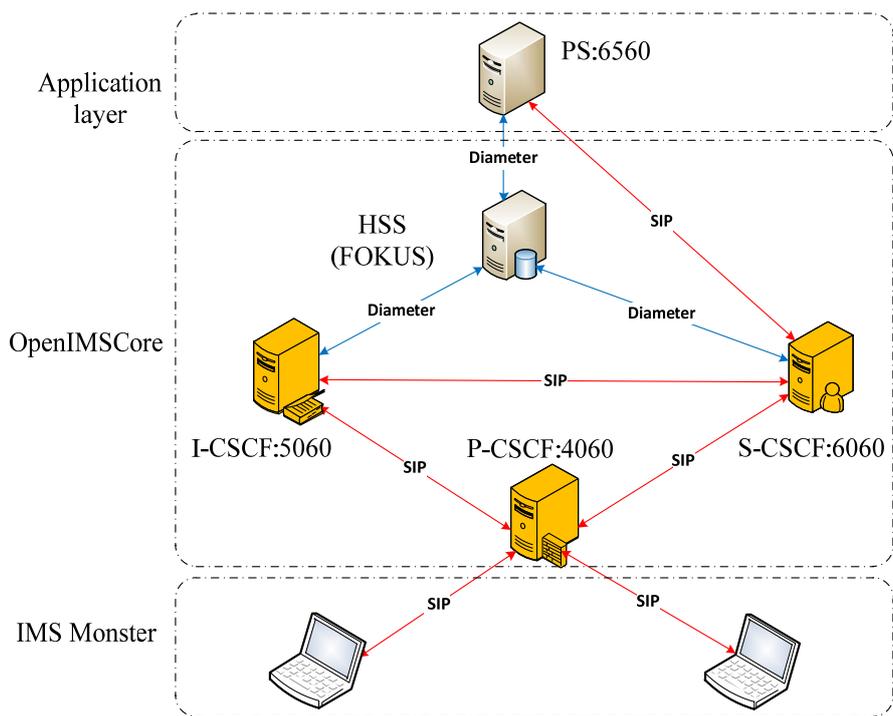


Рис. 1. Архитектура тестированной сети IMS

Оценка вероятности маршрутизации выполняется с помощью статистического анализа SIP сообщений, которые захватываются средствами программного мониторинга сетевого трафика Wireshark.

OpenIMSCore позволяет создать IMS сеть, в которой можно создавать пользователей, регистрировать их и устанавливать различные мультимедийные сессии.

Анализ производительности элементов IMS

Анализ производительности работы протокола SIP в IMS основаны на глубоком исследовании процедуры установления и завершения вызова. Представлено несколько сценариев установлений сессий между двумя абонентами сетей IMS. В каждом сценарии установления сеанса были рассмотрены еще и регистрация абонентов, услуга присутствия и обмена

мгновенных сообщений. Поток сигналов, передаваемых в сети маршрутизации, попадают в функциональные элементы сети (один из CSCF, HSS или PS) несколько раз, т. е. каждый функциональный объект в сети маршрутизации обрабатывает поток сигналов трафика в несколько раз [3]. Функциональные объекты обслуживают сигнальные потоки в узле, а затем направляют трафик дальше.

Предполагается, имеет две сети различных операторов, каждый из них имеет один P-CSCF, S-CSCF и I-CSCF в каждой сети, и они обслуживают сообщений по дисциплине «FCFS». На основе этого допущения сделаны, анализы определения узких мест сети, рассматривая четыре сценария установления соединения между двумя абонентами IMS (рис 2).

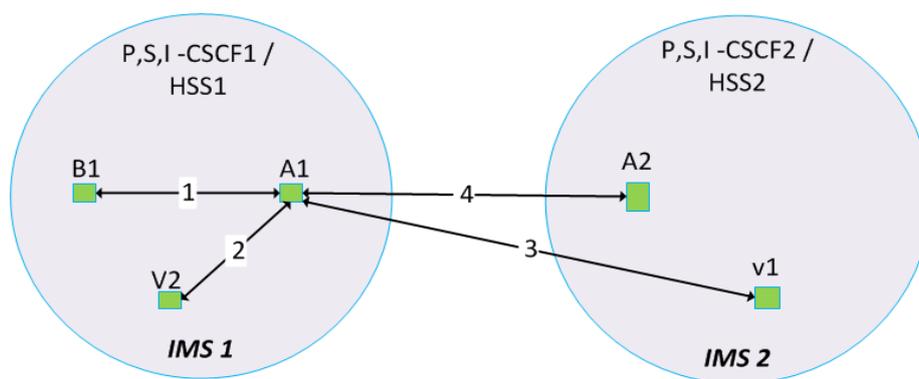


Рис. 2. Сценарий установления сессий между абонентами сетей IMS

Первый сценарий, абонент A1 звонит Абоненту своей сети B1, который находится в своей сети, т. е. нет роуминга. Второй сценарий, исходящий абонент A1 из домашней сети инициирует сеанс вызова к абоненту другой сети V2, который в настоящее время находится (в роуминге) в сети исходящего абонента A1. Третий сценарий, исходящий абонент A1 из своей домашней сети вызывает абонента V1 из той же сети, но в настоящее время вызываемый абонент V1 находится в роуминге в другой сети. Четвертый сценарий, абонент A1 из домашней сети инициирует вызов абоненту другой сети A2, и оба пользователя находятся в своих сетях (нет роуминга).

В таблице 1 представлены результаты расчета обращений потока SIP сообщений к узлам сети при установлении сессии для этих сценариев. Общая сумма сигнальных запросов всех сценариев на узлах сети IMS, может выражаться следующим образом:

$$N_{IMS_i} = \sum N_{ij} .$$

Если предположим, что среднее время обслуживания для P-CSCF будет \bar{x}_P , для S-CSCF – \bar{x}_S , для I-CSCF – \bar{x}_I и для HSS – \bar{x}_{HSS} и они равны, т. е. $\bar{x}_P = \bar{x}_S = \bar{x}_I = \bar{x}_{HSS} = \bar{x}_{SERV}$, то мы можем построить наш аналитическую модель на основе СМО M/D/1.

ТАБЛИЦА. Входящие SIP сообщений (N_{ij} , где i – сценарий, j – узел) в узлах сети IMS

Узел \ Сценарий	1	2	3	4
P-CSCF	24	24	11	13
S-CSCF	25	11	25	14
I-CSCF	16	4	16	4
HSS	4	4	5	4
N_{IMS}	69	43	57	35

Если общая интенсивность нагрузки трафика сигнализации – λ (вызов/е. в.), а интенсивность нагрузки каждого сценария – λ_i , и $\lambda = \sum \lambda_i$, тогда интенсивность прибытия сигнальных сообщений λ_{ij} в отдельных узлах IMS будет [4]:

$$\lambda_{ij} = \frac{(\mu_{IMS} - \bar{S} \cdot \mu_{IMS}^2) N_{ij}}{(\bar{S} \cdot \mu_{IMS} - 1/2) N_{IMS_i}}$$

где, $\bar{S} = \bar{X}_{serv} + \bar{W}_{IMS} = \frac{2 - \rho_{IMS}}{2\mu_{IMS}(1 - \rho_{IMS})}$ – среднее время задержки сообщений,

\bar{W}_{IMS} – среднее время ожидания в очереди, $\bar{X}_{serv} = 1/\mu_{IMS}$ – время обслуживания в узле.

Результаты расчетов представлены на рисунке 3. Узел S-CSCF оказывает наибольшее влияние на задержку передачи сигнальных сообщений во всех сценариях, особенно для сценария 3 (рис. 3, C). Другой узел – P-CSCF имеет значительное влияние в тех случаях, где пользователей анализируемой сети находятся в роуминге. В таком случае, оператор должен рассматривать для балансировки нагрузки решения для P-CSCF узлами (рис. 3, D). Другие узлы, такие как I-CSCF и HSS не так загружены, особенно в сценариях с посещением абонентов других сети (рис. 3, B и D).

Заключение

На основе анализа трафика SIP в тестированной сети OpenIMSCore, рассчитана задержка, вызванная в процессе установления сеанса в сети IMS с использованием M / D / 1 аналитическую модель. Из графиков следует вывод, что узкое место в IMS может быть в каждом узле, но в представленных сценариях, сервер S-CSCF представляет собой критичный к перегрузке элемент, «узкое место» сети IMS по сравнению с другими серверами IMS.

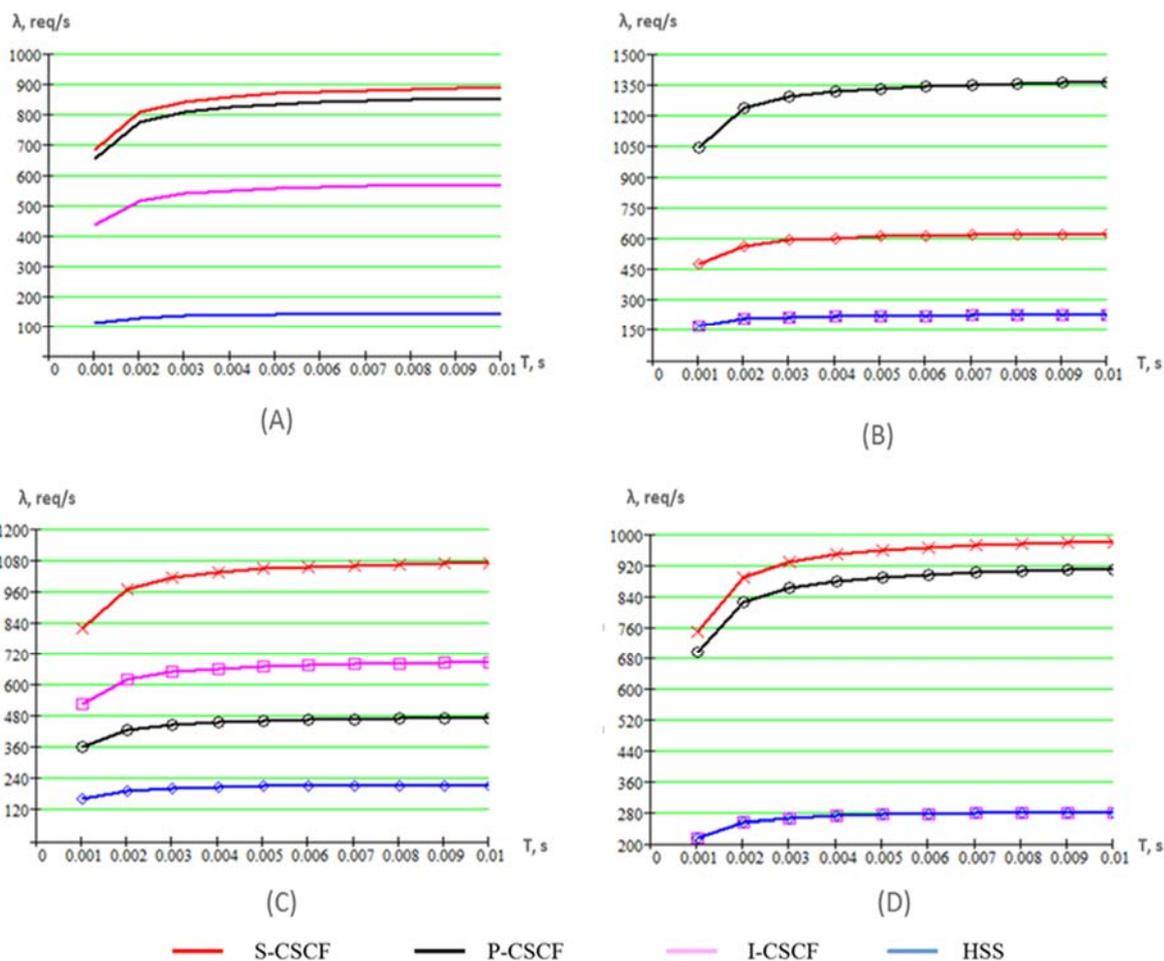


Рис. 3. Зависимость количества обработанных сигнальных сообщений в узлах IMS от среднего времени задержки в системе всех сценариев (A – 1-ый сценарий, B – 2-ой сценарий, C – 3-ий сценарий, D – 4-ый сценарий)

Список используемых источников

1. **Построение** модели задержки сигнального трафика в сети связи на базе подсистемы IMS / А. А. Гамиль, Н. А. Куликов // Электросвязь. – 2014. – № 9. – С. 8–13.
2. **IP Multimedia Subsystem: принципы, стандарты и архитектура** / Г. Г. Яновский // Вестник связи. – 2006. – № 3. – С. 71–76.
3. **Validation** of the Signaling Procedures of a Delivery Platform for IMS Services / M. Juan, T. Dirk // International Federation for Information Processing. – 2008. – Vol. 284. – PP. 259–270.
4. **Задачи** планирования сетей электросвязи / Н. А. Соколов. – СПб.: Протей, 2012. – 432 с.

Статья представлена научным руководителем доктором технических наук, профессором Б. С. Гольдштейном.

УДК 654.739

А. М. Гельфанд, Ю. В. Гвоздев, С. И. Штеренберг

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕДОСТАТКОВ ЯЗЫКОВ ВЫСОКОУРОВНЕГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СКРЫТОГО ВЛОЖЕНИЯ В ИСПОЛНИМЫЕ ФАЙЛЫ

В статье рассмотрены попытки использования языка высокоуровневого программирования и его несостоятельность в качестве инструмента для эквивалентных замены синонимов. В данной статье утверждается, что низкоуровневый язык более подходит для осуществления стеганографического вложения.

исполнимый файл, программирование на C++, стеганография, эквивалентные замены.

Использование нелицензионного программного обеспечения причиняет колоссальный экономический вред выпускающим его компаниям. Для предотвращения нелегального использования ПО, используют различные аппаратные и программные методы защиты. Один из самых известных методов – метод цифровых отпечаток [1–3]. Суть данного метода заключается во внесении изменений, которые могли бы однозначно идентифицировать каждую копию файла. Если злоумышленник решит незаконно скопировать и распространять программу, то можно будет по отпечатку пальца определить, какая именно копия незаконно распространяется. Естественно, необходимо позаботиться о том, чтобы знаки не были замечены владельцем копии. Такая защита обеспечивается некоторыми методами стеганографии [4].

В данной работе рассматриваются методы сокрытия информации в файлах формата Executable (EXE, «EXE» – основной формат исполняемых файлов приложений в 32- и 64-разрядных системах MicrosoftWindows, помимо исполняемых скриптов [5]).

Рассмотрим первый метод базируется на том, преставлении местами двух рядом стоящих операции присваивания. Результат их работы не зависит от последовательности выполнения. Обозначим присваивание как := (рис. 1). Например:

Способ 1	Способ 2
a:=d	b:=c
b:=c	a:=d

Рис. 1. Первый метод

Перестановка изменяет ход (порядок) вычислений, но не искажает результат. Если операции идут в лексикографическом порядке, то спрятанный бит равен 1, иначе 0. Главной задачей будет являться поиск таких операций, перестановка которых возможна. Некоторые файлы могут иметь переходы типа jmp[регистр], что делает невозможным перестановку пар присваиваний. Это главная особенность метода.

Второй метод основывается на возможности перестановки процедур внутри программы. Если в программе переставить процедуру с одного места на другое, исправляя все внутренние и внешние ссылки (которые должны поменяться вследствие перемещения), то работоспособность программы не будет нарушена (рис. 2). Пример такой перестановки:

Вариант 1	Вариант 2
Proc1	Proc2
Proc2	Proc1

Рис. 2. Второй метод

Proc1, Proc2 – процедуры. Отличие заключается в том, что поменялось месторасположение процедур относительно друг друга.

Для вложения большего количества информации лучше использовать оба эти способа

Для реализации был выбран первый способ, а именно замена сложения на вычитание отрицательного числа, а также второй способ, а именно замена цикла for на цикл while.

Для использования обоих проанализированных методов необходимо декомпилировать программу из машинного кода в язык C++.

На этом этапе была найдена проблема, которая связана с тем что нельзя однозначно декомпилировать машинный код в язык C++. В связи с этим необходимо дизассемблировать exe файл а после декодировать в язык C++. Это нерационально так как это выполнение лишнего действия и язык C++ не предназначен для внедрения скрытого вложения в программу, а рациональнее будет использовать язык Assembler, как это сделано в работе Штеренберга С. И. Методы стеганографии в исполнимых файлах формата ELF».

В результате проведенного исследования можно выделить две важные проблематики:

1) Вложения в структуру исполняемого файла. Знания о формате исполняемого файла используются для скрытого вложения информации. Информация может вкладываться в участки файла, предназначенные для выравнивания, неиспользуемые поля заголовков файла и другие участки исполняемого файла, изменение которых влияет на его структуру и работоспособность. При таком методе вложения исполняемый код не модифицируется. Спецификация форматов исполняемых файлов является откры-

той, файлы генерируются по стандартной схеме, это делает такие вложения легко обнаруживаемыми.

2) Вложения в исполняемый код. В качестве контейнера для вложения информации используется не сам исполняемый файл и исполняемый код, содержащийся в этом файле. Такой метод вложения основан на особенностях исполняемого кода конкретной процессорной архитектуры и не зависит от формата исполняемого файла. Факт вложения информации в исполняемый код обнаружить гораздо сложнее, так как не существует однозначной связи между исходным кодом программы и скомпилированным исполняемым кодом. Одному и тому же исходному коду может быть сопоставлен разный исполняемый код в зависимости от компилятора и его настроек

Вывод. В ходе данного анализа была проведена попытка создания программы, которая позволила бы одним из двух представленных выше способов передавать скрытую информацию не осуществляя влияние на исходный файл формата exe. Но в ходе попытки выяснилось, что файл формата exe достаточно сложно преобразовать из машинного кода в язык C++, таким образом использование языка C++ является нецелесообразным для данного способа вложения.

Список используемых источников

1. **Аутентификация** программного обеспечения при помощи вложения цифровых водяных знаков в исполняемый код / А. В. Красов, А. С. Верещагин, А. Ю. Цветков // Телекоммуникации. – 2013. – 7S. – С. 27–30.

2. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013612237. Программа для внедрения цифровых водяных знаков в исполняемые и библиотечные файлы / Красов А.В., Верещагин А.С. Правообладатель: ФГОБУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича». Дата поступления 25 декабря 2012 г. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 18 февраля 2013 г.

3. **Методы** скрытого вложения информации в исполняемые файлы / А. В. Красов, А. С. Верещагин, В. С. Абатуров, М. В. Резник // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2012. – № 8. – С. 51–55.

4. **Разработка** методов защиты от копирования ПО на основе цифровых водяных знаков, внедряемых в исполнимые и библиотечные файлы / А. В. Красов, С. И. Штеренберг // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, 26–27 февраля 2013 г. – С. 847–852.

5. **Методы** скрытого вложения информации в исполняемых скриптах / А. В. Красов, С. И. Штеренберг // X Международная научно-практическая конференция «Ключевые вопросы современной науки», София, Болгария, 17–25 апреля 2014 г. – Т. 35. – С. 82–88.

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором технических наук, профессором В. П. Просихиным.

УДК 004.72

Р. Р. Гимранов, Р. В. Киричек

ОБЗОР МЕТОДОВ АДРЕСАЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Современный мир движется вперед с огромной скоростью и открывает новые виды цифровых технологий. Среда Интернета Вещей содержит в себе множество направлений и работает с разными технологиями, которые в свою очередь функционируют с использованием разных методов адресации. В статье приводится обзор разновидностей методов адресации.

IP-адресация, RFID, NFC, адресация в ZigBee, Bluetooth.

IP адресация

Адресация в компьютерных сетях бывает двух видов: физическая адресация (на основе MAC-адреса) и логическая (на основе IP-адреса).

Все устройства должны иметь физический адрес. В технологиях локальной сети таковым обычно является MAC – адрес. Физический адрес формируется таким образом, чтобы он мог однозначно обозначить определенное устройство, позволяя отличить его от всех прочих устройств в мире. MAC – адрес представляет собой 48-битовый адрес, который обычно записывается в виде 12 шестнадцатеричных цифр, таких как 01-02-03-AB-CD-EF. Первые шесть определяют изготовителя устройства, а последние шесть – отдельное устройство, выпущенное этим изготовителем [1].

Логическая адресация бывает классовая и бесклассовая.

Классовая IP адресация – это метод, который не позволяет рационально использовать ограниченный ресурс уникальных IP-адресов, так как невозможно использование различных масок подсетей. В классическом методе адресации используется фиксированная маска подсети, поэтому класс сети всегда можно идентифицировать по первым битам.

Бесклассовая IP адресация – это метод, который позволяет рационально управлять пространством IP адресов. В бесклассовом методе адресации используются маски подсети переменной длины.

При настройке IP узлу присваивается не только IP-адрес, но и маска подсети. Как и IP-адрес, маска состоит из 32 бит. Она определяет, какая часть IP-адреса относится к сети, а какая – к узлу. Маска сравнивается с IP-адресом побитно слева направо. В маске подсети единицы соответствуют сетевой части, а нули – адресу узла.

Отправляя пакет, узел сравнивает маску подсети со своим IP-адресом и адресом назначения. Если биты сетевой части совпадают, значит узлы источника и назначения находятся в одной и той же сети, и пакет достав-

ляется локально. Если нет, отправляющий узел передает пакет на интерфейс локального маршрутизатора для отправки в другую сеть.

Радиочастотная идентификация (RFID)

RFID – это современная технология идентификации, предоставляющая существенно больше возможностей по сравнению с другими.

В ее основе лежит технология передачи с помощью радиоволн информации, необходимой для распознавания объектов, на которых закреплены специальные метки, несущие как идентификационную, так и пользовательскую информацию.

Принцип работы RFID-системы достаточно прост. Идентификация объектов производится по уникальному коду, считываемому из памяти транспондера, прикрепляемой к объекту идентификации. Считывающее устройство формирует через определенные промежутки радиочастотные сигналы-посылки. При попадании в радиочастотное поле считывателя транспондер передает ответный цифровой код, который принимается антенной считывателя и затем обрабатывается [2].

Near Field Communication (NFC)

Технология связи на малых расстояниях NFC – представляет собой комбинацию нескольких существующих бесконтактных технологий радиочастотной идентификации и связи.

Технология NFC предназначена для обмена различной информацией, между двумя расположенными близко друг к другу устройствами с поддержкой NFC. Это могут быть любые портативные устройства, а также смарт-карты или считывающие устройства RFID. Данная технология может использоваться в качестве ключа доступа к данным или сервисам, таким как безналичная оплата или электронный замок [3].

Центральная частота NFC равна 13,56 МГц. Скорость передачи данных достигает 424 кбит/с на расстоянии примерно 10 см. В отличие от существующих технологий бесконтактной связи на данном диапазоне частот, которые позволяют передавать информацию только от активного устройства пассивному, NFC обеспечивает обмен между двумя активными устройствами. Таким образом, NFC можно использовать для доступа к устройствам радиочастотной идентификации RFID.

NFC-смартфоны можно использовать так же, как и бесконтактные карты, а совместимость с карточными стандартами позволяет использовать уже существующую инфраструктуру.

ZigBee

Для организации полноценной сети ZigBee необходим микроконтроллер, в который должен быть загружен набор управляющих программ, так

называемый стек протоколов ZigBee, который обеспечивает возможность самоорганизации и самовосстановления сети. Сеть сама определяет оптимальный маршрут передачи данных. Кроме упрощенной 16-битной адресации, возможна расширенная 64-битная, позволяющая находиться в одной сети 65 тысячам устройств. Это будет полезно при построении единых сетей на больших промышленных предприятиях [4].

Поскольку предусматривается совместное сосуществование нескольких сетей ZigBee на одном частотном канале, для их разделения введён 16 битный идентификатор сети (*Personal area network ID, PAN ID*). Все модули снабжены уникальным 64 битным идентификатором. Но передача такого длинного идентификатора требует больших накладных расходов, и предоставляемый им диапазон адресов явно избыточен. Поэтому в ZigBee был введён короткий 16 битный сетевой адрес устройства, назначаемый координатором сети при её организации. Спецификация допускает решение одной сетью множества прикладных задач, не связанных друг с другом. Для различения пакетов по приложениям (т. е. по назначению), для которых они предназначены, используются 8 битные номера конечных точек.

Чтобы обеспечить полную совместимость устройств разных производителей и их способность взаимодействовать в рамках единого распределённого приложения, было введено понятие профилей, которые различаются в пакетах с помощью 16 битного идентификатора. Профиль описывает ряд технических параметров, соглашений о структурах данных и форматах сообщений, которых должны придерживаться изготовители, чтобы их изделия были совместимы.

Bluetooth

С целью однозначной идентификации каждое устройство Bluetooth имеет уникальный 48-битный адрес (выдаётся органом *IEEE*).

Адрес состоит из следующих частей:

- LAR (*lower address part*) – нижняя часть адреса;
- UAR (*upper address part*) – верхняя часть адреса;
- NAP (*non-significant part*) – несущественная часть адреса.

64 значения (0x9E8B00-0x9E8B3F) LAR-части зарезервированы для кодов доступа процедуры опроса и не могут являться частью адреса устройства. LAR и UAR вместе участвуют в выборе псевдослучайной последовательности перестройки частоты, кроме этого LAR формирует синхрослово в коде доступа, а UAR участвует в процессе проверки ошибок [5].

Логический транспорт определяет тип передачи данных по логическим каналам. Определяется через заголовок пакета или заголовок полезной нагрузки пакета. В Bluetooth определены виды логического транспорта:

– ACL (асинхронный с установлением соединения). Предназначен для доставки асинхронных данных пользователя и сигналов управления протоколов LMP и L2CAP. Определяется адресом логического транспорта, который назначается ведущим устройством.

– SCO (синхронный с установлением соединения) – симметричный канал для доставки синхронных данных пользователя со скоростью 64 кбит/с посредством резервирования временных слотов. Имеет тот же адрес LT_ADDR, что и ACL.

– eSCO (расширенный синхронный с установлением соединения). Отличается от SCO тем, что поддерживает несколько скоростей передачи, повторную передачу пакетов и имеет собственный, отличный от ACL и SCO адрес LT_ADDR.

– ASB (широковещательный для подчинённых устройств в активном режиме). Односторонний, широковещательный, без установления соединения канал.

– PSB (широковещательный для подчинённых устройств в режиме парковки). Односторонний (от ведущего к подчинённым), широковещательный, без установления соединения канал.

Вывод

Анализ выявил, что у каждой технологии имеется множество своих уникальных преимуществ и особенностей и ни один вышерассмотренный вариант не может быть оставлен в стороне и имеет место в современном мире технологий. В то же время ни один вариант пока не отвечает всем требованиям из-за отсутствия стандартизации и единого метода адресации между всеми устройствами.

Список используемых источников

1. **Эволюция** исследований в области беспроводных сенсорных сетей / А. Е. Кучерявый, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 4. – С. 29–41.
2. **Беспроводные** линии связи и сети / В. Столлингс; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2003. – 640 с. – ISBN 5-8459-0409-9.
3. **Самоорганизующиеся** сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 310 с. – ISBN 978-5-9906141-1-6.
4. **Кирпичики** для построения сети ZigBee / О. И. Пушкарев // Беспроводные технологии. – 2006. – № 1. – С. 34–38.
5. **LTE** и беспроводные сенсорные сети / А. Футахи, Е. А. Кучерявый, А. Е. Кучерявый // Мобильные телекоммуникации. – 2012. – № 6. – С. 38–41.

УДК 004.7 (004.942)

М. С. Данилов, В. С. Елагин

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕХВАТА
ТРАФИКА В СЕТЯХ ПОСТ-NGN**

В статье исследуются модели и варианты реализации оперативного перехвата трафика в сетях передачи данных. Рассмотрены модели традиционного подхода к перехвату данных в сети ТфОП, а также новые подходы к организации наложенной сети СОРМ в архитектуре пост-NGN.

моделирование систем массового обслуживания, СОРМ, модель с ограниченным числом источников нагрузки, сети пост-NGN, сервисная платформа.

Оперативный перехват трафика – термин все чаще появляется не только в специализированных документах, но и в повседневной работе операторов связи. Еще недавно основной целью оперативного перехвата трафика были оперативно-розыскные мероприятия или СОРМ, однако, с каждым годом операторы связи производители оборудования находят все новые и новые применения для этого механизма.

Распространенные на сегодняшний день системы DPI (Deep Packet Inspection) позволяют операторам в режиме реального времени проводить анализ пакетов на всех уровнях модели OSI. Помимо изучения пакетов по неким стандартным параметрам, по которым можно однозначно распознать принадлежность пакета к определённому приложению, например, по формату заголовка или номеру порта, технология DPI осуществляет анализ того, как ведет себя трафик в сети.

Все это открывает бескрайние перспективы коммерческого использования технологий оперативного перехвата и анализа трафика, не говоря уже о корпоративной сетевой безопасности и защищенности инфокоммуникаций оператора связи.

Однако, при всем этом отдельно стоит выделить оперативный перехват трафика в целях оперативно-розыскной деятельности, так как развитие технологий и сетей дают новые инструменты для скрытой передачи трафика и затрудняют работу субъектов ОРД. По этой причине необходимо разрабатывать новые подходы к моделированию и развертыванию систем СОРМ в сетях, которые сейчас активно развиваются на этапе пост-NGN.

С учетом исполнения приказа Минкомсвязи России от 16.04.2014 № 83 «Об утверждении Правил применения оборудования систем коммутации, включая программное обеспечение, обеспечивающего выполнение установленных действий при проведении оперативно-розыскных меропри-

ятий. Часть III. Правила применения оборудования коммутации и маршрутизации пакетов информации сетей передачи данных, включая программное обеспечение, обеспечивающего выполнение установленных действий при проведении оперативно-розыскных мероприятий» становятся более осязаемыми черты технической стороны СОПМ. При этом стоит констатировать, что сегодня силами международных организаций в области связи находятся в разработке, и внедряются огромное число протоколов и технологий в сетях связи, которые, естественно не учтены в приказе.

Поэтому стоит задуматься о концептуально новой модели законного перехвата, которая позволила бы минимизировать сложности с организацией перехвата и анализа новых протоколов на сетях связи. Анализ и рассмотрению данных моделей посвящена данная статья.

Традиционные подходы к оперативному перехвату в ТфОП и СПС

Традиционно организация СОПМ в телефонных сетях фиксированной и мобильной связи исчерпывающе определялись приказами и техническими документами № 70 и № 71 от 1999 года соответственно. Позже на смену им пришли приказ № 268 от 2012 года для фиксированных сетей, и приказ № 174 от 2011 года для сетей мобильной связи, которые подробно описывают технические особенности законного перехвата.

Кроме всего прочего были также разработаны модели математического моделирования оперативного перехвата трафика [1]. В системах законного перехвата же, исходя из требований к развертыванию СОПМ на сетях связи, мы имеем дело с ограниченным числом источников нагрузки. Причем, для ТфОП и Мобильных сетей значения числа контролируемых пользователей разнятся. Поэтому, исходя из различий в интенсивности поступающих вызовов (λ), времени обслуживания вызова ($1/\mu$) и приведенных требованиях в мобильных и фиксированных сетях, можно говорить о поступлении на подсистему СОПМ двух различных типов трафика, которые необходимо учитывать при исследовании вопросов законного перехвата на сетях связи. Для случаев ограниченного числа источников вызовов более подходящей является модель обслуживания примитивного потока вызовов. В таких условиях для расчета характеристик системы применяется формула Энгсета:

$$p = \frac{C_N^v \alpha^v}{\sum_{i=0}^v C_N^i \alpha^i},$$

где α – параметр примитивного потока вызовов от одного источника вызовов в момент его свободы или величина, обратная средней продолжительности промежутка времени от момента освобождения источника вызо-

вов до момента поступления вызова от этого источника; N – число источников вызовов; V – число обслуживающих линий.

Различие в качестве обслуживания вызовов с неограниченным и с ограниченным числом источников вызовов (простейшего или примитивного потоков) при расчетах по формулам Эрланга и Энгсета особенно существенны при малом числе источников.

При обслуживании примитивного потока необходимо различать:

a – интенсивность пропущенной нагрузки от одного источника вызовов;

y – интенсивность поступающей нагрузки от одного источника вызовов;

α – параметр потока вызовов от одного источника в моменты его свободности или величина, обратная средней продолжительности промежутка от момента освобождения источника до момента поступления вызова от этого же источника, то есть интенсивность поступления вызовов от источника в единицу его свободного времени;

u – параметр потока вызовов от одного источника или интенсивность вызовов в единицу времени.

Между всеми этими значениями существуют следующие соотношения:

$$y = \alpha / (1 - \alpha) = u / (1 - u) = a / [1 - p (1 - \alpha)].$$

В области малых потерь:

$$u = a = y = \alpha / (1 - \alpha).$$

Распределение Энгсета, хотя и в большей степени, чем распределение Эрланга соответствует обслуживанию вызовов при подключении узлов коммутации фиксированной и мобильной связи к ПУ СОРМ, однако, тоже не учитывает важной особенности, возникающей при их подключении, а именно – необходимости обслуживания двух разных групп источников: находящихся под контролем абонентов сетей фиксированной и мобильной связи.

Соответственно, классическая модель Энгсета не может быть применима в нашем случае, так как она имеет дело с единым потоком заявок, но на базе уже существующего математического аппарата, можно спроектировать модель, которая будет учитывать, вышеприведенные особенности. Особый интерес вызывает определение того, как влияют эти особенности на качество обслуживания и временные характеристики системы.

В дальнейшем будем использовать запись величины $Y = \frac{\lambda}{\mu}$, которую можно интерпретировать, как интенсивность свободного источника при условии, что время обслуживания одинаково для всех источников и равно единице.

Вероятность занятости i приборов ($0 \leq i \leq v$) P_i равна

$$P_i = \sum_i Y_k^{i_k} Y_n^{i_n} \dots Y_q^{i_q} P_0, \quad (1)$$

где суммирование производится по **всем** i_k , удовлетворяющим равенству

$$\sum_{k=1}^N i_k = i.$$

P_0 определяется из условия нормировки $\sum_{i=0}^v P_i = 1$.

При подстановке принятых упрощений в выражение (1) мы получаем:

$$P_i = \frac{C_N^i a_i^i}{\sum_{i=0}^v C_N^i a_i^i}, \quad (2)$$

При $i = v$ мы можем получить формулу вероятности потерь по времени P_t :

$$P_t = \frac{C_N^v a_v^v}{\sum_{i=0}^v C_N^i a_i^i}. \quad (3)$$

Полученные выражения потерь напоминают соответствующие формулы для случая обслуживания одинаковых источников. Основным отличием является изменение величины a_i в зависимости от состояния обслуживающей системы.

Если заменить a_i соответствующим эквивалентным числом a_t – для временных характеристик, a_v – для потерь по вызовам и т.д., то можно определить все необходимые нам величины уже известными методами вычисления функциями Энгсета. Нам пока наиболее интересны временные характеристики, поэтому обратим на них особое внимание.

Для потерь по времени имеем

$$\frac{C_N^v a_v^v}{\sum_{i=0}^v C_N^i a_i^i} = \frac{C_N^v a_t^v}{\sum_{i=0}^v C_N^i a_t^i},$$

$$a_v^v \sum_{i=0}^v C_N^i a_i^i = a_t^v \sum_{i=0}^v C_N^i a_t^i. \quad (5)$$

Для определения величины a_t необходимо решить уравнение степени v , что в общем виде невозможно. Значительно проще найти границы воз-

можно изменения a_t . Исходя из свойств симметричных функций, можно записать:

$$\frac{a_v^v}{a_{v-1}^{v-1}} \leq a_t \leq a_v. \quad (6)$$

Полученные границы можно использовать для приближенной оценки величины P_t . Так как $a_t \leq a_v \leq a_1$, то всегда

$$P_t(a_i) = \frac{C_N^v a_v^v}{\sum_{i=0}^v C_N^i a_i^i} \leq \frac{C_N^v a_1^v}{\sum_{i=0}^v C_N^i a_1^i} = P_t(a_1). \quad (7)$$

Равенство в выражении (7) наступает только при $Y_i = Y$. Следовательно, при равных средних значениях интенсивностей a_i потери по времени всегда выше в случае обслуживания одинаковых источников. Соответственно, использование предположения о разнородности источников нагрузки позволит сократить потери перехватываемых вызовов по времени.

Новые подходы к СОРМ в сетях пост-NGN

Необходимо отметить, что правила организации СОРМ из приказа № 83 от 16 апреля 2014 года еще только вступят в силу, но уже сейчас важно отметить их несвоевременность. Инфокоммуникационное пространство уже активно развивается в новых направлениях, поэтому пора разрабатывать новый подход к организации СОРМ. Кроме того, экспоненциальный рост объемов трафика, постоянно растущее число протоколов, сервисов и технологий потребуют аналогичного роста объемов оборудования СОРМ, например, пункт 1, приложения 3 к приказу гласит: «Подключение нескольких ПУ на один порт технического средства ОРМ не допускается», что предполагает традиционный подход чем больше сеть, тем больше ПУ СОРМ. Дополнительно, разработка и внедрение программно-технических средств для перехвата новых протоколов становится сложной организационной задачей, которая может затянуться на много лет [2].

По этим причинам стоит рассмотреть новые подходы к моделированию и построению системы оперативно-розыскных мероприятий на сетях связи. Одним из наиболее перспективных подходов является построение наложенной сети СОРМ или, используя современную терминологию, «облачного сервиса». Для простоты данный подход можно назвать LlaaS (*Lawful Interception as a Service*).

Идея создания такой сети уже давно формировалась, однако не хватало достаточных инструментов для ее реализации. На сегодняшний день активное развитие облачных технологий и снятие «психологического барье-

ра» у пользователей перед ними позволяет по-новому посмотреть на концепцию наложенной сети законного перехвата.

Современные мультисервисные и будущие пост-NGN сети операторов связи представляют собой сложную архитектуру, которая дает доступ пользователям к широкому спектру протоколов и сервисов [3]. Для экономии печатного места и бумаги не стану приводить перечень даже наиболее используемых сервисов, читатель сам представляет их число.

Наиболее эффективным, а может и единственным, вариантом организации законного перехвата всех протоколов и сервисов, которые не стали перечислять, в сетях передачи данных является создание наложенной сети COPM (рис. 1).

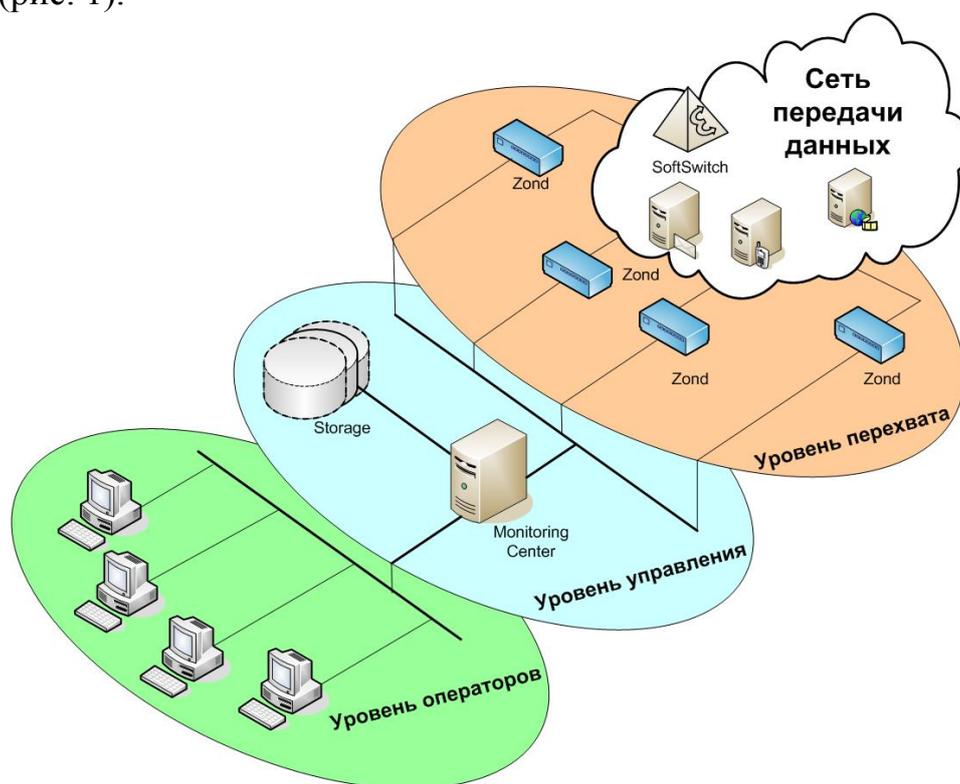


Рис. 1. Организация наложенной сети COPM

На базе наложенной сети COPM можно организовать перехват информации на любых существующих сетях связи (ТфОП, мобильные сети 2G и 3G, мультисервисные сети, NGN, пост-NGN и т. д.) в соответствии с требованиями текущего законодательства, причем с соблюдением необходимых требований по скрытности и безопасности передачи информации.

Основными функциями наложенной сети COPM являются перехват, доставка, обработка и хранение информации пользователей, поставленных на контроль в целях обеспечения общественной безопасности.

Архитектура системы имеет уровневое представление, которое позволяет наиболее полно отразить структуру взаимодействия элементов (рис.1).

Каждый уровень должен обладать своим набором функций, которые позволяют гибко конфигурировать и наращивать систему. Определение и обоснование достаточного набора функций для каждого уровня, а также набора технических средств зависит от уровня детализации, который необходим для работы с трафиком.

Уровень перехвата (Intercept):

- устройства данного уровня (Zond) осуществляют фильтрацию событий и перехват данных с их последующим сохранением, а также передачу данных на устройства долговременного хранения и терминалы операторов;

- устройства Zond должны обладать возможностями локального хранения перехваченной информации для исключения ее потери при аварии или разрыве канала. По мере накопления информация должна передаваться в централизованное хранилище;

- Zond осуществляет преобразование перехваченной информации в вид пригодный для передачи в хранилище и на рабочие места операторов;

- развертывание сети перехвата может осуществляться поэтапно. Это позволяет постепенно расширять сферу деятельности СОРМ на большее количество сетей.

Уровень управления (Servers):

- на данном уровне осуществляется централизованное управление наблюдением, распределение объектов контроля между операторами и долговременное хранение информации, отфильтрованной на уровне перехвата;

- организация многопользовательского доступа (многопользовательский доступ подразумевает наличие главного ПУ, осуществляющего управление и диагностику функционирования оборудования СОРМ ТмС, и периферийных ПУ, получающих отобранную информацию в соответствии с заявками, предоставленными на главный ПУ) для проведения СОРМ на СДЭ;

- на уровне должен располагаться хранилище (Архив), а также центральный сервер распределения информации;

- центральный управляющий сервер исполняет функции по разграничению прав доступа к информации, распределения самой информации между участниками, а также выполняет ряд дополнительных функций;

- общая емкость хранилища может быть увеличена за счет установки дополнительных модулей и наращиваться по мере увеличения числа подключений к СОРМ.

Уровень операторов (Agents):

- содержит рабочие места операторов, администраторов и аналитиков;

– производится постановка на контроль, стенографирование речевой информации, классификация переговоров и создание отчетов по выбранным абонентам;

– создаются независимые группы операторов, которые могут заниматься только своими обязанностями, причем, некоторые функции у разных групп могут пересекаться.

Все уровни взаимодействуют друг с другом по интерфейсам с пакетной коммутацией. Для обмена информацией используются защищенные сети с возможностью дополнительного шифрования данных.

С учетом активного развития SDN сетей NFV сервисов внедрение таких сетей станет штатной задачей, которую, правда, надо сначала смоделировать, проверить и разработать. Однако, преимуществ у такого подхода к законному перехвату, однозначно, больше, чем недостатков:

- универсальное, единой решения для операторов;
- единый ресурс для подключения операторов и субъектов ОРД;
- упрощение процедуры перехвата и внедрения новых протоколов и сервисов;
- простота администрирования со всех сторон;
- СНИЖЕНИЕ стоимости развертывания СОРМ на сети;
- и т. д.

Для такой сети стоит отдельно рассмотреть организационную структуру IaaS платформы, которая может быть представлена централизованной и децентрализованной структурой. Однако этому разделу стоит посвятить отдельную статью. Кроме того, на первых этапах остается важным вопрос моделирования таких сетей, аналитическое и имитационное, которые могли бы показать перспективы IaaS в существующих сетях.

Список используемых источников

1. **Поток** с простым последствием и его воздействие на схемы обслуживания / Б. С. Лившиц, Я. В. Фидлин // Сб. трудов НИИТС. – 1963. – № 11. – С. 21–56.

2. **Интерфейсы** СОРМ. Справочник. Серия «Телекоммуникационные протоколы» / Б. С. Гольдштейн, Ю. А. Крюков, И. П. Хегай, В. Э. Шляпоберский. – СПб.: ВНУ, 2006. – 157 с.

3. **Новая** парадигма законного перехвата сообщений в NGN/IMS / Б. С. Гольдштейн, В. С. Елагин, Ю. Крюков, Ю. Н. Семенов // Вестник связи. – 2010. – № 4. – С. 38–43.

УДК 004.056.5:004.732

Е. А. Дешевых, В. М. Конюхов, К. Ю. Крылов, И. А. Ушаков

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ ИНСАЙДЕРСКИХ АТАК

В данной статье рассмотрены проблемы защиты от инсайдерских атак. В результате рассмотрения методов обеспечения безопасности сети разработан комплекс лабораторных работ, главным компонентом которого является платформа Cisco Identity Service Engine.

Cisco, ISE, Identity Service Engine, информационная безопасность, аутентификация, авторизация, несанкционированный доступ.

В связи с увеличением количества пользователей корпоративных сетей, а вслед за этим расширения разнообразия устройств и методов доступа к таким сетям, IT-инфраструктуры современных организаций становятся всё более и более динамичными. Эти факторы ведут к значительному росту рисков нарушения информационной безопасности предприятия. Одним из решений данной проблемы является новый продукт компании Cisco Systems платформа Cisco Identity Service Engine (ISE) [1].

ISE – это платформа следующего поколения, облегчающая работу специалистам по сетевой безопасности и администраторам сети, позволяя централизованно управлять процессами идентификации и контроля доступа и контролировать их. Она позволяет повысить уровень защищенности корпоративной IT-инфраструктуры и упростить управление работой сетевых сервисов, дает возможность в режиме реального времени получать из сетей, от пользователей и устройств контекстную информацию, необходимую для принятия решений по предоставлению доступа на основании единой политики [2]. Cisco Identity Services Engine является неотъемлемым компонентом решения Cisco TrustSec и архитектуры Cisco SecureX.

Платформа Cisco ISE предоставляет ряд возможностей и преимуществ [3], необходимых для обеспечения и повышения информационной безопасности IT-инфраструктуры, таких как:

- аутентификация, авторизация и учет (AAA) пользователей и устройств, подключенных по различным каналам доступа. Поддерживает различные протоколы аутентификации, включая PAP, MS-CHAP, Extensible Authentication Protocol (EAP) и другие;

- защита от несанкционированного доступа к корпоративной сети. Реализуется широким спектром механизмов, включая загружаемые списки контроля доступа (dACL), назначение сетей VLAN и добавление меток SGA;

- управление гостевым доступом;
- устранение уязвимостей клиентских устройств путем их регулярной проверки;
- механизм активного сканирования определенных атрибутов клиентских девайсов позволяет повысить точность профилирования устройств, для которого раньше использовались только средства анализа сетевого трафика.

В соответствии с высокой актуальностью применения платформы Cisco Identity Services Engine в корпоративных IT-инфраструктурах разрабатывается комплекс лабораторных работ. Основная цель создаваемого комплекса – научить устанавливать, настраивать и внедрять эту платформу в сетях предприятия, на основе чего осуществлять контроль информационной безопасности организации.

На первых этапах разработки комплекса была реализована локальная сеть с топологией, представленной на рисунке 1.

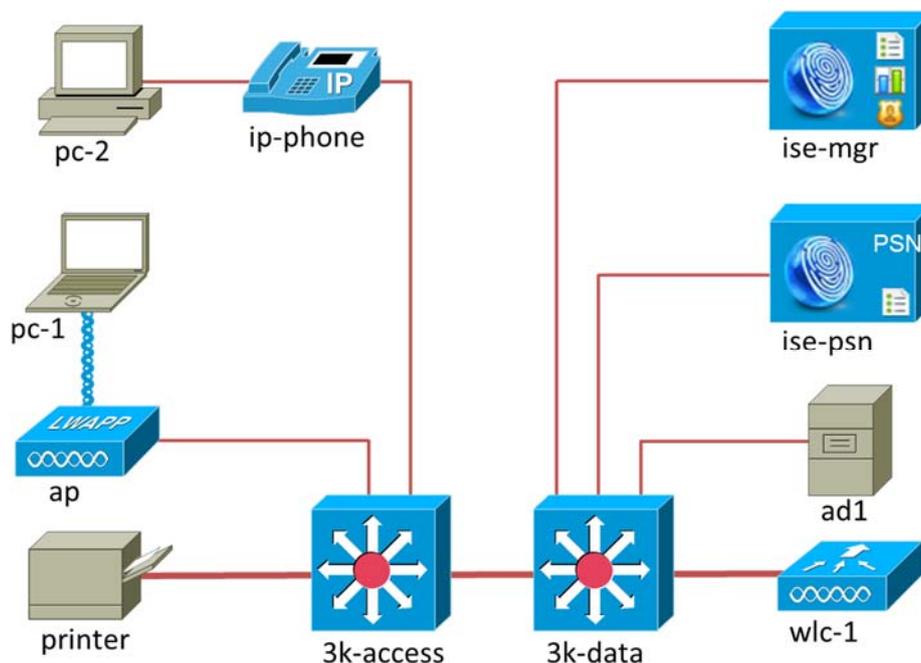


Рис. 1. Топология сети лабораторного комплекса

Выбранная структура сети содержит две платформы ISE, одна из которых (*ise-mgr*) выполняет ключевые функции обеспечения безопасности сети, а вторая (*ise-psn*) содержит базы данных политик контроля доступа. Еще одним компонентом важным топологии является Windows-сервер (*ad1*), являющийся контроллером домена и обеспечивающий сеть необходимыми сервисами, такими как назначение IP-адресов, синхронизация, выдача сертификатов. Также структура содержит устройства доступа к сети и конечные устройства.

В ходе исследования способов обеспечения безопасности представленной сети, разработано семь лабораторных работ, дающих общее представление о платформе Cisco Identity Services Engine, способах её внедрения в корпоративную сеть и базовых настройках. В первой лабораторной работе «Установка Cisco ISE» требуется произвести установку программного обеспечения платформ на два высокопроизводительных сервера и настроить для них базовые сетевые параметры. После настройки проверить синхронизацию с NTP-сервером [4]:

```
ise-mgr/admin# show ntp
```

```
Configured NTP Servers:
```

```
ntp.ise.local
```

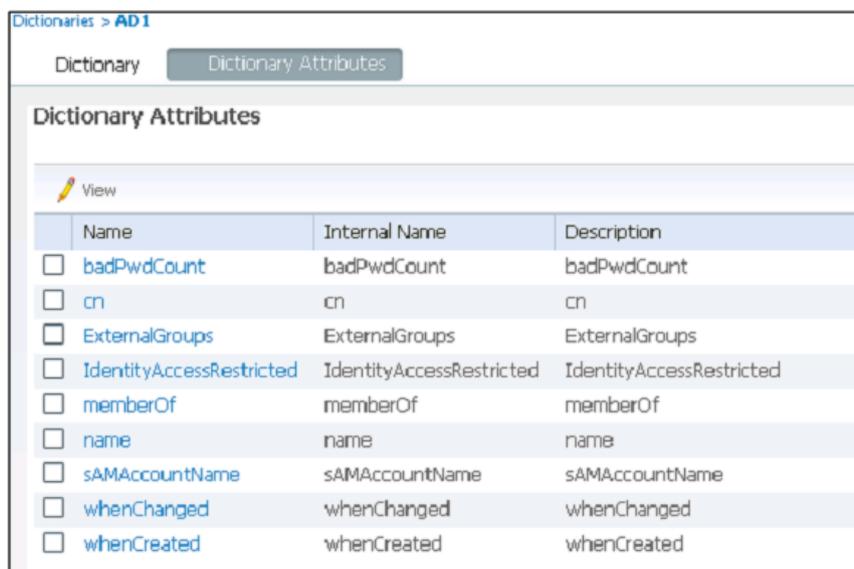
```
ntp2.ise.local
```

```
synchronised to NTP server (10.1.3.10) at stratum 4
```

```
time correct to within 356 ms
```

```
polling server every 64 s
```

Вторая работа «Взаимодействие с графическим интерфейсом GUI» заключается в подключении к Web-порталу платформы и исследовании содержащихся в нём инструментов, позволяющих управлять политиками доступа, отслеживать безопасность сети состояние и наличие угроз. Следующая работа «Операции с сертификатами» направлена на обеспечение функционирования системы проверки подлинности пользователей и конечных устройств. Для этого требуется зарегистрировать обе платформы Cisco ISE на внешнем Центре сертификации и установить подписанные им сертификаты. Работа «Настройка и добавление устройств сетевого доступа» предполагает создание группы сетевых устройств и настройку их на обмен информацией с управляющей платформой ise-mgr, а также на использование ise-psn в качестве RADIUS-сервера. Конфигурации устройств группы проверяются при помощи встроенных инструментов поиска неисправностей Cisco ISE. В ходе шестой лабораторной работы «Настройка внешних источников сертификации» происходит согласование ise-mgr с Active Directory и настройка профиля проверки подлинность, состоящего из набора полей сертификатов. После этого в домен вводится рабочая станция, на которой тестируется созданный профиль. Седьмая работам «Проверка словарей Cisco ISE» состоит в изучении встроенных системных словарей параметров платформы и составление пользовательских (рис. 2). На их основе формируются идентификационные признаки клиентов и присваиваются им необходимые политики доступа.



	Name	Internal Name	Description
<input type="checkbox"/>	badPwdCount	badPwdCount	badPwdCount
<input type="checkbox"/>	cn	cn	cn
<input type="checkbox"/>	ExternalGroups	ExternalGroups	ExternalGroups
<input type="checkbox"/>	IdentityAccessRestricted	IdentityAccessRestricted	IdentityAccessRestricted
<input type="checkbox"/>	memberOf	memberOf	memberOf
<input type="checkbox"/>	name	name	name
<input type="checkbox"/>	sAMAccountName	sAMAccountName	sAMAccountName
<input type="checkbox"/>	whenChanged	whenChanged	whenChanged
<input type="checkbox"/>	whenCreated	whenCreated	whenCreated

Рис. 2. Пример выбора атрибутов словаря

В комплекс планируется включить еще десять лабораторных работ, в которых будет представлено более широкое исследование инструментов и возможностей Cisco ISE, которые, несомненно, станут полезными специалистам по сетевой безопасности [5].

Список используемых источников

1. **Implementing** and Configuring Cisco Identity Services Engine (SISE) v1.1 Student Guide / Cisco Systems, Inc., 2012. – 332 с.

2. **Cisco Identity Services Engine.** – URL: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/security/identity-services-engine/at_a_glance_c45-654884.pdf (Дата обращения 20.03.2015).

3. **Официальный сайт Cisco.** – URL: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/security/identity-services-engine/index.html> (Дата обращения 20.03.2015).

4. **Компания Cisco Сервисы Идентификации Двигателя Руководство Пользователя,** Выпуск 1.1.x. – URL: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/security/ise/1-1-1/user_guide/ise_user_guide/ise_admin.html (Дата обращения 20.03.2015).

5. **Инновационное управление рисками информационной безопасности /** А. В. Красов, В. И. Андрианов, В. А. Липатников. – СПб. : СПбГУТ, 2012. – 396 с.

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором технических наук, профессором В. П. Просихиным.

УДК 681.5

Ю. В. Ильюшин

**СИНТЕЗ НАБЛЮДАТЕЛЯ ЛЮИНБЕРГЕРА
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

В статье рассмотрена математическая модель движения летательного аппарата. Синтезирована система наблюдения движения летательного аппарата на основе наблюдателя Люинбергера. Сделан анализ показаний, полученных с помощью наблюдателя. Указаны положительные и отрицательные стороны синтезированного наблюдателя.

автоматизация, моделирование, анализ, синтез, информационные системы.

На протяжении всей истории человечества, человек пытался создавать летательные аппараты. Сначала это было просто мечта парить подобно птицам. Потом эти мечты обрели насущные проблемы – перевозка грузов, быстрая доставка пассажиров и т. д. С развитием технологий мечты начали приобретать формы, сначала воздушного шара, потом дирижабля и наконец, очертания крылатой птицы – самолета. С этого и началась эра воздухоплавания. Эра самолета началась 17 декабря 1903 года, когда самолет братьев Орвил и Уилбур Райт из США оторвался от земли. Пятьдесят девять секунд полета открыли не только новую эпоху самолетостроения, но и послужили толчком к развитию систем управления. Сначала это были системы управления стабилизации полета. Впоследствии они развивались до автопилота самолета и системы автоматического управления полетом космического корабля многоцелевого использования «Буран».

На современном этапе развития информационных технологии у систем автоматического управления есть две составляющие: системы управления контроля полета и системы управления контроля взлета и посадки.

Системы управления полетом – это замкнутые системы управления, обеспечивающие стабилизацию полета при различных возмущающих воздействиях. Такие системы в простейшем варианте обеспечивают устойчивый полет согласно показаниям внутренних гироскопов и систем предотвращения столкновения воздушных судов. Однако проектирование таких систем связано не только с огромным числом возмущающих воздействий, возникающих неожиданно. К таким воздействиям можно отнести боковой ветер, гроза, воздушные ямы и т. д. Но и с изменениями состояния системы в целом, которая с течением времени может постоянно меняться (обледенение фюзеляжа, отказ двигательной установки и т. д.).

Прогнозированием и реакцией на неожиданно возникающие возмущающие воздействия занимается наука – робастная теория автоматическо-

го управления. Попыткой комплексного подхода к решению проблемы управления полетом, являются задачи построения систем наблюдения полетом летательных аппаратов. Одним из таких систем является наблюдатель Люинбергера.

Поставка задачи

Для объекта управления, структурная схема которого приведена на рисунке 1, необходимо синтезировать детерминированный оценщик переменных состояния (координаты положения и скорость) [1]–[3].

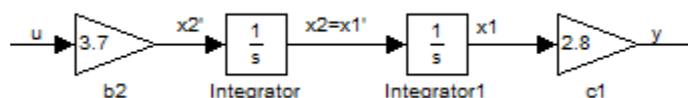


Рис. 1. Структурная схема объекта управления

К синтезируемому наблюдателю предъявлены следующие требования: время переходного процесса $t_n = 1,4$ с и значение перерегулирования $\sigma = 2\%$.

Синтез наблюдателя

Для реализации поставленной задачи рассмотрим систему дифференциальных уравнений, описывающих поведение объекта управления:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = 3,7u \\ y = 2,8x_1 \end{cases} \quad (1)$$

Из системы (1) определим матрицы, описывающие поведение объекта управления:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} 0 \\ 3,7 \end{bmatrix}, c = [2,8 \quad 0].$$

Зная матрицы описания объекта управления, проверим его на управляемость и наблюдаемость. Вычислим матрицу управляемости объекта управления и найдем ее определитель:

$$U = [B \quad AB] = \begin{bmatrix} 0 & 3,7 \\ 3,7 & 0 \end{bmatrix};$$

$$\det U = -13,69 \neq 0.$$

Матрица управляемости объекта управления невырожденная, значит, объекта управления полностью управляем.

Вычислим матрицу наблюдаемости объекта управления и найдем ее определитель:

$$Q = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,8 & 0 \\ 0 & 2,8 \end{bmatrix};$$

$$\det Q = -7,84 \neq 0.$$

Матрица наблюдаемости объекта управления невырожденная, значит, объекта управления полностью наблюдаем.

Наблюдатель состояния объекта управления будет строить согласно следующей системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}}_1 = \hat{x}_2 + l_1 \tilde{y} \\ \dot{\hat{x}}_2 = 3,7u + l_2 \tilde{y}, \\ \hat{y} = 2,8\hat{x}_1 \end{cases} \quad (2)$$

В системе (2) \hat{x}_1 и \hat{x}_2 – оценки переменных состояния объекта управления, l_1 и l_2 – неизвестные коэффициенты обратных связей по невязке, $\tilde{y} = y - \hat{y}$ – невязка по выходной переменной.

Основываясь на системах уравнений (1) и (2), запишем уравнения невязки по состоянию и выходу (в векторно-матричной форме):

$$\begin{cases} \dot{\tilde{x}} = \dot{x} - \dot{\hat{x}} = Ax + bu - A\hat{x} - b\hat{u} - L\tilde{y} = (A - Lc)\tilde{x} \\ \tilde{y} = y - \hat{y} = cx - c\hat{x} = c\tilde{x} \end{cases} \quad (3)$$

Чтобы обеспечить экспоненциальную устойчивость процесса наблюдения необходимо, чтобы полученная система была экспоненциально устойчива, и невязка сходилась бы к нулю с течением времени. Это может быть достигнуто соответствующим выбором коэффициентом матрицы $F = A - Lc$.

Поскольку необходимо, чтобы переходной процесс проходил с заданными показателями качества, удобно воспользоваться методом стандартных полиномов. Выберем полином Ньютона второй степени

$$D^*(s) = s^2 + 2\omega_0 s + \omega_0^2.$$

По заданному $t_n = 1,4$ с и стандартному $t_n^* = 4,8$ с временам переходного процесса вычислим значение коэффициента ω_0 .

$$\omega_0 = \frac{t_n^*}{t_n} = \frac{4,8}{1,4} = 3,43.$$

Таким образом, желаемый характеристический полином принимает вид:

$$D^*(s) = s^2 + 6,86s + 11,765. \quad (4)$$

Определим выражение для характеристического полинома модели невязки:

$$D(s) = \det(sl - F) = \det(sl - A + Lc) = s^2 + 2,8l_1s + 2,8l_2. \quad (5)$$

Приравняв выражения (4) и (5) находим неизвестные коэффициенты обратных связей по невязке $l_1 = 2,45, l_2 = 4,2$.

Подставим найденные коэффициенты в уравнение объекта управления с наблюдателем:

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 3,7 \end{bmatrix} u; \\ y = [2,8 \ 0] x; \\ \dot{\hat{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \hat{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 3,7 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 2,45 \\ 4,2 \end{bmatrix} \tilde{y}; \\ \hat{y} = [2,8 \ 0] \hat{x}; \\ \tilde{y} = y - \hat{y}. \end{cases} \quad (6)$$

Структурная схема объекта управления с наблюдателем представлена на рисунке 2, результаты моделирования при начальных условиях $x_2(0) = 3$, представлены на рисунках 3–5 $x_1(0) = 7$.

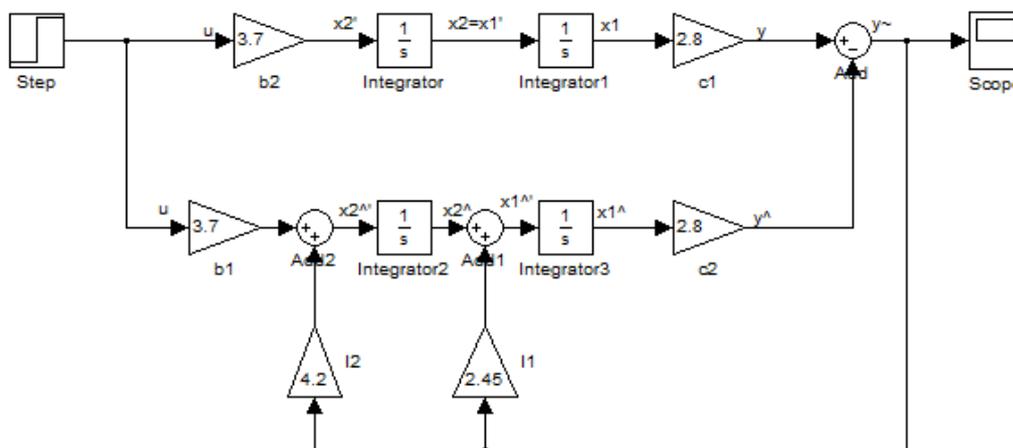


Рис. 2. Структурная схема объекта управления с наблюдателем состояния полной размерности

Из приведенных графиков видно, что оценки переменных состояния, генерируемые синтезированным наблюдателем, сходятся к своим истинным значениям, причем время сходимости не превышает требуемого в задании. График невязки также демонстрирует выполнение требований к перерегулированию и скорости сходимости ошибки наблюдения к нулю (рис. 3–5).

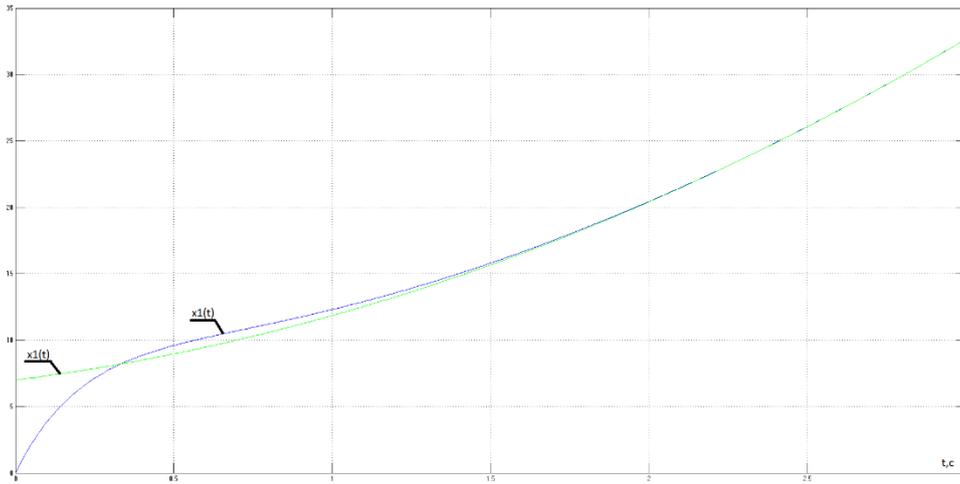


Рис. 3. Графики поведения переменной состояния x_1 и ее оценки \hat{x}_1

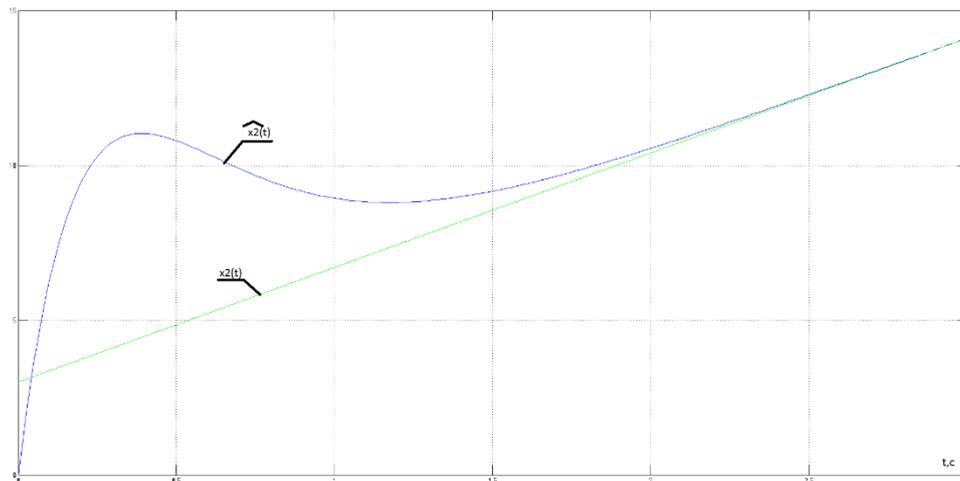


Рис. 4. Графики поведения переменной состояния x_2 и ее оценки \hat{x}_2

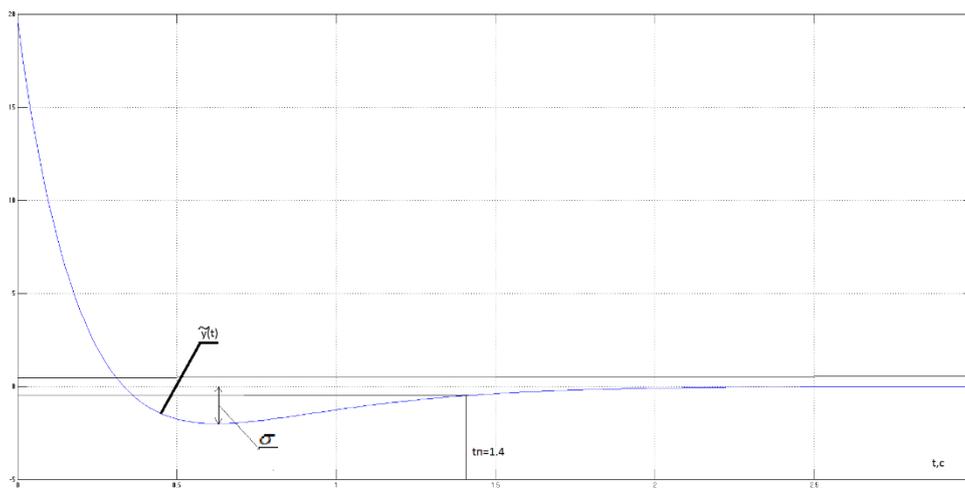


Рис. 5. График невязки \tilde{y}

Оценим экспоненциальную устойчивость процесса наблюдения по норме вектора ошибки оценивания $\|\tilde{x}\| = \sqrt{\tilde{x}_1^2 + \tilde{x}_2^2}$ (рис. 6).

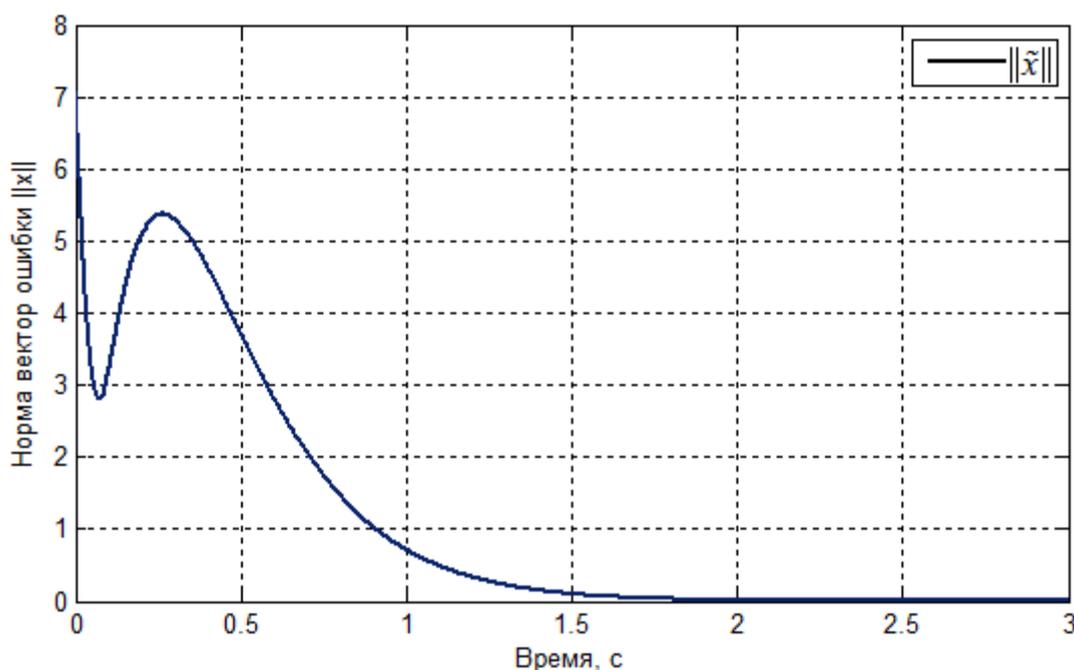


Рис. 6. График нормы вектора ошибки оценивания

По полученному графику можно сделать вывод о экспоненциальной устойчивости процесса наблюдения.

Выводы

Одним из приоритетных направлений в развитии бортовых систем управления ЛА является совершенствование алгоритмов их функционирования. Алгоритмов, основанных на описании ЛА как многосвязных нелинейных объектов управления. Построение наблюдателей для анализа полета летательного аппарата является одной из актуальнейших задач современной теории автоматического управления. В рамках данной работы сделаны следующие результаты [3]–[8]:

1. Синтезирован наблюдатель полной размерности для летательного аппарата.

2. Выполнено моделирование полученной системы в пакете Simulink.

По результатам проведенного моделирования системы управления летательного аппарата можно сделать вывод о следующем:

1. Синтезированный наблюдатель обеспечивает требуемые показатели качества ($t_n = 1,4с$, $\sigma > 12\%$);

2. Синтезированный наблюдатель экспоненциально устойчив.

3. В случае с сильно зашумленными сигналами целесообразно использовать наблюдатель полного порядка, например, фильтр Калмана.

Список используемых источников

1. **Адаптивное** управление в сложных системах / А. Л. Фрадков. – М. : Наука, 1990. – 296 с.
2. **Синтез** дискретных регуляторов при помощи ЭВМ / В. В. Григорьев, В. Н. Дроздов, В. В. Лаврентьев, А. В. Ушаков. – Л. : Машиностроение, Ленингр. Отделение, 1983. – 245 с.
3. **Аналитическое** конструирование нелинейных агрегированных регуляторов по заданной совокупности инвариантных многообразий. IV. Разрывное управление / А. А. Колесников // Известия вузов. Электромеханика. – 1990. – № 1. – С. 220–225.
4. **Синергетические** методы управления авиационными объектами и системами / А. А. Колесников // Авиакосмическое приборостроение. – 2004. – № 8. – С. 135–142.
5. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ** № 2013660602. Моделирование распределенной системы управления на гибридном супер – компьютере / Ильюшин Ю. В., Первухин Д. А., Кучеренко И. А. Правообладатель: Ильюшин Ю. В. Дата поступления 12 сентября 2013 г. Зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ 11.11.2013 г.
6. **Пат. 132938 Российская Федерация МПК Н 05 В3/48.** Карбидокремниевый нагревательный элемент с импульсными секционными нагревателями / Ильюшин Ю. В., Первухин Д. А., Першин И. М., Чернышев А. Б. ; Заявитель и патентообладатель Ильюшин Ю. В., Первухин Д. А., Першин И. М., Чернышев А. Б. – № 2013120860/07; заявл. 06.05.13; опубл. 27.09.13, Бюл. № 2. – 2с. : ил.
7. **Робастное** управление линейными неопределенными системами / Ю. В. Ильюшин, А. Л. Ляшенко, И. А. Кучеренко // Евразийский научный форум «Единое экономическое пространство: новые возможности социально- экономического развития». Санкт-Петербург, Россия, 22–23 ноября 2012 г. Ч. II. – СПб.: МИЭП, 2013. – С. 93–102.
8. **Моделирование** температурного поля на гибридном супер-компьютере по технологии CUDA / Ю. В. Ильюшин // Всероссийская научная конференция «Вузовская наука Северо-Кавказскому федеральному округу», Пятигорск, Россия, 9–10 апреля 2013 г. – Пятигорск. ФГАОУ ВПО «СКФУ» (филиал) в г. Пятигорске, 2013. – Т. 2. (Ч. I). – С. 138–142.

УДК 621.395

Д. В. Каталков, М. М. Ковцур, В. Н. Никитин, В. М. Чесноков

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ДЛЯ IP-ATC ELASTIX

Сети с коммутацией пакетов, используемые для предоставления услуг IP-телефонии, первоначально не предназначались для обмена информацией в реальном времени. Рост числа беспроводных сетей и популярность использования мобильных клиентов IP-телефонии привели к применению каналов связи разного качества при эксплуатации VoIP-сервисов. Это вызвало потребности в инструментари, позволяющем своевременно обнаруживать возникшие проблемы. Однако, многие системы IP-телефонии с открытым исходным кодом, использующиеся в малом и среднем бизнесе,

не имеют встроенных систем для мониторинга качества связи, в том числе и IP-АТС Elastix. Статья посвящена описанию разрабатываемого модуля контроля качества услуг VoIP для IP-АТС Elastix.

IP-телефония, мониторинг QoS, Asterisk, Elastix.

IP-телефония является одним из важнейших сервисов на базе протокола IP. Популярность VoIP вызвана невысокой стоимостью услуг по сравнению с традиционной телефонией и появлением бесплатных программных продуктов для организации офисных IP-АТС, таких как Asterisk [1]. Основными факторами, влияющими на качество передачи трафика реального времени, являются джиттер, задержка и потеря пакетов.

На сегодняшний день имеется широкий спектр платного программного обеспечения для контроля и обеспечения качества связи IP-телефонии, которое может использоваться совместно с программными IP-АТС. Например, некоторые из них: Prognosis voip monitor [2], VQM Asterisk [3], JDSU [4], Commview [5]. В ходе их анализа определены критерии, которым должна удовлетворять система для контроля качества IP-телефонии:

1. Цена.
2. Возможность мониторинга в реальном времени.
3. Возможность использования мобильных устройств.
4. Наличие уведомления пользователей о проблемах, по почте или SMS.
5. Поддержка протоколов безопасности SRTP/SRTCP.
6. Наличие открытого исходного кода.
7. Необходимость использования дополнительного компьютера для мониторинга качества.

ТАБЛИЦА. Сравнение имеющихся средств по выдвинутым критериям

Продукт Критерии	Prognosis voip monitor	VQM Asterisk	JDSU	Commview
1	+	+	+	+
2	+	–	+	+
3	+	–	–	–
4	+	+	+	–
5	+	+	+	+
6	–	–	–	–
7	+	+	+	+

Из приведённой выше таблицы видно, что рассматриваемые системы мониторинга не удовлетворяют определённым в ходе исследования крите-

риям. Одним из популярных решений VoIP в наше время является IP-АТС Elastix [6], в этой АТС не предусмотрено встроенного модуля для мониторинга качества связи. Поэтому актуальной является задача, разработки встроенного в систему IP-АТС Elastix модуля для мониторинга качества, удовлетворяющего выдвинутым ранее требованиям.

Структура разрабатываемого модуля имеет вид, представленный на рисунке 1.

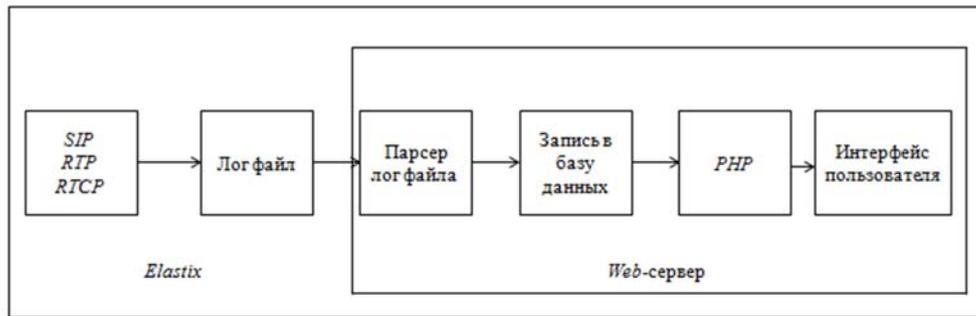


Рис. 1. Структура модуля мониторинга качества для IP-АТС Elastix

Схема взаимодействия двух корреспондентов через IP-АТС представлена на рисунке 2.

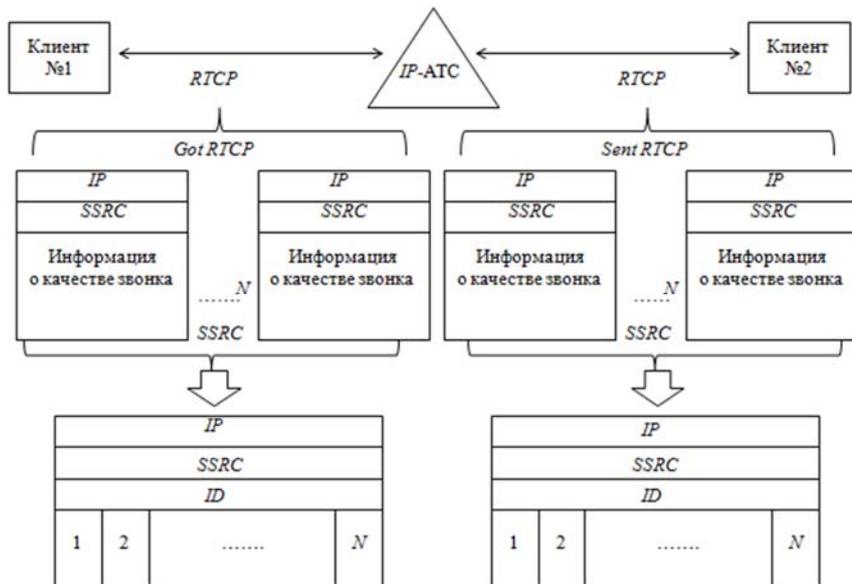


Рис. 2. Схема взаимодействия двух корреспондентов через IP АТС

При обработке вызовов на IP-АТС отладочная информация о протоколах SIP/RTP/RTCP записывается в специальный информационный файл, называемый log-файлом. Разработанное программное обеспечение использует этот файл для формирования статистики по качеству в течении вызова.

Информация о качестве разговоров берётся из отчёта протокола RTCP [7]. В процессе одного вызова происходит отправка нескольких пакетов RTCP. В соответствии с настройками по умолчанию отправки этих пакетов выполняется каждые 5 с.

Для сопоставления данных RTCP, а также номера инициатора и респондента, используются IP-адреса корреспондентов, UDP-порты и идентификаторы SSRC.

В случае, представленном на рисунке 2, формируется четыре потока RTCP. В log-файлах используются данные из отчетов got и sent RTCP. Для получения исчерпывающей информации о вызовах, необходимо объединить все потоки RTCP принадлежащие одному вызову, для чего используется протокол SIP.

Информация из SIP-сообщений [8] необходима для получения данных о текущих разговорах, о вызываемом, вызывающем абонентах и времени начала разговора. Ниже представлена часть сообщения INVITE из log-файла (рис. 3).

```
[Jan 25 13:12:46] VERBOSE[2815] chan_sip.c:
<--- SIP read from UDP:192.168.1.2:54377 --->
INVITE sip:4002@192.168.1.83:5060 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.1.2:54377
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:4001@192.168.1.2:54377;instance=05d06d6aa1d65e41>
To: <sip:4002@192.168.1.83:5060>
From: "4001"<sip:4001@192.168.1.83:5060>;tag=54385572
Call-ID: MzQxY2M1NmUwNTkzODhlNmMyODNlMwVhZTk0YjllNjQ.
```

Рис. 3. Пример сообщения INVITE из log-файла

Для осуществления мониторинга качества в базе данных формируется таблица активных вызовов. Алгоритм формирования таблицы представлен на рисунке 4.

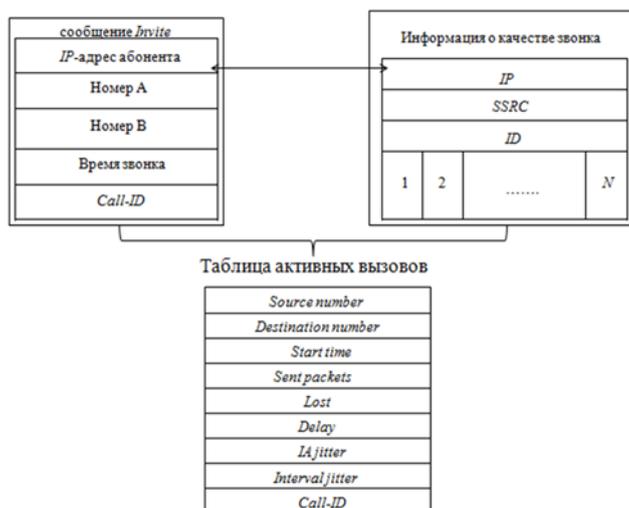


Рис. 4. Алгоритм формирования таблицы активных вызовов

Данные из таблицы выводятся на интерфейс администратора IP-АТС, изображённый на рисунке 5, а также сохраняются в базе данных со статистикой ЗВОНКОВ.



Рис. 5. Интерфейс разрабатываемого модуля для мониторинга QoS

Разработанный модуль позволяет сохранять данные о качестве VoIP соединений в базе данных IP-АТС Elastix, не используя платные программные продукты, а также дополнительные сервера для мониторинга. Модуль позволяет администратору анализировать качество предоставляемых услуг, а также своевременно реагировать в случае обнаружения ухудшения показателей качества. Однако, использование log-файлов, как источников данных о качестве, повышает нагрузку на сервер. Зависимость возрастания нагрузки на сервер от числа активных пользователей, а также в зависимости от используемого аппаратного обеспечения, требует дальнейшего исследования [12–13].

Список используемых источников

1. **Digium** [Electronic resource]. – URL: <http://www.asterisk.org/> (Дата обращения 19.03.2015).
2. **Integrated Research** [Electronic resource]. – URL: <http://www.ir.com/> (Дата обращения 19.03.2015).
3. **Sevana** [Electronic resource]. – URL: <http://www.sevana.fi/> (Дата обращения 19.03.2015).
4. **JDSU** [Electronic resource]. – URL: <http://www.ir.com/> (Дата обращения: 19.03.2015).
5. **Tamos** [Electronic resource]. – URL: <http://www.tamos.ru/> (Дата обращения 19.03.2015).
6. **Palosanto Solutions** [Electronic resource]. – URL: <http://www.elastix.org/> (Дата обращения: 20.03.2015).
7. **RFC 3261**. SIP: Session Initiation Protocol [Electronic resource]. – URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> (Дата обращения: 20.04.2015).
8. **RFC 3605**. RTCP: Real Time Control Protocol [Electronic resource]. – URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc3605.txt> (Дата обращения: 21.04.2015).

9. **IP-телефония** / Б. С. Гольдштейн, А. В. Пинчук, А. Л. Суховицкий. – М. : Радио и Связь, 2006. – 334 с. – ISBN 5-256-01585-0.

10. **Asterisk** будущее телефонии / Д. В. Меггелен, Л. Мадсен, Д. Смит. – М. : Символ-Плюс, 2009. – 638 с. – ISBN 5-93286-128-2.

11. **Протоколы** обеспечения безопасности IP-телефонии / М. М. Ковцур // Первая миля. – 2012. – № 5. – С. 18–26.

12. **Методика** построения системы обнаружения вторжений для VoIP-трафика / А. В. Красов, Д. И. Кириллов // 63-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 21–25 февраля 2011 г. – СПб. : СПбГУТ, 2011. – Т. 1. – С. 248–249.

13. **Методика** построения системы обнаружения вторжений для VoIP трафика / Д. И. Кириллов // Т-COMM: телекоммуникации и транспорт. – 2009. – Т. 3. № 5. – С. 49.

УДК 654.739

Р. В. Киричек, А. И. Хлызов

РЕВОЛЮЦИЯ В МИРЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ: ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ WI-FI МОДУЛЯ ESP8266 В ОБЛАКЕ

Технология Wi-Fi является одной из самых распространённых на сегодняшний день. Однако, до недавнего времени не существовало эффективных способов её применения в концепции Интернета Вещей. Эту задачу решил модуль ESP8266.

интернет вещей, ESP8266, 802.11, облачный сервис, MQTT.

Интернет Вещей [1]–[3] изначально планировалось реализовывать, в основном, на беспроводных сенсорных сетях и, соответственно, протоколах, имеющих в качестве физического уровня IEEE 802.15.4. Если же брать технологию Wi-Fi, то поддержка устройством соединения еще пару лет назад была дорога, громоздка и энергетически неэффективна. Разработчики вынуждены были применять радиоинтерфейсы на базе различных конкурирующих решений и использовать преимущества Wi-Fi, такие как шифрование, скорость передачи и широкое распространение только с использованием дополнительных устройств, реализующих функционал моста.

В последние годы технологии стремительно развиваются. Логичным стало появление экономичных устройств, способных дать новый толчок развитию Интернета Вещей. Многие производители микросхем решили проблемы интеграции Wi-Fi в небольшие и недорогие устройства. Главная задача таких микросхем – подключение их напрямую в инфраструктуру,

уже имеющуюся почти в каждом доме. Цель понятна: чем дешевле будет Wi-Fi модуль, тем активнее возможно осваивать новый рынок подключаемых к сети простых устройств.

В 2014 году сразу несколько производителей объявили о выпуске соответствующих наборов микросхем.

Возможности модуля ESP8266

Самое большое распространение среди новинок получил модуль ESP8266 китайской компании Espressif.

Характеристики:

- TensilicaXtensa lx-106RISC CPU.
- 32k IRAM, 96k RAM (40к доступно), 64k OTP ROM, 4Mb Flash.
- 16 GPIO, 1.5x UART, 2x SPI, 1 канал 10-битАЦП.
- 802.11 b/g/n PHY + MACLwIP TCP/IP стек.
- +20.5 dBm мощность встроеннойWi-Fi антенны.
- Выполнение приложений из SPI FLASH.
- Выход из режима глубокого сна за 22 мс.



Рис. 1. Модуль ESP8266

Всего существует 12 модификаций плат ESP8266, различаются они количеством выводов и вариантом исполнения. Сильно распространены следующие модификации: ESP-01, самая первая модификация, имеющая PCB антенну с дальностью до 400 м на открытом пространстве. В ESP-03 использована технология поверхностного монтажа, есть встроенная керамическая антенна, для использования доступны все GPIO. ESP-07 использует технологию полупроводников.

Самой удобной в использовании является последняя модификация – ESP-12, она поставляется с закрытым типом корпуса и удобным выводом всех 16 GPIO (из них 5 доступны для подключения сенсоров).

Возможности чипа очень велики, основное преимущество – это его цена(3\$), на второе место можно поставить энергоэффективность. Работает

от 3,3 V, потребляет до 215 мА и может функционировать от двух пальчиковых батареек. Благодаря встроенной в API функции *deepsleep* (глубокий сон на заданное количество мс, после «просыпания» модуль подает ноль на GPIO16), в режиме сна модуль потребляет 60 μ A и может проработать на одних гальванических элементах до трех месяцев (в зависимости от режима работы).

На борту у ESP8266 пять GPIO, доступных для использования, возможно подключить по I2C к ним соответствующую шину и расширить количество выводов. Не сложно подключить аналоговый сенсор (один АЦП).

Таким образом, ESP8266 создан для использования в «умных» розетках, mesh-сетях, IP-камерах, беспроводных сенсорах, носимой электронике и так далее. Одним словом, ESP8266 появился на свет, чтобы стать мозгом грядущего Интернета Вещей.

Предусмотрено два варианта использования чипа:

1) В виде моста UART-WIFI, когда модуль на базе ESP8266 подключается к существующему решению на базе любого другого микроконтроллера и управляется AT-командами, обеспечивая связь решения с инфраструктурой Wi-Fi.

2) Реализуя новое решение, использующее сам чип ESP8266 в качестве управляющего микроконтроллера.

На сегодняшний день энтузиастами разработано немало проектов, которые используют чип в домашних условиях – от удаленного полива растения до контроля обстановки в собственном доме (сбор информации с датчиков задымления, протечки, движения и т. д.).

Однако уже сейчас возможно разработать централизованную систему управления удаленными устройствами и сбора данных с помощью модулей ESP8266, используя технологии создания «облака интернет вещей» на основе Wi-Fi модулей.

Модуль ESP-8266 поставляется с прошивкой, позволяющей управлять им только посредством AT-команд. Набора этих команд недостаточно для построения на основе модуля какой-либо полезной системы. С их помощью не получится, например, отправить данные, считанные с датчика температуры, на сервер.

Энтузиастами разработаны сторонние прошивки, расширяющие функционал стандартной микросхемы. Используются в разработке прошивки от *electrodragon* (имеет расширенный набор ATкоманд), *Frankenstein* (*Lua* синтаксис), *Home-Smart* (встроенная поддержка сервисов *narodmon.ru*, *thingspeak.com* и др.) и другие.

Самой распространенной на сегодняшний день является прошивка *NodeMcu*, для неё разработаны удобные утилиты для загрузки прошивки и программ на модуль (*NodeMcuFlasher* и *ESPlorer*). Её преимущества:

- понятный синтаксис скриптового языка *Lua*;
- поддержка практически всех функций, реализованных в API;

- возможность работы с внутренней памятью;
- стабильность.

К недостаткам можно отнести большой объем памяти, занимаемой прошивкой. Для кода остается совсем немного места, в результате не получится, например, хранить большой объем считанных с датчиков данных в памяти чипа или же реализовать сложный алгоритм для анализа полученных данных прямо на модуле.

Уменьшение объема генерируемого трафика Интернета Вещей

Так как на модуле реализован, хотя и немного урезан, TCP/IP стек, для передачи данных в облако мы можем использовать любой протокол, работающий поверх транспортного уровня (TCP/UDP). Это позволит существенно снизить объем трафика, идущего от устройств Интернета Вещей.

Это особенно важно, учитывая имеющиеся прогнозы о триллионах вещей, которые будут подключены к сети. Сложно вообразить объемы трафика, который будут генерировать и посылать по сети интернет эти устройства. Уже сегодня разработчики задумались о специальных протоколах для Интернета Вещей, призванных уменьшить объем генерируемого ими трафика.

В настоящее время возможно эффективно использовать два основных протокола Интернета Вещей – COAP и MQTT [4], оба они:

- построены на открытых стандартах;
- лучше подходят для Интернета Вещей, чем HTTP;
- предоставляют механизм асинхронной передачи;
- работают с IP (в том числе имеют реализации для IPv6).

MQTT представляет собой основанный на TCP/IP протокол обмена сообщениями publish/subscribe (издатель-подписчик), предназначенный для использования в сетях, требующих минимальных накладных расходов. Клиенты подключаются к т.н. брокеру, микро-серверу, который удобно располагать в локальной сети.

Модуль выступает либо издателем и отправляет на сервер сообщения вида:

/УлицаВязов/Дом32/Температура/22,5

Либо является подписчиком и получает от сервера сообщения по темам (topic), на которые он подписан:

/УлицаВязов/Дом32/СветНаКухне/1

Сообщение, переданное по протоколу MQTT, меньше эквивалентного сообщения, переданного по HTTP примерно в 16 раз, MQTT поддерживает механизм авторизации и завешания. Существуют реализации протокола под TCP и под UDP(MQTT-SN).

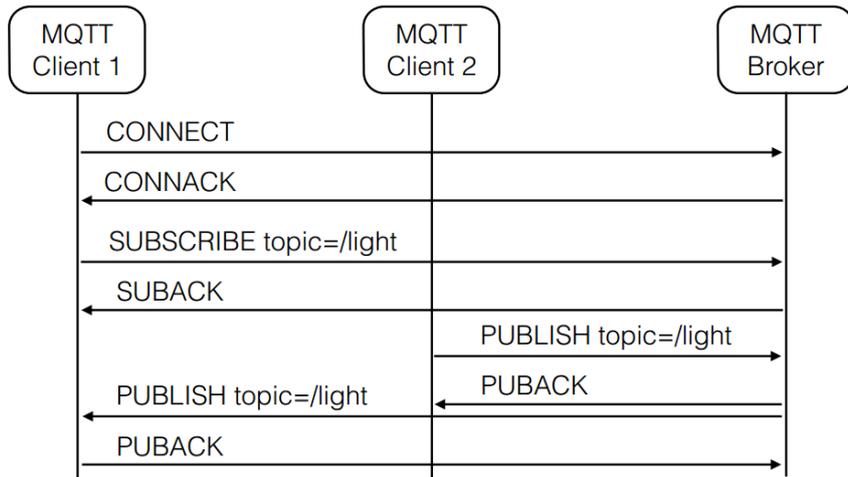


Рис. 2. Схема обмена сообщениями между клиентами и брокером по протоколу MQTT

CoAP – протокол, специально созданный для работы с небольшими устройствами, работает поверх UDP, по своей структуре похож на HTTP. Поддерживает механизм наблюдения, список хорошо известных ресурсов. CoAP применяет два типа сообщений, запросы и ответы, используя простой формат заголовка в двоичном формате. Заголовок может сопровождаться опциями в оптимизированном формате Type-Length-Value.

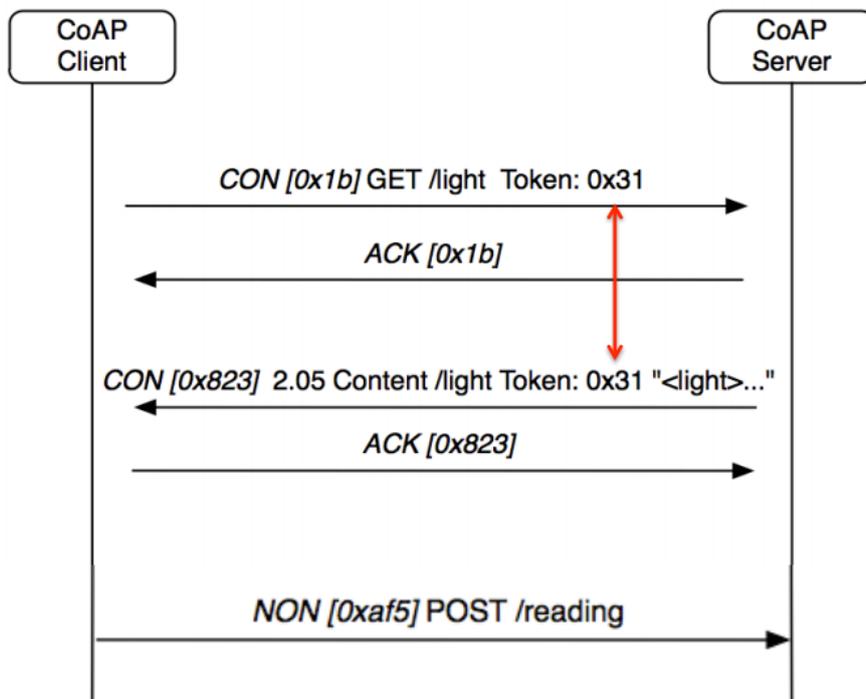


Рис. 3. Схема обмена сообщениями по протоколу CoAP

Для передачи данных в облако, так как они проходят по прозрачной сети, стоит использовать протокол MQTT. Он поддерживает процедуру аутентификации на сервере. О безопасности передачи данных между мо-

дулем и MQTT-брокером можно не беспокоиться, так как реализация Wi-Fi на модуле поддерживает все обычные стандарты шифрования 802.11n, в том числе актуальный на сегодняшний день WPA2-PSK.

В данной статье сделан обзор возможностей использования модуля ESP8266 для передачи данных от него в облако. Была исследована теоретическая схема функционирования облака Интернет Вещей:

Сенсор/Устройство <-> ESP8266 <-> MQTT-Брокер <-> Сервер.

Реализация такой схемы на практике позволит очень экономично подключать разнообразные датчики и устройства в своем доме, а главное централизовано управлять ими, а также снизит объем трафика Интернета Вещей в будущем.

Список используемых источников

1. Самоорганизующиеся сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 310 с. – ISBN 978-5-9906141-1-6.
2. Интернет Вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
3. Интернет вещей / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков, М. Ю. Самсонов. – Самара : ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард», 2014. – 340 с. – ISBN 978-3-8443-5087-6.
4. Internet Protocols for the Smart Grid RFC 6272. IETF, 2011. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6272> (Дата посещения 08.04.2015).

УДК 004.05

М. М. Ковцур, В. Н. Никитин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОГО НАРУШИТЕЛЯ ДЛЯ ЗАЩИЩЕННОЙ IP-ТЕЛЕФОНИИ

IP-телефония получила широкое распространение. Для передачи трафика IP-телефонии широко используют общедоступные открытые каналы передачи данных, которые могут содержать нарушителей, желающих перехватить передаваемую речевую информацию. Пользователю необходимо иметь оценку вероятности успешной атаки НСД, чтобы учитывать возможность утечки информации при передаче особо важных сообщений, а также использовать опции, позволяющие влиять на эту вероятность. Поэтому - разработка математической модели нарушителя является актуальной задачей.

IP-телефония, модель нарушителя, MITM, НСД, вероятность успешной атаки.

IP-телефония нашла широкое применение как в сегменте частных пользователей, так и среди корпоративных потребителей. Для передачи го-

ловых данных часто используются открытые каналы связи, которые могут содержать нарушителей, желающих получить доступ к передаваемой речевой информации. Для защиты данных в IP-телефонии используется несколько криптографических протоколов – Secure SIP для защиты сигнализации, SRTP для защиты медиаинформации, а также протоколы распределения ключей (SDS, MIKEY, DTLS, ZRTP) [1].

Предлагается использовать математическую модель активного нарушителя для защищенной IP-телефонии для оценки безопасности в топологии точка-точка. Существует несколько моделей нарушителей для IP-телефонии [2]–[6]. Предлагаемая модель отличается от аналогов учетом особенностей протоколов обеспечения безопасности IP-телефонии, а именно учетом атаки «человек посередине» на протокол Диффи-Хелмана и оценкой безопасной IP-телефонии, как совокупности криптографических протоколов, совместное использование которых приводит к обеспечению информационной безопасности. На рисунке 1 представлена структурная схема в сценарии клиент-клиент. Терминалы обоих корреспондентов соединяются через открытые каналы связи, которые могут содержать активных нарушителей, желающих получить доступ к передаваемой между корреспондентами информации. Для этого нарушитель может использовать существующие угрозы информационной безопасности.

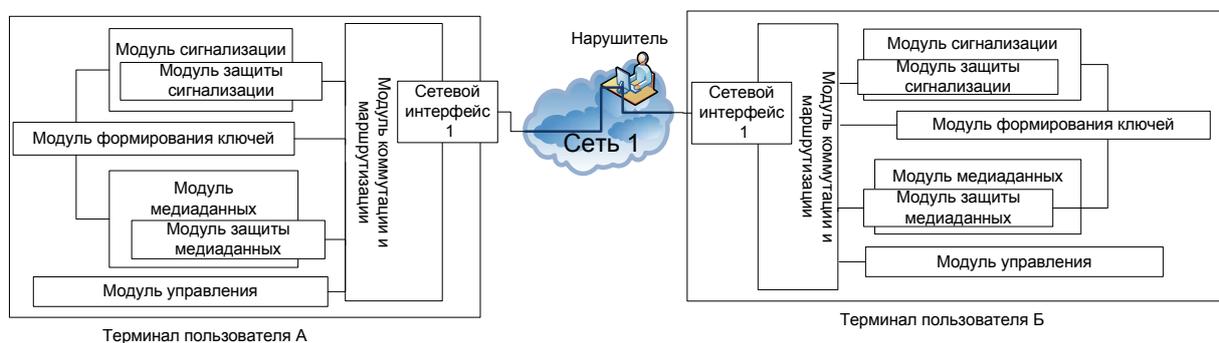


Рис. 1. Структурная схема соединения в сценарии клиент-клиент

– Преднамеренный несанкционированный доступ на оборудование оператора или пользователя со стороны внутренних или внешних нарушителей, обладающих правами и полномочиями на доступ к оборудованию более низкого уровня, или не имеющих доступа к нему, полученный за счет атаки перебора пароля или другой атаки на механизмы обеспечения безопасности в информационной системе.

– Преднамеренное воздействие на таблицу маршрутизации со стороны внешних или внутренних нарушителей, а также использование штатных средств оборудования для частичного перенаправления трафика пользователями, обладающими правами и полномочиями на доступ к информации в информационной системе.

– Преднамеренное специализированное воздействие на проходящий обмен сообщениями протокола распределения ключей (ПРК), а также на другие передаваемые данные корреспондентов, со стороны внутренних и внешних нарушителей, обладающих правами и полномочиями на доступ к информации в информационной системе, направленное на нарушение конфиденциальности и целостности передаваемых данных.

– Прочие угрозы.

Существующие угрозы приводят к возможным атакам нарушителя на защищенную IP-телефонию [7, 8]:

– Перебор пароля для доступа к управлению оборудованием.
 – Организация проксирования или перенаправления всего или части трафика любым доступным способом.

– Реализация атаки на протокол распределения ключей (ПРК).
 – Атака на шифр – перебор ключа к перехваченному медиа трафику.
 – Установка закладки, модификация программного обеспечения терминала пользователя.

– Установка дополнительного оборудования на узле оператора связи.
 – Изменение настроек терминала пользователя для снижения уровня безопасности.

– Перехват авторизационных данных для управления терминалом пользователя за счет перехвата трафика управления шлюзом.

Несанкционированный доступ достигается за счет применения комбинации атак. Поэтому возможно выделить несколько моделей частных нарушителей, реализующих НСД через достижение различных промежуточных целей:

А) Захват оборудования оператора внешним нарушителем.

Б) Захват терминала пользователя внешним нарушителем.

В) Захват оборудования оператора внутренним нарушителем.

Г) Захват терминала пользователя внутренним нарушителем.

Каждая из частных моделей позволяет рассчитать вероятность успешной атаки, нацеленной на НСД, в зависимости от вероятностей промежуточных атак. На рисунке 2 представлены возможные алгоритмы действий нарушителя для каждой из моделей.

Рассмотрим построение математической модели на примере «Захват оборудования оператора внешним нарушителем». Модель представлена в виде алгоритма, где переход из одного состояния в другое соответствует p – вероятности успешного завершения промежуточной атаки (рис. 2 а). На основании алгоритма формируется вероятностный граф, представленный на рисунке 3 а. Выделяется ветвь успешного и неуспешного завершения атаки, определяется производящая функция $H(x)$ ветви успешного завершения атаки (рис. 3 б):

$$H_{VNESH_OB_NSD}(x) = H_{13}H_{34}(H_{45}H_{57} + H_{46}H_{67}).$$

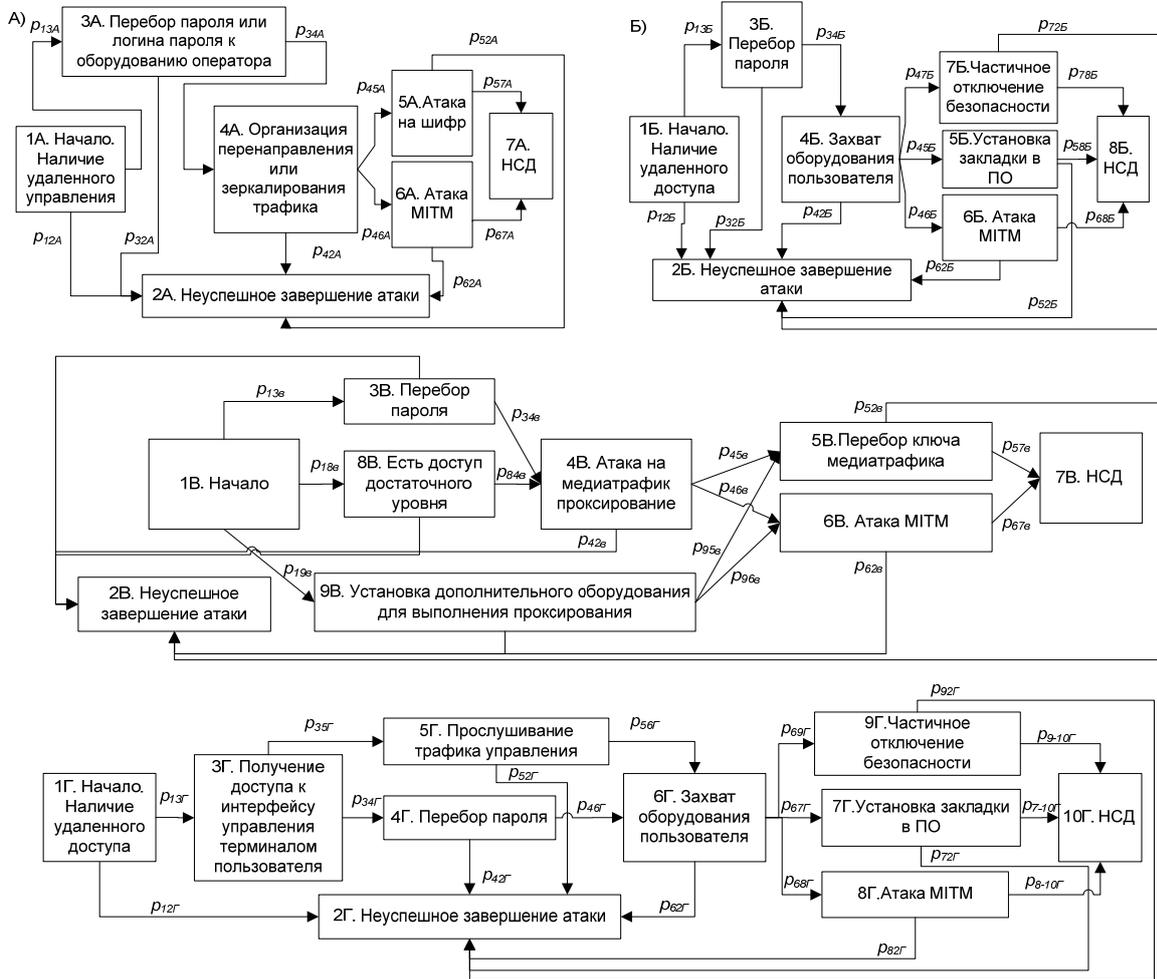


Рис. 2. Возможные алгоритмы действий нарушителя для каждой из частных моделей А, Б, В, Г

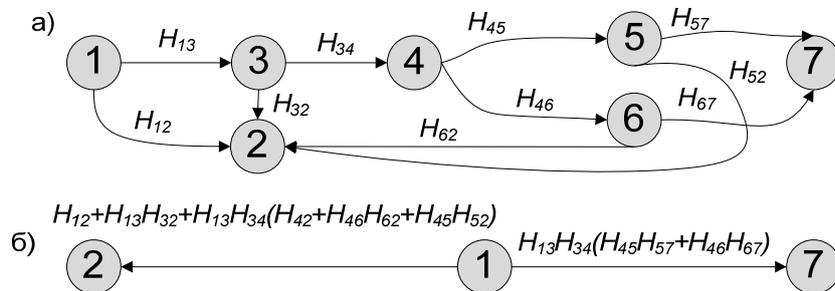


Рис. 3. Вероятностный граф: а) исходный б) упрощенный

Тогда вероятность успешной атаки НСД нарушителя, а также защиты от атаки:

$$P_{нсд} = H_{VNE\text{SH_OB_NSD}}(x=1) = p_{13}p_{34}(p_{45}p_{57} + p_{46}p_{67}), \quad (1)$$

$$P_{защ_нсд} = 1 - P_{нсд} = 1 - p_{13}p_{34}(p_{45}p_{57} + p_{46}p_{67}). \quad (2)$$

Зависимостями (1)–(2) представляется математическая модель нарушителя «Захват оборудования оператора внешним нарушителем». В таблице также представлены возможные значения промежуточных атак. На вероятность p_{34} пользователь не может влиять. Вероятность p_{57} для шифров *AES128/AES256* крайне мала. Поэтому наиболее вероятным будет выбор нарушителем атаки MITM, которая отражается вероятностью p_{67} . Для снижения вероятности успешной атаки человек посередине следует внедрять дополнительные механизмы обеспечения безопасности в ПРК, повышая устойчивость к этой атаке протокола Диффи-Хелмана, лежащего в основе многих ПРК. В частности, возможно использовать механизмы, описанные в [9, 10].

ТАБЛИЦА. Возможные значения вероятностей промежуточных атак

Вероятность	Возможные значения	Нарушитель № 1. Цель MITM	Нарушитель № 2. Цель перебор ключа SRTP
p_{13} – вероятность наличия возможности удаленного подключения к оборудованию оператора	0 или 1	1	1
p_{34} – вероятность успешного перебора пароля за ограниченное время для доступа к оборудованию оператора	0..1	0..1	0..1
p_{45} – вероятность выбора атаки «взлом шифра»	$1 - p_{46}$	0	1
p_{46} – вероятность выбора атаки MITM для всех протоколов VoIP	0..1	1	0
p_{57} – вероятность успешного завершения атаки «взлом шифра»	0..1	–	0..1
p_{67} – вероятность успешного завершения атаки MITM для механизма распределения ключей	0..1	0..1	–

Список используемых источников

1. **Протоколы** обеспечения безопасности VoIP-телефонии / М. М. Ковцур, В. Н. Никитин, Д. В. Юркин // Защита информации. Инсайд. – 2012. – № 3.– С. 74–81.
2. **Разработка** защищенных от несанкционированного доступа систем IP-телефонии на основе операционной системы Windows / С. В. Нопин, В. Г. Шахов // Омский научный вестник. – 2006. – № 9 (46). – С. 137–142.
3. **Методика** формирования требований по обеспечению информационной безопасности сети IP-телефонии от угроз среднестатистического «хакера» / О. С. Макарова // Доклады ТУСУРа. – 2012. – № 1. – С. 51–67.

4. **Защита** информации на корпоративных сетях VoIP / В. А. Докучаев, А. В. Шведов // Электросвязь. – 2012. – № 4. – С. 5–8.
5. **Безопасность** VoIP-контента. Текущая ситуация, анализ угроз и тенденции рынка / Ю. С. Крюков // Защита информации. INSIDE. – 2008. – № 3. – С. 83–99.
6. **Модель** процесса вскрытия параметров сети передачи данных оператора IP-телефонной сети компьютерной разведкой организованного нарушителя / А. А. Привалов, Н. В. Евглевская, К. Н. Зубков // Известия петербургского университета путей сообщения. – 2014. – № 2 (39). – С. 106–111.
7. **Методика** построения системы обнаружения вторжений для VoIP-трафика / А. В. Красов, Д. И. Кириллов // Материалы 63 научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 21–25 февраля 2011 г. – Т. 1. – С. 248–249.
8. **Методика** построения системы обнаружения вторжений для VoIP трафика / Д. И. Кириллов // Т-СОММ: телекоммуникации и транспорт. – 2009. – Т. 3, № 5. – С. 49.
9. **Исследование** путей совершенствования протоколов распределения ключей в защищенной IP-телефонии / М. М. Ковцур // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (Ч. 6). – С. 1300–1308.
10. **Повышение** защиты протоколов распределения ключей от атак вторжения в середину канала связи / М. М. Ковцур, В. Н. Никитин, Д. В. Юркин // Информационно-управляющие системы. – 2014. – № 1 (68). – С. 70–75.

УДК 621.395

Ю. Ф. Кожанов

РАСЧЕТ БУФЕРА ПАМЯТИ МАРШРУТИЗАТОРА ДЛЯ UDP-СОЕДИНЕНИЙ

Механизмом предотвращения перегрузки сети разработан для TCP-соединений и не чувствителен для UDP-соединений, которые используются для доставки пакетов в реальном времени (речь и видео). Поскольку доля таких приложений и, соответственно, соединений непрерывно возрастает, необходимость разработки механизма предотвращения перегрузки сети для UDP-соединений очевидна.

маршрутизатор, ISDN, UDP, RED, буфер, очередь.

Каждое новое поколение технологии коммутации имеет тенденцию к расширению услуг, предоставляемым абонентам, с одновременным понижением качества обслуживания в части воспроизведения исходной информации реального времени. Для оценки передачи качества голосового сигнала Рекомендация ITU-T P.800 [1] использует шкалу средней экспертной оценки (Mean Opinion Scores, MOS), приведенную в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Шкала MOS

MOS-оценка	Описание качества
5	Междугородное качество, соответствующее качеству передачи по медным физическим проводам
4	Качество, близкое к междугородному качеству с почти незаметными искажениями
3	Ощутимые искажения, приводящие к повторению части сказанного
2	Искажения весьма раздражают
1	Невозможно вести разговор

Эта таблица характеризует сходство исходной речевой информации с информацией на приеме, полученной после ее прохождения по сети связи. Оценка MOS для сетей с различной технологией коммутации представлена в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. MOS для различных сетей связи

MOS-оценка	Тип сети связи
5	ТФОП – Телефонная сеть связи общего пользования (PSTN – Public Switching Telephone Network)
4,3	ЦСИО – цифровая сеть интегрального обслуживания (ISDN – Integrated Services Digital Network)
3,6–3,9	Internet – Сеть пакетной коммутации

Вновь разрабатываемые сети связи не должны существенно ухудшать характеристики, применяемые в существующих сетях. IP-сеть является преемником цифровой сети интегрального обслуживания (ЦСИО), для которой нормы качества обслуживания при установлении соединений прописаны в Рекомендации Q.543 [2].

Сетевое качество обслуживания нормируется для самого «длинного» соединения. Для эталонной модели ISDN в «длинном» соединении участвует максимальное число проходных узлов между абонентами: оконечная станция (ОС) – узловая станция (УС) – междугородная станция (АМТС) – узел автоматической коммутации (УАК) – международный центр коммутации (МЦК) – МЦК – УАК – АМТС – УС – ОС. Итого – 10 сетевых элементов.

Задержка сигнального сообщения «из конца в конец» при установлении внутреннего или входящего соединения к абоненту – момент времени между окончанием приема последней цифры и моментом подключения зуммерного сигнала «Контроль посылки вызова». Значения этой задержки представлены в таблице 3:

ТАБЛИЦА 3. Нормы задержки при установлении соединения

	Нагрузка типа А	Нагрузка типа В
Среднее значение (не более), мс	650	1000
Достижение ФРВО на уровне 0,95 (не более), мс	900	1600

По аналогии, при установлении соединения в IP-сети через $S = 10$ проходных маршрутизаторов и нагрузке типа В среднее значение задержки сигнального сообщения на одном маршрутизаторе не должно превышать 100 мс, а критическое значение задержки равно 160 мс. Это достаточно большие временные значения, которые могут маркироваться как низкоприоритетные пакеты, поэтому проблем в части перегрузки интерфейса они не создают и обеспечивают качество не хуже, чем в ISDN.

Для доставки информации пользователя в реальном времени используются система интегрированного или дифференцированного обслуживания. Последняя используется чаще.

В системе дифференцированного обслуживания при занятом интерфейсе поступивший пакет ставится в конец очереди в своем буфере очереди. За один период прохода всех очередей из каждой очереди считываются стоящие первыми в очереди пакеты. Объем считанных пакетов из каждой очереди прямо пропорционален ширине выделенной для этого приоритета полосы. При высокой интенсивности поступления равно приоритетных потоков в буфере очереди могут оставаться не обслуженные пакеты, которые будут обслужены при следующем проходе очередей. Максимальный объем буфера очереди в маршрутизаторе для приоритетных пакетов выбирается исходя из допустимой задержки в маршрутизаторе, т. к. такой пакет с большой вероятностью будет отброшен приемным хостом из-за превышения сетевой задержки t_{net} .

Рассмотрим процесс воспроизведения информации на приеме (рис. 1), где светло-серым цветом помечены пакеты, пришедшие с упреждением от среднего времени доставки, а темно-серым – с отставанием.

Из рисунка следует, что при большом джиттере ($tr \geq t_{cod}/2$) помимо высокой задержки происходит ещё и изменение порядка поступления пакетов, что усложняет приемное устройство и крайне нежелательно.

В таблице 4 [3] приведены сетевые характеристики эталонной модели ISDN с дифференцированным обслуживанием при использовании различных типов кодеков.

Из таблицы видно, что наиболее жесткие требования сети к доставке пакетов ($tr = 6,68$ мс) предъявляются при использовании кодека G.723 из-за длительного времени формирования пакета ($t_{cod} + t_{dec} = 45$ мс). Поскольку маршрутизатор никогда не анализирует поле данных (тип используемого кодека), то сетевые характеристики при использовании кодека

G.723 становятся общими и для других типов кодеков. В таблице 5 приведены сводные сетевые характеристики сети для различных кодеков.

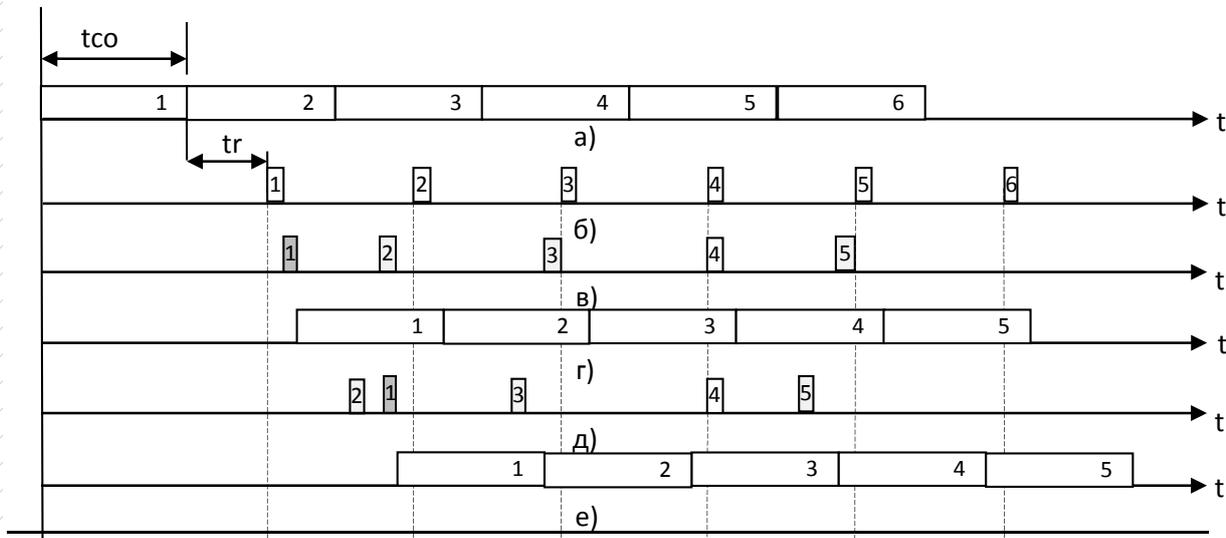


Рис. 1. Процесс воспроизведения информации на приеме:
 а) порядок следования пакетов на передаче, б) порядок следования пакетов на приеме при отсутствии джиттера, в) порядок поступления пакетов на приеме при небольшом джиттере, г) порядок воспроизведения пакетов на приеме при небольшом джиттере, д) порядок поступления пакетов на приеме при большом джиттере, е) порядок воспроизведения пакетов на приеме при большом джиттере

ТАБЛИЦА 4. Сетевые характеристики сети для различных кодеков

Характеристики	G.711(10)	G.711(20)	G.711(30)	G.729	G.723
$t_{cod} + t_{dec}$, мс	10	20	30	30	45
$t_{net} = t_{sum} - t_{cod} - t_{dec}$, мс	140	130	120	120	105
D (с вероятностью 95 %)	112,2	120,8	130,9	130,9	149,6
$tr = jitter = 1/D$, мс	8,91	8,27	7,63	7,63	6,68
$tr_{max} = t_{net}/S$ (среднее)	14	13	12	12	10,5
$IPTD = s \cdot tr$	89,1	82,7	76,3	76,3	66,8
$t_{buf} = \sqrt{S} \cdot tr$, мс	28,18	26,16	24,15	24,15	21,1
$t_{e2e} = t_{cod} + S \cdot tr + t_{buf} + t_{dec}$	127,3	128,9	130,5	130,5	132,9

ТАБЛИЦА 5. Сводные сетевые характеристики сети для различных кодеков

Характеристики	G.711(10)	G.711(20)	G.711(30)	G.729	G.723
$t_{cod} + t_{dec}$, мс	10	20	30	30	45
$t_{net} = t_{sum} - t_{cod} - t_{dec}$, мс	140	130	120	120	105
D (с вероятностью 95 %)	112,2	120,8	130,9	130,9	149,6
$tr = jitter = 1/D$, мс	6,68				
$tr_{max} = t_{net}/S$ (среднее)	10,5				
$IPTD = s \cdot tr$	66,8				
$t_{buf} = \sqrt{S} \cdot tr$, мс	21,1				
$te_{2e} = t_{cod} + S \cdot tr + t_{buf} + t_{dec}$	97,9	107,9	117,9	117,9	132,9

Вследствие ужесточения требований по задержке сетевые характеристики при использовании кодеков G.711 и G.729 значительно улучшаются.

Исходя из независимости обслуживания пакетов каждым маршрутизатором, допустимая задержка прохождения пакета через маршрутизатор не может превысить значения $tr_{max} = t_{net}/S = (t_{sum} - t_{cod} - t_{dec})/S$, где t_{net} – сетевая задержка, S – число проходных маршрутизаторов в сети между пользователями, $t_{sum} = 150$ миллисекунд, t_{cod} – задержка кодера при формировании пакета, t_{dec} – задержка декодирования пакета. Расчет значений максимального объема буфера очереди на интерфейсе $R_{buf} = BW \cdot tr_{max}$ и средней задержки в одном маршрутизаторе $tr = 1/D = (M - L)^{-1}$ приведен в [3].

Параметр tr_{max} , как следует из таблицы 5, равен 10,5 мс, который и следует выбрать при расчете максимального объема буфера очереди на интерфейсе R_{buf} [байт] = 0,0105 [с] · BW [байт/с].

Параметр tr , как следует из таблицы 5, равен 6,68 мс, который и следует выбрать при расчете среднего объема буфера очереди на интерфейсе R_{mid} [байт] = 0,00668 [с] · BW [байт/с].

Для предотвращения перегрузки IP-сети UDP-соединениями можно воспользоваться алгоритмом произвольного раннего обнаружения перегрузки (Random Early Detection, RED) для TCP-соединений, когда маршрутизатор выборочно отбрасывает потенциально запоздавшие пакеты. Вероятность отбрасывания пакета вычисляется по формуле [4]

$$prob = \frac{Q - R_{mid}}{R_{buf} - R_{mid}}$$

где Q – вычисленный средний текущий размер очереди, $Rmid$ – значение длины очереди буфера, с которого начинает действовать алгоритм RED, $Rbuf$ – максимальное значение очереди.

При малом значении очереди ($Q < Rmid$) отбрасывание пакетов не происходит, при превышении средней длины очереди допустимого значения ($Rmid < Q < Rbuf$) вероятность отбрасывания пакетов линейно возрастает, а при достижении очереди своего максимального значения ($Q = Rbuf$) отбрасываются все вновь поступившие пакеты.

Сопоставляя $Rbuf$ и $Rmid$ делаем вывод о том, что алгоритм RED для UDP-соединений начинает действовать при заполнении $Rmid / Rbuf = 0,00668/0,0105 = 64 \%$ очереди интерфейса.

В данном случае алгоритм RED применим для приоритетной очереди с UDP-соединениями, при помощи которых осуществляется доставки информации пользователя в реальном масштабе времени.

Для TCP-соединений алгоритм RED обеспечивает защиту от перегрузки для всей сети (от источника до получателя пакетов). Для UDP-соединений алгоритм RED обеспечивает защиту от перегрузки только части сети (от того маршрутизатора, где произошло отбрасывание пакета до получателя пакетов).

Список используемых источников

1. ITU-T Recommendation P.800. METHODS FOR SUBJECTIVE DETERMINATION OF TRANSMISSION QUALITY. – URL: <http://www.itu.int/en/publications/ITU-T/Pages/default.aspx> (Дата обращения 30.03.2015).

2. ITU-T Recommendation Q.543. DIGITAL EXCHANGE PERFORMANCE DESIGN OBJECTIVES. – URL: <http://www.itu.int/en/publications/ITU-T/Pages/default.aspx> (Дата обращения 30.03.2015).

3. **Качество обслуживания в сетях связи** / Ю. Ф. Кожанов, СПбГУТ. – СПб., 2014. – 160 с. – ISBN 975-5-89160-108-6.

4. **Качество обслуживания в IP-сетях** / В. Шринивас; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2003. – 368 с.: ил. – ISBN 5-8459-0404-8.

УДК 003.26

В. И. Коржик, Ю. Н. Панфилов

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НУЛЬ-БИТОВОЙ СИСТЕМЫ ЦВЗ С УЧЁТОМ ВОЗМОЖНОЙ АТАКИ ДВУСМЫСЛЕННОСТИ

Защита прав авторов на изображения является актуальной проблемой. Использование цифровых водяных знаков позволяет решить данную проблему, но открывает

целый класс атак на сам водяной знак. В данной статье будут приведены результаты оптимизации параметров одной из систем ЦВЗ с учётом атаки двусмысленности.

стеганография, цифровые водяные знаки, атака двусмысленности, цифровые изображения.

Цифровым водяным знаком (далее ЦВЗ) называется практически не видимое изменение покрывающего сообщения (ПС) с целью погружения дополнительного сообщения [1].

Метод, для которого будет произведена оптимизация параметров вложения с учётом атаки двусмысленности, описан в патенте [2] и состоит в следующем: из идентификационных данных пользователя и его электронной подписи формируется информация для генерирования псевдослучайного ключа, который затем будет вкладываться в амплитуду преобразования Фурье синей компоненты изображения так, что максимум в каждой локальной области, построенной вокруг точки ключа помещается в центр этой области; затем из новой амплитуды и полученной ранее фазы посредством обратного преобразования Фурье получается изображение с вложением.

При исследовании данного метода [3] рассматриваются различные атаки, однако, на мой взгляд, стоит подробнее рассмотреть возможность атаки двусмысленности применительно к этому методу.

Атака двусмысленности состоит в том, что злоумышленник вкладывает свой водяной знак в изображение с уже вложенным ЦВЗ с целью предъявления претензий на права собственности на изображение. Для описанного выше метода во многих случаях это может привести к искажениям изображения (рис. 1, а, б), что резко снижает коммерческую ценность изображения, однако, такое случается не всегда и искажения могут быть незаметны (рис. 1, в).

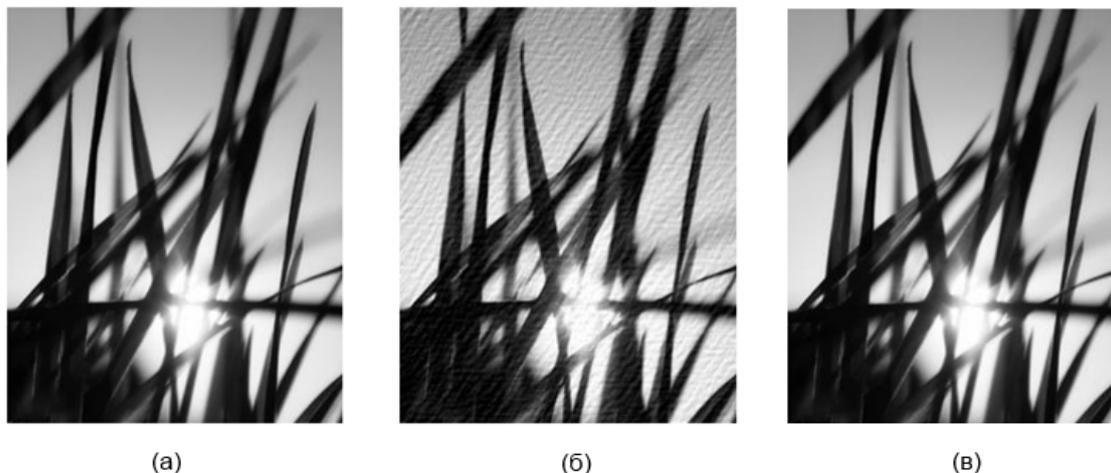


Рис. 1. Изображение с вложением (а), при неудавшейся атаке двусмысленности (б), удавшейся атаке двусмысленности (в)

В случае, когда злоумышленнику удалось вложить свой ключ без значительных искажений изображения, для каждой локальной области возможно 3 исхода (рис. 2).

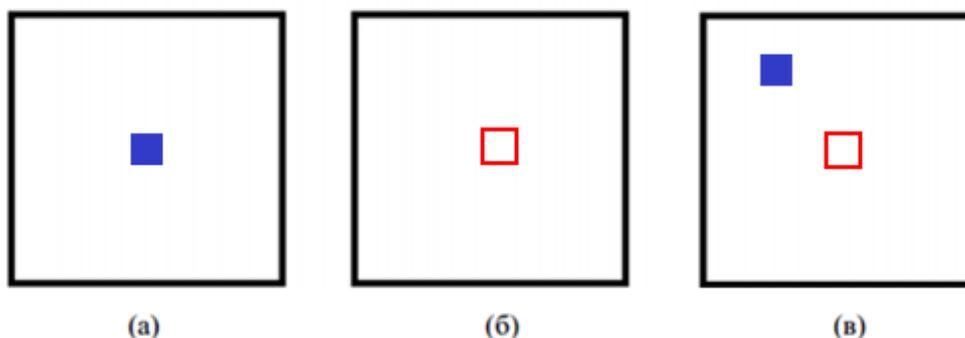


Рис. 2. Возможные исходы атаки двусмысленности для каждой локальной области:
 а) локальная область, содержащая только первоначально вложенный максимум,
 б) локальная область, содержащая только повторно вложенный максимум,
 в) локальная область, содержащая оба максимума

Обсудим рисунок 2 подробнее: в случае (а) в локальную область с точкой первоначально вложенного ключа не попала точка повторно вкладываемого ключа (наилучший для нас случай), в случае (б) точка повторно вкладываемого ключа попала в область, в которой не было точек первоначального ключа, в случае (в) точка второго ключа попала в область с точкой первого, что приведёт к перемещению максимума локальной области из точки первоначального вложения, в точку повторного вложения и невозможности извлечения первоначального максимума из этой области.

Предлагаемый метод определения повторного вложения основан на том, что при извлечении легального ключа из атакованного изображения количество извлечённых точек будет выше, чем при ложном извлечении (извлечение из изображения ключа, который не был вложен), что позволит сделать вывод о наличии легального ключа в изображении.

Для определения порядка вложения необходимо определить несколько значений:

- Максимальное количество извлечённых точек ключа при ложном извлечении.
- Минимальное количество извлечённых точек ключа при легальном извлечении.
- Минимальное количество извлечённых точек легального ключа при атаке двусмысленности.

Таким образом, если минимальное количество точек легального ключа при атаке двусмысленности будет больше максимального количества точек ключа при ложном извлечении, можно будет написать алгоритм, принимающий решение о наличии ключа в изображении и определяющий очерёдность вложения.

Для оптимизации параметров вложения с учётом атаки двусмысленности проводились серии экспериментов с различными комбинациями параметров. В качестве параметров использовались размер локальной области $a*a$ и порог λ , используемый при генерировании ключа и влияющий на количество в нём единиц.

Наилучшими комбинациями параметров будут считаться те, которые покажут наибольшую разницу извлечённых точек для ложного извлечения и легального извлечения при атаке двусмысленности.

Суть эксперимента:

1. Генерируются два случайных ключа.
2. Вкладывается первый ключ, извлекаются оба ключа. Это позволит получить оценку количества первоначально вложенных максимумов и количество точек, извлечённых при ложном извлечении.
3. В изображение с вложением вкладывается первый ключ, извлекаются оба ключа. Это позволит получить количество точек легального ключа, извлечённых при атаке двусмысленности.

В таблице сгруппированы результаты вышеописанных экспериментов, проведённых на базе из 100 цветных изображений размера 240*320 пикселей в формате JPEG. Для каждого изображения было произведено 100 экспериментов с каждой из комбинаций параметров.

ТАБЛИЦА. Результаты экспериментов

Размер локальной области $a*a$, порог λ	5x5, 0,95	3x3, 0,95	5x5, 0,85	3x3, 0,85	5x5, 0,75	3x3, 0,75
Оценка количества первоначально вложенных максимумов	2700	6000	500	7500	50	4500
Верхняя граница ложных извлечений	135	762	37	936	7	609
Нижняя граница легального извлечения	559	1507	81	2268	12	1158
Оценка количества извлечённых точек первого ключа при атаке двусмысленности	265–1300	967–3200	92–446	961–3600	7–43	665–2800

Как видно из таблицы, наилучшими комбинациями параметров вложения в контексте атаки двусмысленности являются комбинации:

$$a*a = 5 \times 5, \lambda = 0,95, a*a = 3 \times 3, \lambda = 0,95,$$

так как вложение с такими параметрами даёт наибольшую разницу между верхней границей ложных извлечений и нижней границей извлечённых точек первого ключа при атаке двусмысленности.

Помимо вышеописанного подхода к осуществлению атаки двусмысленности стоит рассмотреть другие подходы [4], основанные на особенности реализации метода вложения: атаку с коэффициентом вложения меньше единицы и атаку с выбором локальных областей.

Атака двусмысленности с коэффициентом вложения меньше единицы заключается в том, что злоумышленник может предположить, что вложение с коэффициентом вложения меньше единицы будет выглядеть так, будто его вложение осуществлялось раньше, чем вложение легального ключа. Однако, данная атака не будет работать из-за того, как реализован метод детектирования ключа. Он обнаруживает точку ключа тогда и только тогда, когда она соответствует максимуму амплитуды в локальной области, чего не будет наблюдаться при вложении в малом коэффициентом.

Атака двусмысленности с выбором локальных областей: предположим, что злоумышленник каким-то образом может выбирать локальные области, в которые стоит производить вложение так, что повторное вложение перезапишет легальный ключ. При такой атаке ключ злоумышленника выбирается не в соответствии с алгоритмом (исходя из идентификационных данных и ЭП пользователя), что при подробном рассмотрении выдаст злоумышленника.

Таким образом, в работе показано, что атака двусмысленности на данный метод может быть исключена, как в виде простого вложения ЦВЗ злоумышленника поверх уже вложенного ЦВЗ, так и при атаке с коэффициентом вложения меньше единицы и атаке с выбором локальных областей.

Список используемых источников

1. **Курс** лекций «Основы стеганографии» для специальности 210403 «Защищенные системы связи» в СПбГУТ / В. И. Коржик. – 2014. – 261 с.

2. **Пат. 2541865 Российская Федерация, МПК Н 04 N 21/8358, Н 04 N 19/467.** Способ формирования заверенного цифровым водяным знаком цветного электронного изображения / Анфиногенов С. О., Коржик В. И. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича». – № 2013153857/08; заявл. 04.12.13, опубл. 20.02.15, Бюл. № 5.

3. **Разработка и исследование методов построения нуль-битовой системы цифровых «водяных» знаков, устойчивой к случайным и преднамеренным преобразованиям** : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 : защищена 16.04.2014 : утв. 22.09.2014 / Анфиногенов Сергей Олегович. – СПб., 2014. – 169 с. – Библиогр.: с. 170–180. 01005546081.

4. **Состояние** и перспективы разработки учебно-методического комплекса по дисциплине «криптографические методы и средства обеспечения информационной безопасности инфокоммуникаций» в соответствии с ГОС ВПО третьего поколения / В. И. Коржик, А. В. Красов, В. А. Яковлев // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфокоммуникаций

в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 832–834.

УДК 658.62.018

С. В. Костарев, В. А. Липатников

МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ОПТИЧЕСКОГО МУЛЬТИПЛЕКСОРА ВВОДА-ВЫВОДА В ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ

Решение задачи реализации многоканального оптического мультиплексора ввода-вывода в информационных сетях управления качеством объектов на различных стадиях жизненного цикла продукции. Однако в научной литературе не существует исследований, по снижению относительно большого уровня вносимых помех в канал передачи, не полной доступности всех линейных каналов к мультиплексору ввода/вывода, что снижает эксплуатационные возможности волоконно-оптической системы передачи со спектральным разделением каналов. В данном исследовании определен подход построения многоканального оптического мультиплексора ввода-вывода. Предложен метод реализации многоканального оптического мультиплексора ввода-вывода в информационных сетях управления качеством объектов на различных стадиях жизненного цикла продукции.

мультиплексор, информационные сети, управление качеством, объединитель каналов, разделитель каналов.

При решении задач и проблем гармоничного (комплексного) развития производства товаров и услуг на базе современных методов управления и контроля деятельности предприятий и организаций, информационных технологий, методов общего управления качеством и перспективных инновационных технологий компьютерных и транспортных сетей все большее распространение приобретает технология синхронной цифровой иерархии передачи данных SDH. В соответствии с современными концепциями развития транспортных сетей, на основе SDH могут создаваться высокоскоростные, надежные и гибкие транспортные системы различного масштаба и назначения – доступа, региональные и магистральные.

На основе сетей SDH возможно создание надежных цифровых сетей операторов телефонной связи. Транспортная подсистема SDH делает реальным дальнейшее расширение телефонной сети в соответствии с ростом числа абонентов без снижения качества обслуживания и необходимости дополнительных вложений средств в модернизацию транспортных каналов

связи. Сеть SDH может использоваться как ядро для решения «Мультисервисная сеть», что наряду с высокой надежностью, масштабируемостью и сниженным уровнем эксплуатационных затрат предоставит оператору телефонной связи возможность предоставления своим абонентам телефонного сервиса современного уровня.

Метод реализации многоканального оптического мультиплексора ввода-вывода в компьютерных и информационных сетях управления и контроля качества объектов на различных стадиях жизненного цикла продукции относится подходу использующему волоконно-оптических системы передачи со спектральным разделением каналов (ВОСП-СР). А именно к многоканальным управляемым оптическим мультиплексорам ввода-вывода каналов с возможностью коммутации и выделения групп оптических каналов и возможностью использования в системах среднего WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) плотного DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) и высокоплотного HDWDM (*High Dense Wavelength Division Multiplexing*) спектральных уплотнений в *C* и *D* оптических диапазонах (1530–1625 нм).

На основе сетей SDH возможно создание надежных цифровых сетей операторов телефонной связи. Транспортная подсистема SDH делает реальным дальнейшее расширение телефонной сети в соответствии с ростом числа абонентов без снижения качества обслуживания и необходимости дополнительных вложений средств в модернизацию транспортных каналов связи. Универсальность транспортной среды позволит поддерживать информационные потоки различного типа (голос, данные, видео). Сеть SDH может использоваться как ядро для решения «Мультисервисная сеть», что наряду с высокой надежностью, масштабируемостью и сниженным уровнем эксплуатационных затрат предоставит оператору телефонной связи возможность предоставления своим абонентам телефонного сервиса современного уровня.

Недостатком существующих компьютерных и информационных сетей являются относительно большой уровень вносимых помех в канал передачи, низкое переходное затухание между соседними спектральными каналами, необходимость перестройки спектральных характеристик фильтрующих устройств для осуществления коммутации стандартных каналов с различными длинами волн, а также не полная доступность всех линейных каналов к мультиплексору ввода/вывода, что снижает эксплуатационные возможности ВОСП-СР [1, 2]. Проверка обеспечения защиты специального программного обеспечения в информационных сетях управления и контроля качества объектов на различных стадиях жизненного цикла продукции [3, 4].

Целью метода совершенствования компьютерных и информационных сетей является разработка мультиплексора ввода/вывода на основе типовых спектральных каналов, не требующих управляемой динамической пе-

рестройки коэффициентов передачи составляющих элементов, в котором обеспечиваются высокое быстродействие, низкие вносимые потери, большая величина переходного затухания между соседними каналами, возможность коммутации и ввода/вывода всех типовых спектральных каналов передаваемых по линейному тракту ВОСП-СР.

Реализация многоканального оптического мультиплексора ввода-вывода в автоматизированных комплексных системах управления эффективностью производства и качеством работ достигается тем, что в известном многоканальном оптическом мультиплексоре ввода/вывода, содержащем входной демультиплексор (ДМП) и выходной мультиплексор (МП), снабженные соответственно входным и выходным портами, а также блок управления, снабженный управляющим входом первый и второй управляющие выходы которого подключены к управляющим входам соответственно входного ДМП и выходного МП, дополнительно введены первая группа из $N = 4$ преобразователей частот, которые совместно с входным ДМП образуют разделитель каналов (РК) третьего уровня [5].

На рисунке 1 представлена блок-схема управляемого мультиплексора ввода-вывода.

В разделителе каналов вход i -го преобразователя частоты подключен к выходам входного ДМП, а выход i -го преобразователя частоты является i -м выходом РК третьего уровня. Выход служебного канала, управляющий вход и входной порт входного ДМП являются соответственно выходом служебного канала, управляющим входом и входным портом РК третьего уровня.

Вторая группа из N преобразователей частот, которые совместно с выходным МП образуют объединитель каналов (ОК) третьего уровня.

В ОК третьего уровня вход i -го преобразователя частоты подключен к i -му входу выходного МП, а вход i -го преобразователя частоты является i -м входом ОК третьего уровня. Вход служебного канала, управляющий вход и выходной порт выходного МП являются соответственно входом служебного канала, управляющим входом и выходным портом ОК третьего уровня. l -е выходы РК третьего уровня и i -е входы ОК третьего уровня подключены соответственно к i -му входу входного коммутатора каналов третьего уровня и i -му выходу выходного коммутатора каналов третьего уровня. 1-й выход входного коммутатора каналов третьего уровня и i -й вход выходного коммутатора каналов третьего уровня, подключены соответственно к i -му входу РК второго уровня и i -му выходу ОК второго уровня.

K -ый вход, где $k = 1, 2, \dots, (N \times N)$ ОК второго уровня подключен к k -му выходу выходного коммутатора каналов второго уровня, а k -ый вход коммутатора каналов второго уровня подключен к k -му выходу ОК первого уровня. K -ый выход РК второго уровня подключен к k -му входу входного коммутатора каналов второго уровня, k -й выход которого подключен к k -

му входу РК первого уровня. J -ый выход, где $j = 1, 2, \dots, (N \times N \times N)$ РК первого уровня подключен к j -му входу коммутатора каналов первого уровня, j -й выход которого подключен к j -му входу ОК первого уровня.

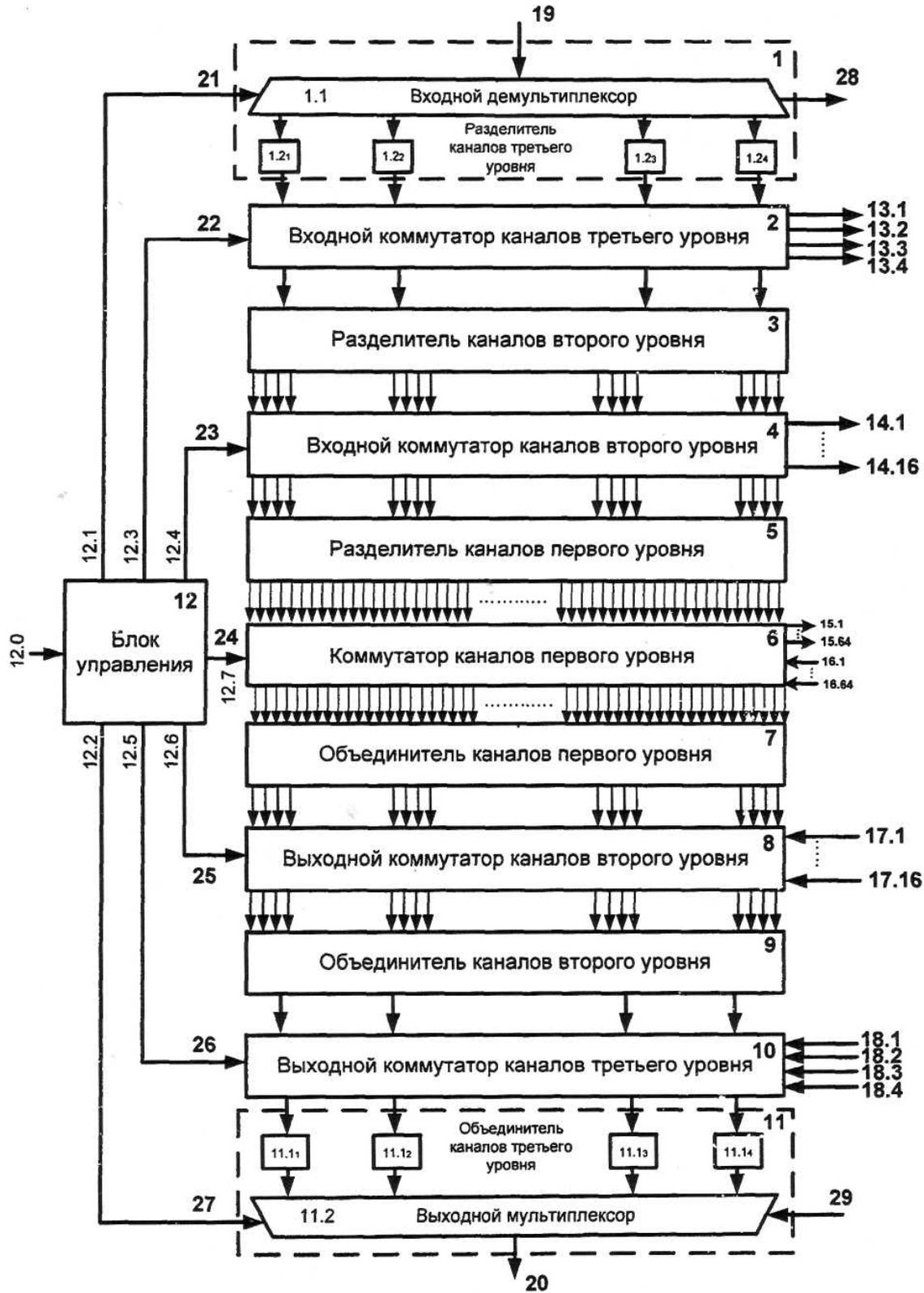


Рис. 1. Блок-схема управляемого мультиплексора ввода-вывода

Третий, четвертый, пятый, шестой и седьмой управляющие выходы блока управления подключены к управляющим входам соответственно входного коммутатора третьего уровня, входного коммутатора каналов второго уровня, выходного коммутатора каналов третьего уровня, выходного коммутатора каналов второго уровня и коммутатора каналов первого уровня. Входной коммутатор каналов третьего уровня, входной коммутатор каналов второго уровня и коммутатор каналов первого уровня снабжены соответственно N , $N \times N$, $N \times N \times N$ выходными портами оптических каналов. Выходной коммутатор каналов третьего уровня, выходной коммутатор каналов второго уровня и коммутатор каналов первого уровня снабжены соответственно N , $N \times N$, $N \times N \times N$ входными портами оптических каналов.

РК второго уровня состоит из N ДМП второго уровня входы которых являются соответствующими входами РК второго уровня, i -ый выход i -го ДМП второго уровня подключен к входу i -го преобразователя частот i -ый группы преобразователей частот, выходы которых являются соответствующей группой из $N \times N$ выходов разделителя каналов второго уровня. ОК второго уровня состоит из N групп преобразователей частоты по N преобразователей частот в каждой группе, $N \times N$ входов которых являются соответствующими входами ОК второго уровня. Выход k -го преобразователя частоты подключен к соответствующему входу i -го мультиплексора второго уровня, N выходов МП первого уровня являются соответствующими N выходами ОК второго уровня. РК первого уровня состоит из $N \times N$ ДМП первого уровня входы которых являются соответствующими входами РК первого уровня. J -й выход ДМП подключен к входу j -го преобразователя частот, а выходы всех преобразователей частот являются выходами РК первого уровня. ОК первого уровня состоит из $N \times N$ групп преобразователей частот по N преобразователей частот в каждой группе, входы которых являются соответствующими входами ОК первого уровня. J -й выход преобразователя частот подключен к j -му входу k -го МП первого уровня, выходы всех МП являются соответствующими выходами объединителя каналов первого уровня.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в многоканальном оптическом мультиплексоре ввода-вывода в информационных сетях управления и контроля качества объектов на различных стадиях жизненного цикла продукции за счет применения волновых МП (ДМП) с использованием оптических многослойных тонкопленочных не перестраиваемых фильтров достигается снижение вносимых помех, увеличение переходного затухания между соседними каналами, устраняется необходимость в перестройке спектральных характеристик фильтрующих устройств, а за счет создания однотипных спектральных каналов трех уровней, входы и выходы которых выведены на соответствующие коммутационные поля однотипных и взаимодоступных для коммутации спек-

тральных каналов обеспечивается полная доступность всех стандартных каналов к мультиплексу ввода/вывода, что значительно повышает эксплуатационные возможности ВОСП-СР [5].

Список используемых источников

1. **Компьютерные сети.** Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов, 4-е издание / В. Олифер, Н. Олифер. – СПб. : Питер, 2012. – 943 с. – ISBN 978-5-49807-389-7.
2. **Пат. 2372729 Российская Федерация, МПК H04J 14/02.** Многоканальный управляемый оптический мультиплексор ввода/вывода / Сахаров В. К. ; заявитель и патентообладатель Сахаров В. К., Нечаев А. В. – № 2008123177/09; заявл. 29.11.05; опубл. 10.11.09, Бюл. № 31.
3. **Метод** многоуровневой проактивной информационной безопасности компьютерной сети / С. В. Костарев, В. А. Липатников, А. П. Корольков // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014. – 3 1 (29). – С. 81–89.
4. **Метод** проверки обеспечения защиты специального программного обеспечения комплексов радиомониторинга и измерения / С. В. Костарев, В. А. Липатников // IX Всероссийская научно-техническая конференция «Метрология в радиоэлектронике», Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, пос. Менделеево, Россия, 17–19 июня 2014 г. – С. 3–14.
5. **Пат. 2502194 Российская Федерация, МПК H04J 14/02.** Многоканальный оптический мультиплексор ввода-вывода / Костарев С. В., Лапшин Б. А., Матвейкин Г. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации. – № 200812133045/07; заявл. 01.08.12; опубл. 20.12.13, Бюл. № 35.

УДК 004.724.4

А. В. Красов, М. В. Левин

ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ SDN

Описываются подходы к реализации концепции software-defined network применительно к существующим сетям, работающим по протоколу IP, связанные с реализацией этих концепций проблемы, а также возможности для IP-сетей по внедрению новых алгоритмов управления трафиком, которые этой концепцией могут быть обеспечены.

программно-определяемые сети, software-defined network, openflow, контроллер, классическая модель, гибридная модель, link-state, distance-vector, load.

Существующие сети передачи данных, которые работают на основе технологий IP, строятся на специализированном оборудовании, выполняющем множество функций по классификации, обработке, коммутации и маршрутизации трафика. Основными типами такого оборудования являются коммутаторы и маршрутизаторы.

Основным технологическим сегментом сетей предприятия является сегмент коммутации, т. е. основная часть таких сетей строится с использованием коммутаторов, канальных или многоуровневых (в соответствии со стеком протоколов TCP/IP). В этих сетях маршрутизаторы являются точками соединения с сетями ISP.

С другой стороны, основной сегмент сетей ISP – сегмент маршрутизации и многоуровневой коммутации. При этом многоуровневые коммутаторы являются точкой подключения сетей предприятий – клиентов к сетям ISP, а маршрутизаторы соединяют основные и резервные транспортные каналы этих сетей.

Сети предприятий и сети ISP управляют трафиком пользователей, подключенных к сетям с помощью алгоритмов маршрутизации и основанных на них протоколов. Большинство современных алгоритмов маршрутизации для принятия решений используют статические параметры, такие как количество сетевых узлов, максимально доступная полоса пропускания или некоторая композитная величина на основе максимально доступной полосы пропускания и задержки на сетевом пути до адресата. Ни один из алгоритмов не учитывает такой параметр как нагрузка, создаваемая трафиком в сети, что обусловлено созданием ситуации с нестабильностью сетевых маршрутов и сети в целом при учете этого параметра, обойти данное ограничение возможно в рамках концепции Software-Defined Network (SDN).

Возможные подходы к реализации концепции SDN. Концепция SDN предполагает довольно простую по смыслу идею. Плоскость управления (протоколы, алгоритмы расчета наилучших путей, принятие решений и т. д.), которая до этого располагалась на каждом сетевом устройстве в отдельности, теперь выносятся в виде отдельного элемента инфраструктуры – контроллера, который будет выполнять все «умные функции». В то же время конечное оборудование – коммутаторы (в концепции SDN термина «маршрутизатор» нет) представляется в виде аппаратной платформы, которая управляется контроллером и осуществляет только функцию forwarding для IP-пакетов. На сегодняшний день существуют два подхода к реализации концепции SDN – классическая и гибридная модели [1], речь об этих подходах пойдет дальше, сейчас важно учесть, что разница между ними только в уровне контроля над коммутаторами со стороны контроллера.

Реализация классической модели SDN. Первый подход к реализации концепции SDN – классическая модель. Исторически появился первым,

предполагает наличие трех составляющих: контроллера, коммутатора и специального протокола, посредством которого контроллер взаимодействует с коммутатором – OpenFlow. В терминах данной, классической, модели, контроллер и коммутатор называются OpenFlow-контроллером и OpenFlow-коммутатором [2].

Данный подход порождает ряд вопросов, решения которым до сих пор нет. Рассмотрим основные из этих проблем, а также пути их решения.

Проблема «Курицы и яйца»

Каким образом будет происходить передача управляющего трафика (*Controller-to-Switch, Synchronous* сообщения) по ненастроенной сети (т. е. до построения FIB – таблиц на OpenFlow-коммутаторах)?! Пример такой ситуации представлен на рисунке 1.

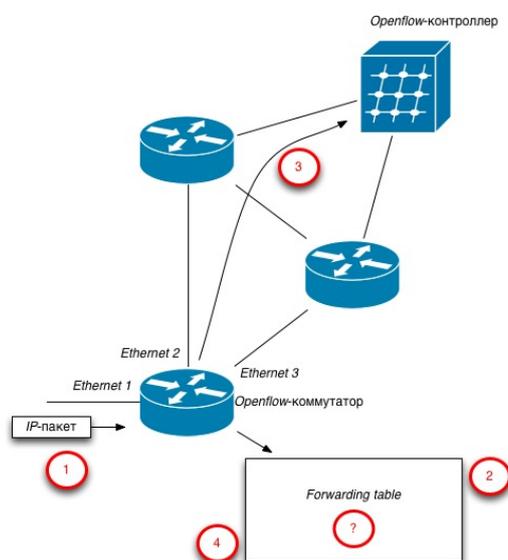


Рис. 1. Иллюстрация к проблеме «Курица или яйцо»

Проблема работы протоколов маршрутизации

В качестве протоколов маршрутизации в IP сетях используются, как правило, протоколы класса link-state; к протоколам класса link-state относятся два: OSPF, IS-IS. Использование в сетях одного из данных протоколов обусловлено тем фактом, что они способны работать, не создавая петель маршрутизации в сетях большого масштаба [3].

Текущие спецификации протокола OpenFlow определяют соединения исключительно как соединения Ethernet [1, 2], т. е. с точки зрения протоколов класса link-state это сети типа broadcast. Для такого типа сети соседские отношения формируются между всеми маршрутизаторами, подключенными к сети.

Все вычисления протоколов и построения таблиц, в случае классической модели SDN, производятся на OpenFlow-контроллере [2]. В этом случае, учитывая, что OpenFlow-коммутаторы не могут формировать между собой соседские отношения, *LSDB* может формироваться на контроллере, исходя лишь из двух параметров:

- Подключенных непосредственно к коммутаторам сетей (*connected networks*).
- *Ethernet*-природы (*broadcast* типа) всех подключений.

Из-за указанной выше ситуации, в том случае, когда в сети используются подключения типа NBMA (*point-to-multipoint*, отдельные *point-to-point*), на OpenFlow-контроллере будет невозможно, в автоматическом режиме, корректно восстановить полную топологию сети (*LSDB*), что повлечет за собой некорректную маршрутизацию [3].

Иллюстрация такой проблемы представлена на рисунке 2.

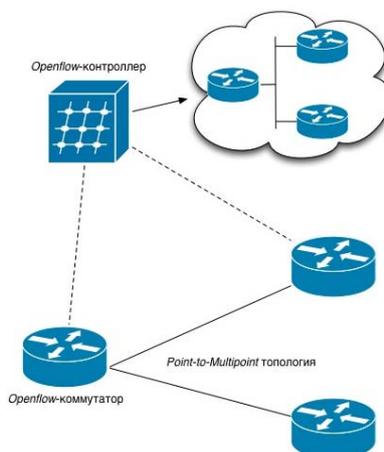


Рис. 2. Иллюстрация к проблеме работы протоколов маршрутизации

Реализация гибридной модели SDN. Второй подход к реализации концепции SDN – гибридная модель. Данный подход предполагает менее жесткое взаимодействие между контроллером, с одной стороны, и коммутаторами, с другой [1]. В этой модели на уровень контроллера вынесены лишь некоторые элементы управления сетью, например, сложные алгоритмы учета нагрузки или механизмы быстрого развертывания MPLS-TE туннелей. Конкретная реализация данной модели различается у разных производителей решений в области телекоммуникаций. Для реализации может быть использован как протокол OpenFlow, так и любой другой механизм взаимодействия между контроллером и коммутаторами.

Несомненным достоинством гибридной модели является объединение преимуществ централизованной модели SDN (оптимизация сети) и классической распределенной модели (восстановление после сбоев).

Внедрение этой концепции дает возможность расширить функциональные возможности сети за счет создания еще одного архитектурного

уровня плоскости управления, на котором сосредоточены интеллектуальные алгоритмы вынесения решений и создания конфигурации сети.

Как уже было сказано выше, ни один из современных алгоритмов маршрутизации не выносит решения на основе нагрузки, создаваемой трафиком в сети. Это связано с тем, что, как известно из положений теории массового обслуживания, нагрузки носит вероятностный характер, а ее изменения нельзя описать линейной функцией, из-за чего учет такого параметра вызывает нестабильность маршрутов в сети, что приводит к отказам в обслуживании. В рамках концепции *SDN*, на контроллере, можно использовать адаптивный алгоритм расчета случайных параметров, описываемый разностным уравнением:

$$Load = \alpha \times Load + (1 - \alpha) \times Load_{new}, 0 \leq \alpha \leq 1.$$

Меняя коэффициент α , мы можем задавать величину изменения нагрузки в сети, после достижения которой будет производиться пересчет маршрутов в сети; такая реализация учета нагрузки обеспечит отсутствие состояний нестабильности маршрутов в сети. Такой алгоритм можно интегрировать с уже имеющимися алгоритмами маршрутизации для увеличения эффективности их работы.

Гибридная модель *SDN*, как наиболее перспективная, предоставляет широкие возможности по внедрению в работу сети интеллектуальных алгоритмов управления трафиком.

Список используемых источников

1. **SDN: Software Defined Networks** / T. D. Nadeau, K. Gray. – O'Reilly, 2013. – 350 p.
2. **Software Defined Networking** / S. Azodolmolky. – PAKKT publishing, 2014. – 282 p.
3. **OSPF and IS-IS: Choosing an IGP for large-scale Networks** / J. Doyle. – Addison Wesley Professional, 2005. – 560 p.

УДК 004.738

А. В. Красов, Р. С. Подоляк

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА VXLAN

Virtual Extensible LAN – это технология сетевой виртуализации, предназначенная для решения проблем масштабирования в больших системах облачных вычислений. Дело в том, что используемая для этих целей технология *VLAN* позволяет использовать 4095 *VLAN*, чего недостаточно для современных ЦОД, особенно с повсеместным внедрением виртуальных машин. Решением проблемы стала виртуализация самой сети, с созданием виртуальных оверлейных сетей поверх существующих.

виртуализация, сети ЭВМ, вычислительные сети, локальные сети.

На данный момент существует три протокола, предназначенных для создания оверлейных сетей: VXLAN (*Virtual Extensible LAN*), NVGRE и STT. Это достаточно схожие протоколы, которые в основном различаются лишь методами инкапсуляции трафика, и предназначены для создания L2-сетей поверх существующих L3-сетей. Нужно отметить, что на данный момент лучшей поддержкой со стороны производителей обладают стандарты VXLAN и NVGRE.

Технология VXLAN приведена в стандарте RFC 7348 [1].

Для работы инфраструктуры VXLAN существуют следующие компоненты:

- Необходима поддержка режимов Multicast, IGMP и PIM.
- Идентификатор VNI внутри IP-пакета, т. к. только машины с одинаковым VNI могут взаимодействовать между собой. Таким образом VNI представляет собой аналог VLAN ID.
- Шлюз VXLAN Gateway.
- Компонент VXLAN Tunnel End Point (VTEP) на стороне сервера виртуализации.
- Виртуальная сеть VXLAN Segment/VXLAN Overlay.

С точки зрения IP-пакета VXLAN, в сети IPv4 его размер увеличивается на 50 байт, а в сети IPv6 – на 70 байт.

Взаимодействие виртуальных машин происходит следующим образом [2]. Существует виртуальная сеть VXLAN с VNI равным 864 (рис. 1). Когда виртуальная машина VM1 хочет послать IP-пакет виртуальной машине VM2 происходит следующее:

- VM1 по протоколу ARP посылает пакет с запросом MAC-адреса VM2.
- Компонент VTEP1, размещенный на первом сервере VMware ESXi, инкапсулирует этот ARP-пакет в мультикаст-пакет, ассоциированный с виртуальной сетью с VNI 864.
- Все остальные VTEP, получающие этот пакет, добавляют ассоциацию VTEP1 и VM1 в свои VXLAN-таблицы.
- VTEP2 получает пакет, деинкапсулирует его и посылает бродкаст на портгруппы виртуальных коммутаторов, которым присвоен VXLAN с VNI 864.
- VM2, находящаяся в одной из этих портгрупп, получает ARP-пакет и отвечает пакетом, содержащим свой MAC-адрес.
- VTEP2 на втором хосте ESXi формирует юникастовый пакет и отправляет его уже по существующему маршруту.
- VTEP1 деинкапсулирует пакет и передает его виртуальной машине VM1.

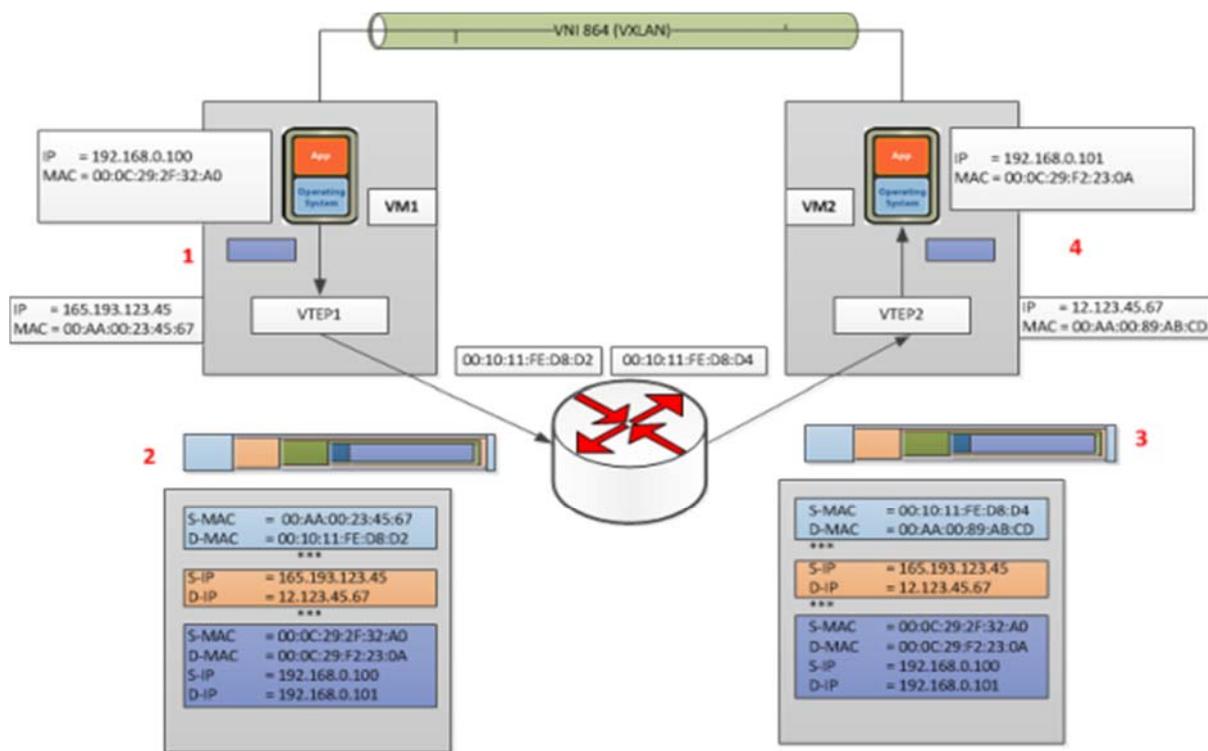


Рис. 1. Виртуальная сеть VXLAN с VNI равным 864

Подробнее рассмотрим структуру VXLAN-пакета, изображенную на рисунке 2.

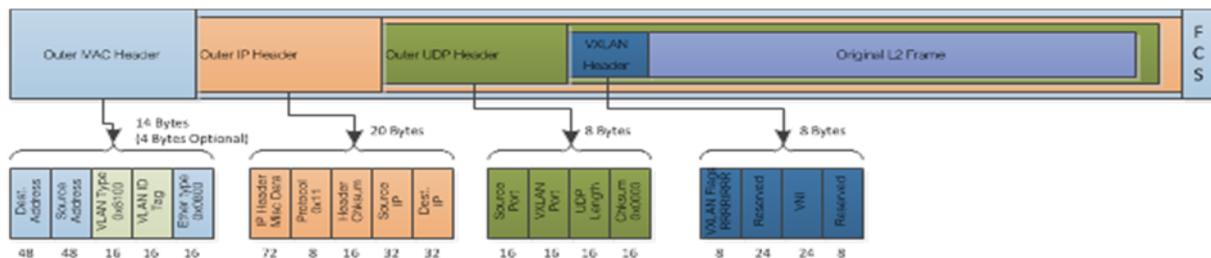


Рис. 2. Структура VXLAN пакета

В нем есть следующие поля:

- Outer MAC Header (Ethernet Header). Он содержит следующие поля:
 - Destination Address – это MAC-адрес VTEP назначения, если этот VTEP является локальным по отношению к ближайшему роутеру, или MAC-адрес самого роутера, если VTEP находится за ним.
 - VLAN – опциональное поле с тэгом VLAN (не обязательно в VXLAN-реализации).
 - Ethertype – тип пакета (для IPv4 установлен в 0x0800).
- Outer IP Header.
 - Protocol – содержит значение 0x11, чтобы обозначить, что это UDP-пакет.
 - Source IP – IP-адрес VTEP источника.

– Destination IP – IP-адрес VTEP назначения.

2) UDP Header.

– Source Port – устанавливается передающим VTEP.

– VXLAN Port – порт VXLAN IANA (еще не определен).

– UDP Checksum – контрольная сумма пакета на уровне VXLAN.

3) VXLAN Header.

– VXLAN Flags – различные флаги.

– VNI – 24-битное поле с идентификатором VXLAN.

– Reserved – набор зарезервированных полей.

Итак, VM1 по описанному выше алгоритму узнала MAC-адрес VM2, после чего начинает посылать ей пакеты следующим образом:

1) VM1 посылает IP-пакет к VM2 с адреса 192.168.0.100 на адрес 192.168.0.101.

2) VTEP1 берет пакет и инкапсулирует его, добавляя следующие заголовки:

– VXLAN header с идентификатором VNI = 864.

– Стандартный UDP-заголовок с назначенным портом (VXLAN IANA).

– Стандартный IP-заголовок с IP-адресом VTEP назначения и признаком UDP-пакета.

– Стандартный MAC-заголовок с MAC-адресом следующего устройства (*next hop*). В данном случае это роутер с маком 00:10:11:FE:D8:D2, который будет использовать стандартную маршрутизацию пакета по IP-сети до VTEP2.

3) Далее VTEP2 получает такой пакет, распаковывает его (он узнает, что это VXLAN, так как это UDP-пакет) и вытаскивает VNI (864). Далее уже очищенный от обертки IP-пакет направляется к VM2, которая находится в портгруппе с VNI 864, перед чем VTEP убеждается, что она может получить пакет.

4) Виртуальная машина VM2 получает IP-пакет очищенным, как обычный IP-пакет.

Таким образом, технология VXLAN, поддерживаемая в программном обеспечении платформы виртуализации и роутеров позволит расширить сферу применения виртуальных сетей VXLAN в виртуальных облачных средах, где виртуальная машина сможет существовать в различных географически разделенных датацентрах, а пользователи смогут распределять нагрузку между своим частным облаком и облаком сервис-провайдера, не прибегая к переконфигурации виртуальных машин в рамках их виртуальных сетей.

Список используемых источников

1. VMware VXLAN Deployment Guide, Docsouce: OIC-12VM008.13. – URL: <http://www.vmware.com/files/pdf/techpaper/VMware-VXLAN-Deployment-Guide.pdf> (Дата обращения 05.03.2015).
2. RFC 7348. Virtual eXtensible Local Area Network (VXLAN): A Framework for Overlaying Virtualized Layer 2 Networks over Layer 3 Networks. – URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc7348> (Дата обращения 25.03.2015).

УДК 004.732

Е. А. Кучерявый, Д. А. Молчанов, В. И. Петров

ОБЗОР ВОЗМОЖНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Широкополосные системы связи в терагерцовом диапазоне представляют собой дальнейшее развитие персональных систем связи. В частности, их применение может решить проблему нехватки емкости канала для организации высокоскоростного обмена данными в различных приложениях. В этой работе приведен краткий обзор и анализ возможных приложений для подобных систем.

персональные сети, широкополосные системы связи, терагерц, приложения.

Терагерцовый диапазон частот, часто определяемый как интервал от 0,1 до 10 ТГц, на сегодняшний день является самым широким из диапазонов, когда-либо доступных для организации беспроводной связи. Обладая, с одной стороны, высоким затуханием сигнала, по сравнению с распространенными системами в диапазоне 2,4 ГГц, 5 ГГц и 60 ГГц, этот диапазон частот имеет теоретическую емкость канала в несколько терабит в секунду [1]. Как следствие этих двух факторов, большинство приложений для терагерцового канала связи сосредоточены в области персональных и локальных беспроводных сетей, где требуется передача больших объемов данных на небольшие расстояния.

В предлагаемой работе приведен краткий обзор приложений для терагерцовых систем связи, предлагаемых исследователями и инженерами. С учетом особенностей беспроводного канала связи в терагерцовом диапазоне частот, наиболее выгодным выглядит создание соответствующих систем связи для персональных и локальных вычислительных сетей с дальностью действия, ограниченной несколькими метрами. Таким образом, целевые приложения подобных систем связи характеризуются малой

дальностью. В данной работе выделено три основных класса возможных приложений для рассматриваемых систем.

1. *Передача некодированного видео.* Первым из рассматриваемых классов приложений является передача некодированного и несжатого видеопотока с одной или нескольких камер на приемное устройство (рис. 1). К преимуществам предлагаемого подхода стоит отнести возможность увеличения скорости и повышения качества обработки видеоданных (например, информации, передаваемой с носимой камеры) за счет отказа от процедур кодирования/декодирования и сжатия/распаковки данных, а также возможное снижение стоимости конечных устройств, за счет отсутствия сложных операции кодирования/декодирования. Описанное решение выглядит применимым во множестве сфер: от умных очков до шлемов виртуальной реальности.

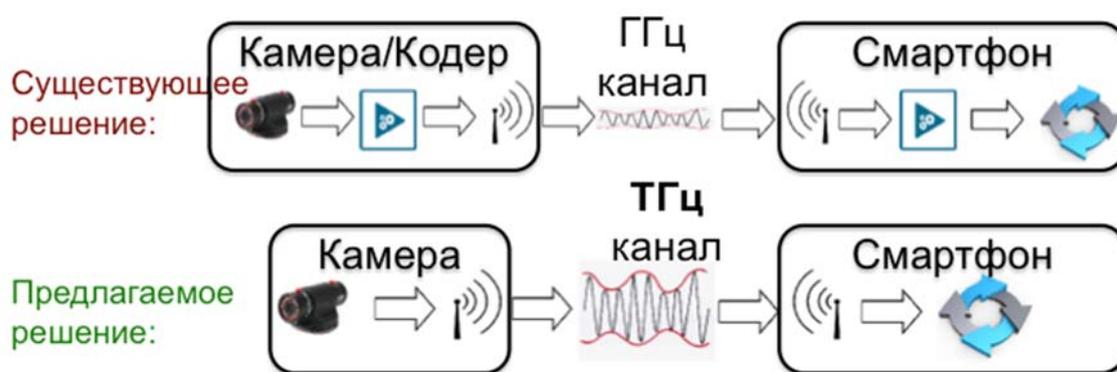


Рис. 6. Передача некодированного видео через широкополосный канал связи

2. *Обмен информацией между компонентами вычислительных систем.* К следующему типу приложений для широкополосных систем связи в терагерцовом диапазоне следует отнести передачу данных между различными блоками компьютера или иной вычислительной системы. В частности, применение подобных систем может теоретически решить проблемы масштабируемости существующих вычислительных архитектур для систем на кристалле, а также многоядерных процессоров общего назначения. Например, в работе [2] была предложена высокоуровневая архитектура многоядерного процессора общего назначения с беспроводным интерфейсом для взаимодействия между вычислительными ядрами и кэш-памятью третьего уровня, применение которой позволяет значительно увеличить количество вычислительных ядер на кристалле без существенной потери производительности (рис. 2).

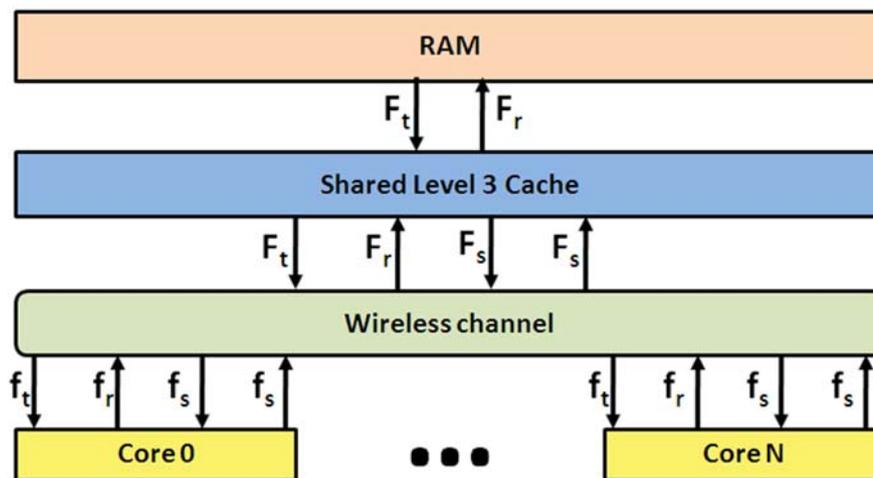


Рис. 7. Высокоуровневая архитектура многоядерного процессора общего назначения с беспроводным интерфейсом для взаимодействия между вычислительными ядрами и кэш-памятью третьего уровня [2]

3. *Интернет Нано Вещей*. Интернет Нано Вещей – дальнейшее развитие концепции Интернета Вещей, основной упор в котором сделан на организации взаимодействия между множеством вычислительных устройств небольшого размера (до нескольких миллиметров в диаметре). Указанные нано устройства, объединяясь в сеть, теоретически способны решать задачи, недоступные существующим макроустройствам. В то же время, для организации взаимодействия подобных устройств требуется создание специальных технологий и протоколов связи на сверхкороткие дистанции. Дополнительными требованиями к системам связи для данного приложения являются малый размер антенны, ограниченный физическими габаритами устройства, а также высокие показатели энергоэффективности. Терагерцовые системы связи удовлетворяют указанным требованиям как размерам антенн (порядка 0,3 мм для 1 ТГц), так и по уровню энергопотребления (излучаемая мощность в районе 1 мкВт). С учетом этих данных, в работе [3] был предложен пример персональной сети с использованием широкополосного канала связи в терагерцовом диапазоне (рис. 3).

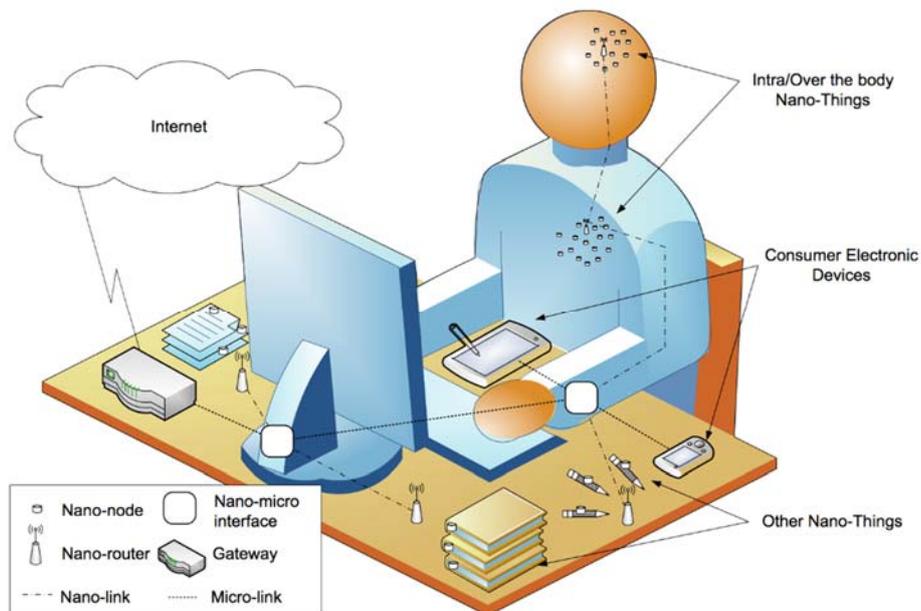


Рис. 8. Высокоуровневая архитектура Интернета Вещей [3]

С учетом скорости развития современных ИТ технологий, приведённый обзор возможных приложений для широкополосных систем связи в терагерцовом диапазоне не является исчерпывающим. В то же время, он дает представление об основных типах возможных задач, а также направлениях дальнейших исследований в этой области. Появление сверхвысокоскоростных систем связи на короткие расстояния может радикально изменить как современные системы связи, так и вычислительные системы в целом.

Список используемых источников

1. **Capacity** and throughput analysis of nanoscale machine communication through transparency windows in the terahertz band / P. Boronin, V. Petrov, D. Moltchanov, Y. Koucheryavy, J. M. Jornet // Nano Communication Networks. – 2014. – V. 5 – N 3. – PP. 72–82.
2. **Оценка** требуемых скоростей передачи данных при организации беспроводной связи между ядрами центрального процессора [принята к публикации] / М. С. Комар, В. И. Петров, К. Д. Борунова, Д. А. Молчанов, Е. А. Кучерявый // Моделирование и анализ информационных систем – 2015 – № 2.
3. **The Internet** of Nano-Things / I. F. Akyildiz, J. M. Jornet // IEEE Wireless Communication Magazine. – 2010. – V. 17. – N 6. – PP. 58–63.

УДК 004.827

А. А. Мархотин, Г. Г. Рогозинский

МЕТОДЫ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В КОМПЬЮТЕРНОЙ МУЗЫКЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ

В данной статье рассматривается возможность применения нечёткой логики в нетрадиционных для данной теории областях – компьютерной музыке и алгоритмической композиции. На основе анализа литературы по данной теме делается вывод о целесообразности дальнейшей работы в предложенном направлении с учётом гибких возможностей формализации рассматриваемых процессов, которыми обладает нечёткая логика.

нечёткая логика, компьютерная музыка, синтез звука, алгоритмическая композиция, тембральное пространство.

В настоящее время в литературе встречается описание применения нечёткой логики в различных областях науки и техники [1], в частности: в распознавании образов, создании экспертных систем, в управлении.

На рисунке 1 представлена схема нечёткого управления, которое представляет собой обработку некоторого количества правил, составленных на основе знаний о системе. При фаззификации входным данным присваиваются значения лингвистической переменной, то есть числовой переменной, имеющей имя (давление, температура и т. п.), с которой связаны качественные описания. Применение правил сводится к нечеткому выводу, в результате которого, путем дефаззификации, могут быть получены конкретные значения параметров управления системой.



Рис. 1. Схема нечеткого управления

Нечёткое управление синтезом звука

Управление синтезатором является комплексной задачей и в таких видах синтеза как, например, субтрактивный, частотно-модуляционный, гранулярный, физический обычно связано с манипуляцией большим количеством параметров. Требуемый звук бывает сложно описать одним качеством, для наглядности он может быть представлен в тембральном

пространстве [2]. В настоящее время известны попытки реализации управления синтезом звука по тембральным характеристикам при помощи нечёткой логики [3]. На рисунке 2 слева представлено трехмерное тембральное пространство, где каждый признак может соответствовать какой-либо требуемой характеристике звука (яркость, плотность, металлическая окраска и т. п.), а результирующий звук, таким образом, будет изображен вектором настроек и его траекторией. Справа на рисунке 2 находится интерфейс программы, управляющей синтезом при помощи тембральных атрибутов.

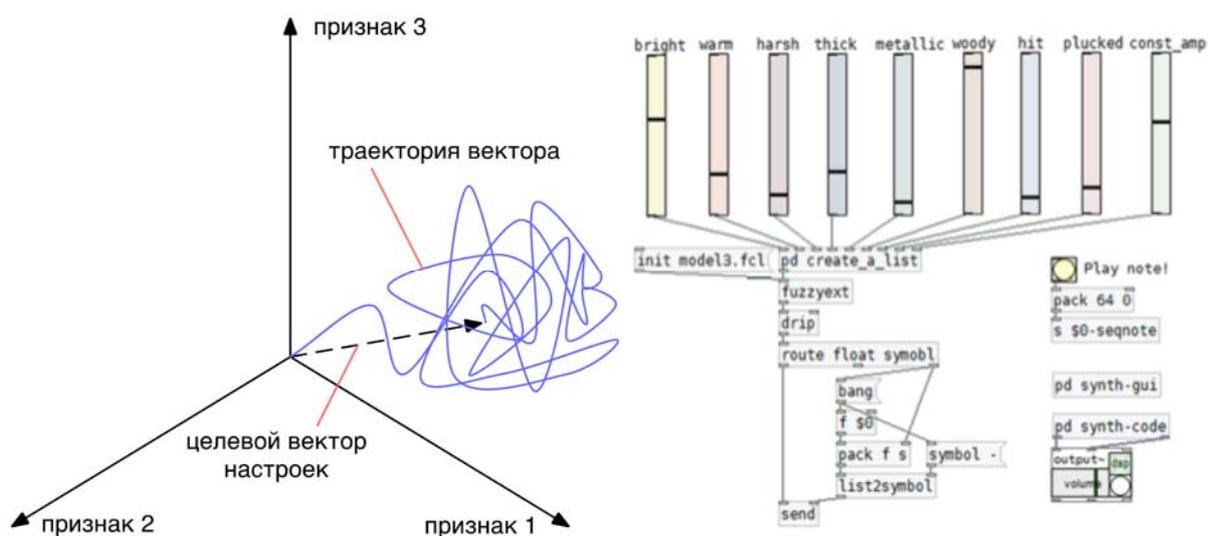


Рис. 2. Тембральное пространство (слева) и интерфейс программы (справа)

Как можно видеть из рисунка 2, контроль синтезатора осуществляется при помощи регуляторов тембральных параметров: яркость (*bright*), теплота (*warm*), жесткость (*harsh*) и др. Данные параметры привязаны к конкретным узлам синтезатора. Таким образом, управление синтезом звука в данном случае сводится к обработке определенного набора правил, например, если теплота выше среднего, то частота среза фильтра средняя; если ударный характер звука гораздо выше среднего, то время атаки генератора огибающей малое; и т. д.

Управление синтезатором при помощи нечёткой логики может быть применено не только к созданию уникального синтетического звука, но и в таких задачах звукового дизайна, как эмуляция звука существующих инструментов [4].

На рисунке 3 представлена схема системы звукового дизайна, в которой исходный звук подвергается временному и частотному анализу, полученные характеристики поступают в блок нечёткой обработки звука, который выдает конкретные параметры синтеза, синтез воссоздает звук инструмента, система проверки соответствия определяет, насколько

полученный звук адекватен исходному и может корректировать блок обработки.

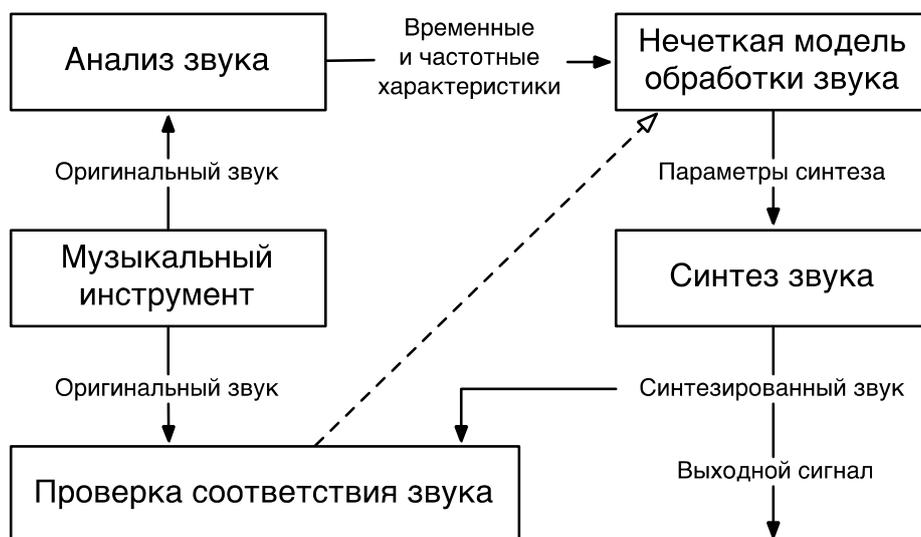


Рис. 3. Схема интеллектуальной системы звукового дизайна

Нечеткая обработка в данном случае, аналогично управлению синтезатором по тембральным характеристикам, представляет собой обработку набора правил: если атака короткая, то характер звука ударный; если гармонические вариации в области сустейна существенные, то звук размытый; и т. д.

В данном случае разработчиками было сочтено важным использование именно нечеткой логики в качестве контроля обработки звука, так как эксперты, участвовавшие в создании системы, являлись в основном музыкантами, которым гораздо проще оперировать качественными характеристиками звука. Таким образом, глядя на набор правил, они могли соотносить исходный и получившийся звук и лучше понимать причинно-следственные связи в системе, что способствовало лучшей коммуникации между разработчиками и экспертами.

Помимо управления системами синтеза звука нечеткая логика находит своё применение и в алгоритмической композиции [5].

Нечёткая логика в композиции

На рисунке 4 можно видеть простой пример нечеткого вывода по двум правилам, которые могут быть применены при принятии композиционных решений:

1. Если музыкант виртуоз, то играть быстрее.
2. Если музыка сложная, то играть медленнее.

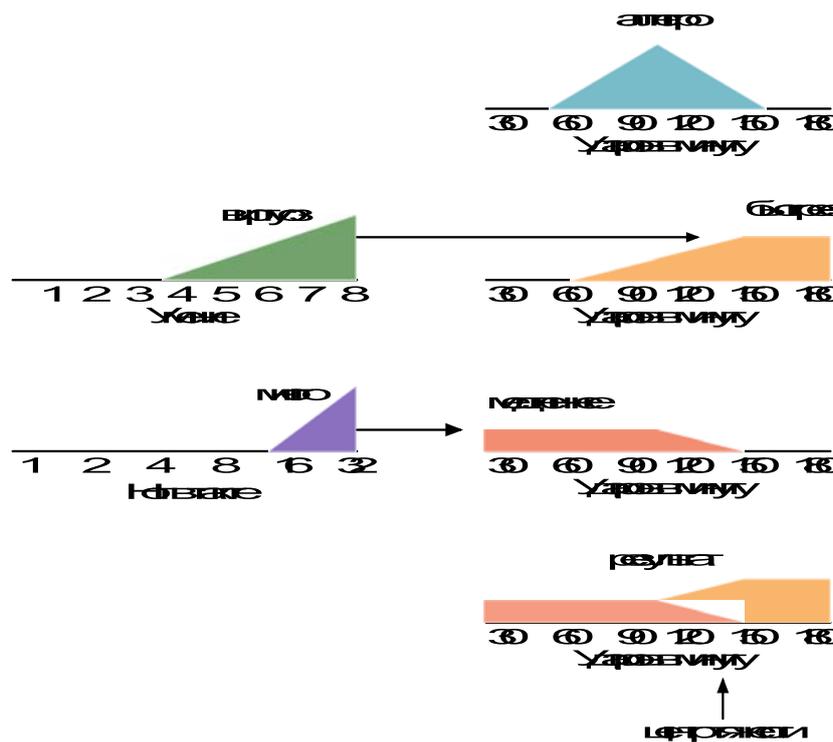


Рис. 4. Механизм принятия композиционных решений

Конечный результат – значение темпа в ударах в минуту может быть найдено по методу центра тяжести, который чаще всего применяется при дефазификации.

Существуют и другие параметры в музыке, которые могут быть описаны как нечёткие. В качестве ещё одного примера, можно рассмотреть отображение скорости нажатия клавиш в значениях MIDI к традиционным описаниям динамики (рис. 5).

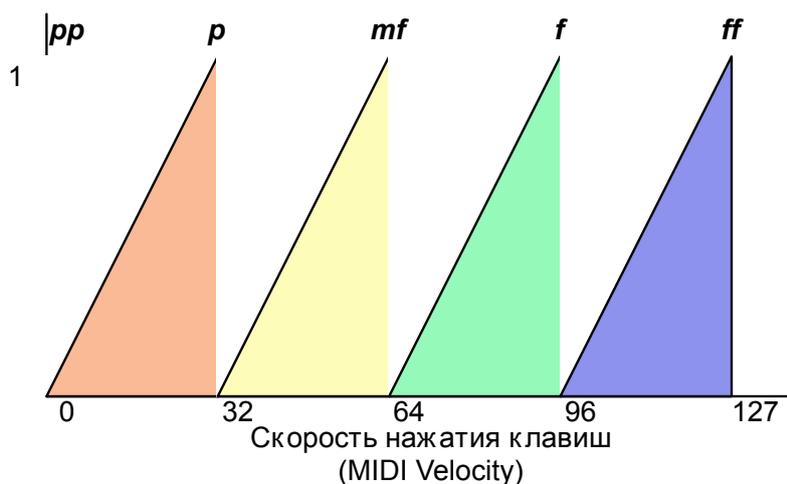


Рис. 5. Нечёткое отношение скорости нажатия клавиш и традиционных обозначений динамики

Исполнитель понимает концепцию традиционных обозначений динамики, однако при игре его громкость будет колебаться вокруг некоторой средней точки. Нечёткие множества, представленные на рисунке 5, могут быть использованы либо для обозначения динамики записанной музыкальной фразы, либо для определения соответствующих скоростей нажатия для конкретного обозначения динамики.

В заключение данной работы можно сделать следующие выводы:

– Нечёткая логика находит своё применение в компьютерной музыке и алгоритмической композиции.

– Основным направлением применения нечеткой логики в данных областях является управление параметрами синтеза звука и композиционными решениями.

– Методы нечеткой логики в компьютерной музыке и алгоритмической композиции являются перспективными методами управления, так как оперируют понятиями, качественно описывающими управляемые процессы, тем самым упрощая формализацию рассматриваемых задач.

Актуальным направлением дальнейшей работы представляется поиск наиболее общих и качественных характеристик процессов, происходящих при создании компьютерной музыки и в алгоритмической композиции, с целью реализации эффективного управления данными процессами при помощи методов нечёткой логики.

Список используемых источников

1. **Прикладные** нечёткие системы / Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно; пер. с яп. – М. : Мир, 1993. – 366 с.

2. **Timbre** space as a musical control structure / D. Wessel // Computer music journal. – 1979. – Vol. 3, No 2. – С. 45–52.

3. **Controlling** a sound sintethizer using timbral attributes / A. Poscic, G. Krekovic // Proceedings of the sound and music computing conference. – 2013. – С. 467–472.

4. **Intelligent** and perceptual-based approach to musical instruments sound design / B. Hamadicharef, C. Ifeachor // Expert systems with applications. – 2012. – Vol. 39. – PP. 6476–6484.

5. **Musical** applications of fuzzy logic [Электронный ресурс] / P. Elsea // University of California, Santa Cruz. – 2011. – 13 p. – Режим доступа: http://artsites.ucsc.edu/ems/music/research/Music_App_Fuzzy.pdf (Дата обращения 27.03.15).

УДК 621.391

И. А. Небаев

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА ЖЕСТКОГО
ДЕКОДИРОВАНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ НИЗКОПЛОТНОСТНЫХ
КОДОВ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

В статье рассматривается алгоритм жесткого декодирования низкоплотностных кодов (или кодов Галлагера), которые занимают важное место в современных системах обработки и передачи данных. Представленный анализ методов обработки низкоплотностных кодов основывается на проведенном компьютерном имитационном моделировании и исследовании итерационных методов декодирования современных помехоустойчивых кодов.

низкоплотностные коды, обработка и передача данных, моделирование.

Как показывают различные исследования [1, 2], в последнее десятилетие наблюдается активный рост интереса к схемам помехоустойчивого кодирования использующим преимущества вычислительной компьютерной обработки информации в области инфотелекоммуникационных задач. Одним из таких методов помехоустойчивого кодирования является подкласс линейных блочных кодов, известных как низкоплотностные коды или коды Галлагера [3].

Следует отметить, что на данный момент низкоплотностные коды востребованы в приложениях беспроводной связи. Системы беспроводной компьютерной радиосвязи Wi-Fi основанные на стандартах IEEE 802.11ac и 802.11ad в качестве основного метода помехоустойчивого кодирования используют низкоплотностные коды с широким диапазоном кодовых скоростей (до $r = 1/4$) [4, 5]. С другой стороны, низкоплотностные коды уже достаточно долго являются вторым, после турбокодов, методом кодирования в системах радиосвязи WiMAX (IEEE 802.16) и спутниковом цифровом телевизионном вещании (ETSI DVB-S2).

В данной статье рассматривается метод жесткого декодирования низкоплотностных кодов, основанный на применении алгоритма с перевертыванием бита (*bit-flip algorithm*), и обладающий рядом некоторых важных достоинств: простотой реализации и повышенной скоростью обработки по сравнению с алгоритмами вероятностного декодирования.

Как уже было указано выше, низкоплотностные коды или коды Галлагера, представляют собой линейные блочные (n, k) коды, проверочная матрица $H_{m \times n}$ которых представляет собой сильно «разряженную» ($1 \ll 0$) двоичную матрицу [6]. Такую матрицу принято описывать с помощью веса Хэмминга столбца J и строки K . Если $J \ll n$ и $K \ll m$, и при этом J и K по-

стоянны для всех столбцов и строк матрицы соответственно, то такой код принято считать регулярным низкоплотностным кодом. Данная конструкция проверочной матрицы $H_{m \times n}$ обладает свойством:

$$mK = nJ.$$

Кодовая скорость R регулярного низкоплотностного кода может быть вычислена с помощью выражения:

$$R = 1 - \frac{J}{K}.$$

Для низкоплотностного кода принята нотация (n, J, K) , где n , как известно, длина кодовой комбинации. В теории кодов, контролирующих ошибки, хорошо известен низкоплотностный код $(20,5)$ или код, представленный в работе Р. Галлагера $(20, 3, 4)$ [3, 7].

Проверочную матрицу низкоплотностного кода можно представить в форме проверочного графа, на котором изображаются связи проверочных и информационных элементов кодовой комбинации. Например, для представленного выше кода Галлагера $(20, 3, 4)$, проверочный граф изображен на рисунке 1.

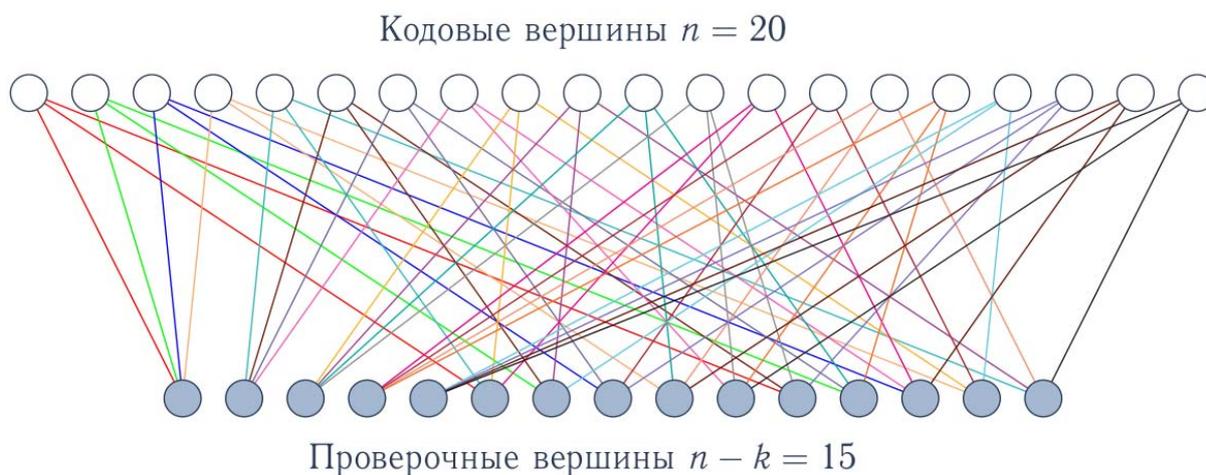


Рис. 1. Проверочный граф кода Галлагера $(20,3,4)$

Для кодирования в систематическом виде проверочная матрица $H_{m \times n}$ должна быть преобразована в систематическую форму:

$$H = [I_{n-k} | P^T].$$

После этого может быть построена порождающая матрица вида:

$$G = [P_{k \times (n-k)} | I_k].$$

Кодовый вектор находится вычислением $c = t \cdot G$, где t – информационный вектор. Следует подчеркнуть, что порождающая матрица низ-

коплотностного кода в общем виде не является разряженной матрицей, в отличие от проверочной.

На рисунке 2 изображена блок-схема алгоритма декодирования низкоплотностного кода с перевортыванием бита. Как можно отметить, алгоритм имеет итеративный характер и состоит из нескольких основных этапов:

1. На первом этапе декодирования рассчитываются все проверки на четность (m_i) принятой кодовой комбинации.

2. На втором этапе производится подсчет ошибок четностей (e_i), т. е. количество проверок неудовлетворяющих условию четности соответствующих проверочных бит.

3. На третьем этапе декодер принимает решение об инвертировании бита, участвующего в наибольшем количестве неудовлетворительных проверок на четность.

4. Далее алгоритм возвращается ко второму этапу и заново рассчитывает проверки четности. Если все проверки удовлетворены, то декодер выдает результат декодирования прикладной системе. Если же проверки не удовлетворены, то алгоритм будет выполняться до обнуления счетчика итераций декодирования.

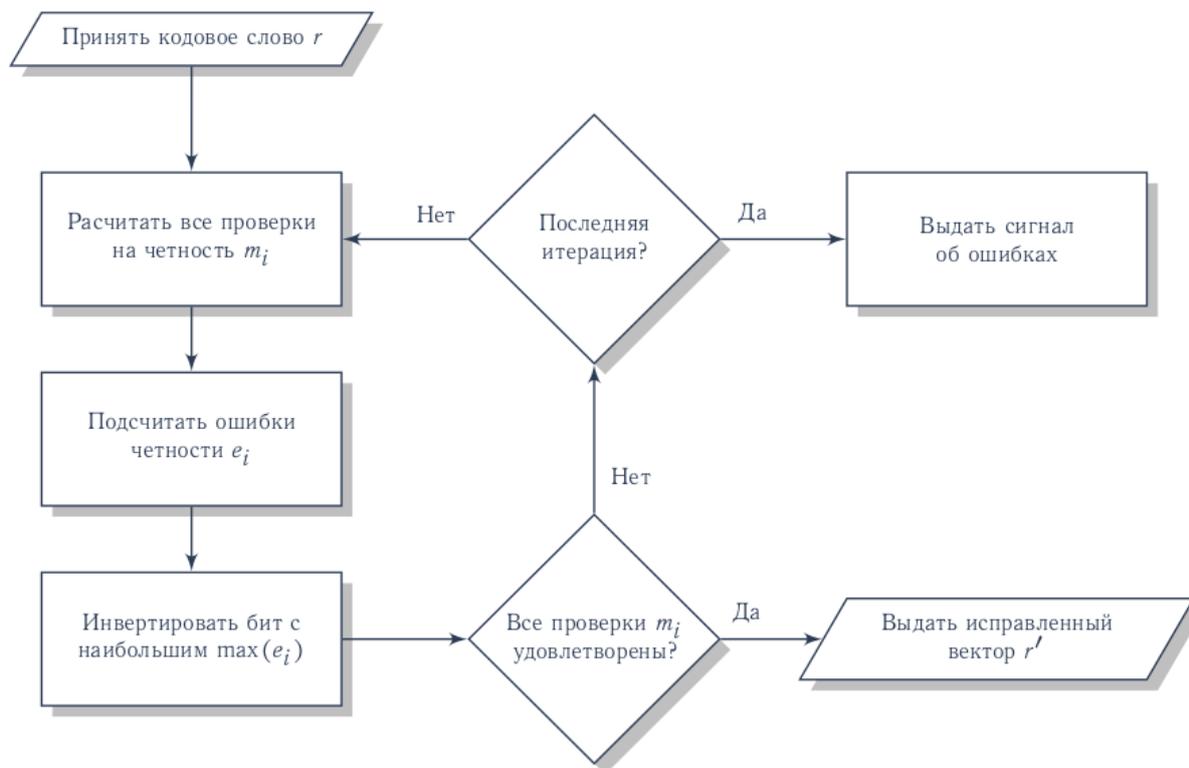


Рис. 2. Алгоритм декодирования с перевортыванием бита

Исполнение представленного алгоритма можно с легкостью проиллюстрировать на примере любого блочного кода. Например, возьмем проверочную матрицу H' кода (6,3) вида:

$$H' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Пусть передана кодовая комбинация $y = [101011]$, а принята $r = [101111]$ с ошибкой в четвертом разряде. Построим проверочный граф для H' :

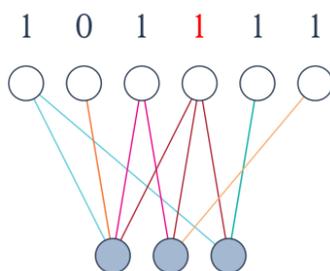


Рис. 3. Проверочный граф матрицы H'

В соответствии с алгоритмом, вычислим проверки на четность и оценим количество неудовлетворенных проверок по каждому i -му биту:

$$e_0 = 2, e_1 = 1, e_2 = 2, e_3 = 3, e_4 = 1, e_5 = 1.$$

Согласно схеме алгоритма, инвертируем бит $\max(e_i)$ и еще раз вычислим проверки на четность:

$$e_0 = 0, e_1 = 0, e_2 = 0, e_3 = 0, e_4 = 0, e_5 = 0.$$

Как можно заметить, все проверки удовлетворяют условиям матрицы H' . Проверить полученный кодовый вектор $r' = [101111]$ можно с помощью вычисления синдрома $z = r' \cdot H'$. Синдром равен 0, а значит декодер обнаружил и исправил все ошибки в пределах своей конструктивной исправляющей способности $t_{исп}$.

Для сравнения эффективности жесткого декодирования низкоплотностных кодов по алгоритму с перевертыванием бита было проведено самостоятельное компьютерное имитационное моделирование. Исследовалась вероятность ошибки декодирования $P_e(b)$ в зависимости от используемого метода помехоустойчивого кодирования и нормированного на бит соотношения сигнал/шум E_b/N_0 в модели канала АБГШ. Для декодирования низкоплотностных кодов использовался алгоритм, представленный выше, а для декодирования кодов Хэмминга производилось стандартное синдромное декодирование. Результаты моделирования представлены в форме графиков помехоустойчивости на рисунке 4.

Как показывают графики помехоустойчивости для низкоплотностных кодов со скоростью кодирования $R = 1/2$ (коды (256,128) и (512,256)), вероятность ошибки декодирования имеет динамику снижения с увеличением длины кода [6, 8]. Для сравнения помехоустойчивости на рисунке 4 пред-

ставлены графики простых кодов Хэмминга ((127,120) и (255,247)). С ростом значений E_b/N_0 для низкоплотностных кодов наблюдается снижение вероятности ошибочного декодирования до значения $P_e(b) = 10^{-4}$ при $E_b/N_0 = 7$ дБ. Это дает существенный энергетический выигрыш (ЭВК) как над сигналом BPSK (ФМ-2), так и над кодами Хэмминга, что может использоваться для повышения надежности передачи информации в системах, предназначенных для различных каналов [9].

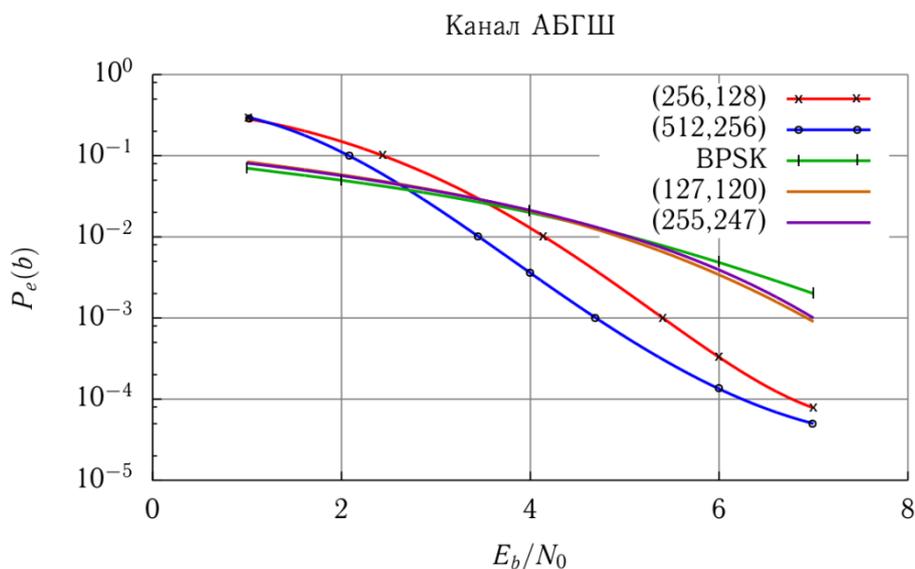


Рис. 4. Графики помехоустойчивости низкоплотностных кодов и кодов Хэмминга

Проведенные исследования позволяют сделать заключение, что алгоритм декодирования с перевертыванием бита и несколькими итерациями может использоваться для обнаружения ошибок в первой части декодирования. Во второй части декодирования может использоваться синдромный метод. Такой подход позволяет использовать данный алгоритм не только при декодировании низкоплотностных кодов, но и для обработки других классов линейных блочных кодов.

Несмотря на простоту реализации самого алгоритма, он не лишен некоторых недостатков. При использовании рассмотренного алгоритма жесткого декодирования возникает проблема размножения ошибок, которая может привести к внесению ошибок на этапе декодирования. С другой стороны, для построения больших проверочных матриц требуется активное привлечение методов компьютерного поиска и подбора «разряженных» матриц, что в свою очередь приводит к существенным вычислительным нагрузкам. Вычислительная трудоемкость и реализация проверочных матриц являются одним из недостатков всего подкласса низкоплотностных кодов. Все эти задачи требуют поиска и улучшения алгоритмов кодирования и декодирования низкоплотностных кодов, стимулирующих их более широкое применение в инфотелекоммуникационных системах обработки и передачи данных ближайшего будущего.

Список используемых источников

1. **Новые** алгоритмы формирования и обработки сигналов в системах подвижной связи / А. М. Шлома, М. Г. Бакулин; под редакцией проф. А. М. Шломы. – М. : Горячая линия-Телеком, 2008. – 344 с. – ISBN 978-5-9912-0061-5.
2. **Good** error correcting codes based on very sparse matrices / D. J. C. MacKay // IEEE Transactions on Information Theory. – 1999. – Vol. 45. – PP. 399–431.
3. **Low** density parity check codes / R. G. Gallager // IRE Trans. Info. Theory. – 1962. – Vol. 8. – PP. 21–28.
4. **Стандарт** IEEE 802.11ac. IEEE Standard for Information Technology [Электронный ресурс] – 2013. – 425p. – Режим доступа: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11ac-2013.pdf> (Дата обращения 23.02.2015).
5. **Стандарт** IEEE 802.11ad. IEEE Standard for Information Technology [Электронный ресурс] – 2012. – 628 p. – Режим доступа: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11ad-2012.pdf> (Дата обращения 23.02.2015).
6. **Методы** повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи / В. А. Варгаузин, И. А. Цикин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 352 с. : ил. – ISBN 978-5-9775-0878-0.
7. **Теория** информации и надежная связь / Р. Галлагер. – М. : Советское радио, 1974. – 720 с.
8. **Анализ** эффективности турбокодов в системах обработки и передачи данных: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 : защищена 18.12.2013 : утв. 23.06.2014 / Небаев Игорь Алексеевич. – СПб., 2013. – 170 с. – Библиогр.: с. 157–162.
9. **Анализ** методов повышения помехоустойчивости системы передачи информации для беспроводных каналов с замираниями на основе сверточных кодов / И. А. Небаев // Информационные и телекоммуникационные технологии. – 2014. – № 23. – С. 18–24.

УДК 004.622

К. А. Небаева, Н. С. Хабаев

СОКРЫТИЕ ДАННЫХ В ЗВУКОВОМ ФАЙЛЕ

Для скрытой передачи сообщений все чаще используются стеганографические методы вложения информации в различные неприметные файлы – покрывающие объекты, такие как изображения, видео- и аудиофайлы. В данной статье представлен обзор методов сокрытия данных в файлах, содержащих звуковые данные.

стеганография, сокрытие информации, звуковой файл.

С развитием компьютеризации и Интернета встает вопрос об обеспечении конфиденциальности передачи/хранения персональных данных в цифровом формате. Для защиты информации от посторонних глаз можно использовать криптографические методы, однако это не всегда удобно. Методы стеганографии позволяют передавать/хранить информацию таким

образом, что никто даже не будет подозревать о том, что там содержится некий «секрет» [1]. Ни для кого не будет подозрительным, если пользователь отправит своему другу картинку, или аудиофайл, а ведь там будет содержаться некоторая секретная информация, которая не предназначена для чужих глаз. Рассмотрим основные методы сокрытия информации, в частности, в звуковом файле.

Способы встраивания сообщения

Способы встраивания скрываемого сообщения подразделяют на три класса: деструктивный, не деструктивный и конструирующий.

Деструктивный способ означает малозаметное искажение оригинальных данных (например, встраивание сообщения в аудио файл вызывает незаметные на слух искажения оригинального звучания). Метод НЗБ относится именно к деструктивному способу.

Не деструктивный способ подразумевает скрывание сообщения таким образом, чтобы целостность данных покрываемых объектов (ПО) не была нарушена (данные дописываются в конец файла, или использование особой структуры ПО для того, чтобы внедрить данные, не испортив при этом оригинальных – использование тегов в аудио-видеофайлах). Например, использование ID3v1. Но этот тэг имеет очень жесткие ограничения и много информации там не сохранить. К тому же в любом хорошем проигрывателе все встроенные данные показываются в свободном виде. Так же можно рассмотреть тэг ID3v2.4, с помощью которого можно вкладывать данные большого размера и различные нестандартные данные. Некоторые программы используют его для хранения настройки громкости и нормализации для каждого файла в отдельности. Медиа-плееры чаще всего не будут отображать параметры, которые им не известны. Немаловажен и тэг Lyrics3, которые имеет не такую популярность, как предыдущие примеры. Он был создан для хранения текста песен в самом звуковом файле, а также как развитие тэга ID3v1 (например, появилась возможность сохранять длинные названия песен), но выход стандарта тэга ID3v2 не дал Lyrics3 получить широкое распространение. Однако, очень много MP3-файлов, которые сейчас свободно распространены на просторах интернета, содержат в себе этот тэг (хотя кроме названия песни там больше ничего не хранится).

Конструирующий способ подразумевает создание для транспортировки фиктивного ПО, не несущего осмысленные данные (например, встраивание тайных данных в фиктивный графический файл, специально сгенерированный для этой цели); то есть, ПО создается «для отвода глаз».

Конечно, большинство используемых алгоритмов сокрытия информации используют деструктивный способ. Это позволяет наиболее полно привязать ПО к скрываемому сообщению, что затрудняет его выделение злоумышленником. Рассмотрим наиболее популярные методы.

Метод НЗБ

НЗБ [2] – вложение информации в наименьшие значащие биты. Идея данного метода достаточно проста. Необходимо заменить последний значащий бит в выбранном ПО на биты скрываемого сообщения. Разница между пустыми заполненным покрывающими объектами должна быть не ощутима для органов восприятия человека.

Используя звуковой сигнал, путем замены НЗБ каждой точки осуществления выборки, представленной двоичной последовательностью, можно зашифровать значительный объем информации.

Однако, метод НЗБ неустойчив ко всем видам атак, встроенная информация может быть изменена из-за наличия шумов в канале, в результате передискретизации выборки и т. д., за исключением случаев, когда секретная информация вкладывалась с внесением избыточности.

Эхо-методы

Этот метод [3] основан на особенностях человеческого слуха. Он устойчив к атакам сжатия с потерей данных, так как сигнал, вкладываемый в ПО, ближе к естественным условиям воспроизведения, чем к случайному шуму.

Различие между ПО и стегосигналом примерно такое же, как между прослушиванием музыки с помощью наушников, и прослушиванием этой же музыки через динамики. При воспроизведении звука через наушники, человек слышит его так же, как он был записан, а при прослушивании через динамики – к записанному звуку, прибавляется эхо, появляющееся из-за акустики помещения. При правильном выборе параметров вводимого искажения можно получить сигнал, неотличимый от вышеизложенного примера с динамиками.

Эхо метод помещает сообщение в ПО с помощью вводимого «эха». Существует 4 главных параметра эха – величина ослабления, начальная амплитуда, сдвиг двоичного нуля (сдвиг двоичной единицы, суммированное с дельтой) и сдвиг двоичной единицы. С помощью этих параметров определяются цифровые отсчеты. Величина ослабления – это амплитуда эха при кодировании нулевого бита; начальная амплитуда – амплитуда эха при кодировании единичного бита; дельта – сдвиг эхо-сигнала относительно сдвига при кодировании нулевого бита относительно сдвига при кодировании единичного бита. При уменьшении задержки между оригинальным сигналом и эхом, сигналы смешиваются. В некоторый момент человеческое ухо перестает различать оригинал и его эхо, а воспринимает один искаженный сигнал. Определение этого значения задержки обусловлено качеством записи оригинала, типа оригинального звука и от человека, прослушивающего этот сигнал. В большинстве случаев, данный эффект наступает при задержке в одну тысячную секунды. Особенность данного

метода состоит в том, что звуковые данные, преобразованные таким способом, можно передавать не только в виде файлов, но и по радиоканалам, например, в FM-диапазоне. При записи аудиосигнала из эфира возможна расшифровка данных с помощью спектрального анализатора. Такой метод хорошо подходит при непрерывной передаче данных в эфир или в глобальную сеть.

Фазовое кодирование

Фазовое кодирование активно используется в цифровой аудиостеганографии. При использовании данного метода, необходимо заменить исходный звуковой элемент на относительную фазу, которая и будет являться секретным сообщением. Фаза подряд идущих элементов должна быть добавлена так, чтобы сохранить относительную фазу между исходными элементами. Этот способ кодирования является одним из самых эффективных методов скрытия информации.

Метод расширения спектра

В канале связи часто необходимо сосредоточить информацию в очень узком диапазоне частотного спектра. Это необходимо для уменьшения мощности сигнала и сохранения полосы пропускания. Основа метода заключается в шифровании информации путем рассеивания данных по всему возможному частотному спектру. Это делает возможным прием сигнала даже при наличии помех на некоторых частотах. Этот метод расширяет сигнал сообщения, умножает его на элементарную посылку максимальной длины, модулированную известной частотой.

Можно использовать частоту дискретизации в силу того, что ПО имеет дискретный формат. Это лишает нас основной проблемы – правильного определения начала и конца элементарной посылки с целью фазовой синхронизации. Значит, возникает возможность использования более высокой частоты следования элементарных посылок, а значит, повышается скорость передачи данных.

Для вложения сообщения в ПО, сигнал данных умножается на сигнал несущей и псевдослучайную шумовую последовательность (в идеальном случае – белый шум). В дальнейшем последовательность расширения данных ослабляется и прибавляется к исходному сигналу как аддитивный случайный шум. Для того, чтобы уровень шума был не слышим, расширенный код ослабляется примерно до 0,5 % от динамического диапазона ПО.

Форматы файлов

При использовании *MP3* (сжатого звука), ошибки могут возникнуть из-за искажения ПО. В основном, этот формат использую для вложения в тэги.

При использовании *WAV* формата, который представляет собой оцифрованный несжатый звук, можно гарантировать достаточное качество передачи информации легитимному пользователю. Именно этот тип аудиофайлов подходит в случае использования классической стеганографии, то есть передачи скрытого сообщения, когда речь не идет о ЦВЗ, то есть устойчивость к искажениям не столь важна.

Информационная избыточность форматов хранения аудиоданных предоставляет большое количество мест для сокрытия информации как в служебных областях файлов, так и непосредственно в области аудиоинформации. Появление большого количества различных методов и алгоритмов стеганографии в аудиофайлах порождает трудности для стегоанализа, т.к. требуется учитывать особенности работы каждого из этих методов [4].

Список используемых источников

1. **Методика** выбора контейнера для скрытого вложения информации / А. В. Красов, С. И. Штеренберг // 4-я Международная научно-практическая конференция «Научные аспекты инновационных исследований», «Аспект», Самара, Россия, 4–6 декабря 2014 г. – С. 6.

2. **Методы** встраивания скрытых сообщений / В. Н. Кустов, А. А. Федчук // Защита информации. Конфидент. – 2000. – № 3. – С. 34.

3. **Эхо-кодирование**/ Н. О. Гончаров, М. А. Заикин // Молодежный научно-технический вестник. – 2013. – № 1. – С. 1–2.

4. **Состояние** и перспективы разработки учебно-методического комплекса по дисциплине «криптографические методы и средства обеспечения информационной безопасности инфокоммуникаций» в соответствии с ГОС ВПО третьего поколения / В. И. Коржик, А. В. Красов, В. А. Яковлев // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 832–834.

УДК 004.624

К. А. Небаева, С. А. Чумаченко

РОЛЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦИФРОВЫХ ПОДПИСЕЙ В ЭЛЕКТРОННОМ ДОКУМЕНТООБОРОТЕ

Электронный документооборот с каждым годом все больше охватывает все сферы жизни. При появлении электронной документации появляется и потребность защиты документов от несанкционированного доступа, на помощь приходит электронно-цифровая подпись. В данной статье представлены преимущества использования электронно-цифровой подписи и области применения.

электронный документооборот, электронно-цифровая подпись, закрытый ключ.

Электронно-цифровая подпись (ЭЦП) – реквизит электронного документа (файла), является аналогом собственноручной подписи, имеет юридическую силу наравне с бумажным носителем, подписанным собственноручной подписью правомочного лица и заверенного печатью [1]. ЭЦП – произвольная последовательность символов, сформированная с помощью криптографических преобразований первоначального документа с использованием закрытого ключа подписи, который имеется только у владельца документа, при помощи специализированного программного обеспечения. ЭЦП прикрепляется к исходному документу в момент пересылки. ЭЦП является уникальной для каждого документа и добавление на другой документ не может быть реализовано. Сложность замены ЭЦП обеспечивается большим множеством математических вычислений, необходимых для правильного подбора ЭЦП. Таким образом, если получен документ, подписанный ЭЦП, можно быть уверенным в авторстве и неизменности текста данного документа, так как подделать не представляется возможности.

Использование ЭЦП является законодательно оформленной и юридически значимой процедурой обмена документами, передаваемыми по незащищенным телекоммуникационным каналам общего пользования, в частности, через Интернет. На данный момент правовые условия использования электронной цифровой подписи в электронном документообороте регламентирует Федеральный закон Российской Федерации от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи» [2].

С 2005 года активно развивается инфраструктура электронного документооборота между налоговыми органами и налогоплательщиками. Одним из ярких примеров государственного заказа может являться универсальная электронная карта, которая с 1 января 2013 года оформляется всем желающим, бесплатно, после подачи заявления. В карту встроена усиленная квалифицированная электронная подпись. При использовании карты

можно удаленно заказать, оплатить и получить государственные услуги, карта является аналогом медицинского полиса и страхового пенсионного свидетельства, объединяет одновременно идентификационную карту, электронный кошелек, банковскую карту, электронную подпись, проездной билет [3].

Преимущества использования электронной подписи

– Всегда можно осуществить контроль целостности принятого или переданного документа: при любой попытке случайного или преднамеренного изменения начального состояния документа подпись становится недействительной, потому что вычисления были произведены на основании первоначального состояния документа и подпись может соответствовать только ему.

– Документы, подписанные ЭЦП, защищены от подделки (замены), так как гарантировано выявление изменения документа, что делает подделку нерентабельной в подавляющем количестве случаев.

– Автор не может отказаться от своего документа (файла), подписанного ЭЦП. Так как создания корректной подписи возможно лишь зная закрытый ключ, а он известен только владельцу, то есть автору.

– Подтверждение авторских прав на документ. Для создания корректной подписи требуется закрытый ключ, который известен только автору (владельцу документа) тем самым можно доказать своё авторство. Так как ЭЦП обладает юридической силой, то в суде является полноценным доказательством.

Область применения ЭЦП

Следует отметить, что с каждым годом востребованность ЭЦП возрастает. С каждым годом увеличивается количество государственных услуг, предоставляемых в электронном виде, при этом возникает вопрос о защите персональных данных, чтобы услуги были не только удобными, но и безопасными, а данные наших транзакций не попадали в руки злоумышленников. Чтобы сохранить наши личные данные в секрете для защищенного документооборота применяется квалифицированная электронная подпись, которая выдается удостоверяющим центром. Также с каждым годом вырастает популярность электронных торгов. Действительно стоит отметить преимущества данного вида торгов: значительно уменьшается время на оформление и обмен документов, не требуется личных встреч, что в условиях большого города экономит не только время сторон, но также и бюджет компании, так как позволяет усовершенствовать и удешевить процедуру подготовки к сделке, доставки до получателя, учета и хранения документов;

Поставщик и заказчик первоначально устанавливают какой именно подписью будут заверены документы, неквалифицированная усиленная или квалифицированная усиленная. На документах, которые имеют высокий приоритет важности, следует выбирать квалифицированную усиленную подпись, потому что данная подпись обязательно имеет сертификат аккредитованного центра. Также большим преимуществом квалифицированной усиленной подписи можно считать то, что при ее создании используются технические средства, подтвержденные в ФСБ России. При заключении сделки поставщик услуг обязуется выполнить все условия контракта, то есть предоставить услуги в полном объеме либо поставить товар в нужные сроки и указанном количестве. При невыполнении обязательств заказчик имеет юридически значимое подтверждение в виде контракта с подписью поставщика. Невыполнение условий контракта влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством РФ.

Тем самым электронные торги становятся одной из отраслей безопасного ведения бизнеса.

Электронно-цифровую подпись активно используют как органы государственной власти, юридические лица, так и частные лица. Получение электронной подписи не составляет труда, существует множество криптопровайдеров и компаний, готовых предоставить ЭЦП в течение часа, вопрос с хранением закрытого ключа также решен, существует несколько способов хранения, самый популярный это дискеты, USB-брелки, таблетки Touche Memoгу, либо смарт-карта. Высокой степенью защиты обладает smart-карта, так как при ее использовании запрашивается pin-код, происходит двухфакторная аутентификация. Таким образом, электронно-цифровая подпись позволяет осуществлять защищенных документооборот и переходить на новый уровень оказания государственных и частных услуг.

Список используемых источников

1. **Некоторые** аспекты защиты электронного документооборота / А. А. Сабанов // Connect! Мир связи. – 2010. – № 7. – С. 62–64.
2. **Федеральный** закон от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об Электронной подписи».
3. **Электронная** подпись (ЭЦП) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php>:Статья:Электронная_подпись_(ЭЦП) (Дата обращения 17.02.2015).

УДК 621.391

В. В. Пискунов

СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В статье рассматриваются цели создания и структура Единой технологической сети связи электроэнергетики, а также ее основные сегменты (Единая цифровая сеть связи, волоконно-оптические линии связи, ВЧ-связь) и способы их реализации в настоящее время и в перспективе.

сеть связи, первичная и вторичная сети, технологии TDM и IP, ВОЛС, ВЧ-связь, спутниковая связь.

В настоящее время телекоммуникации (ТК) прочно вошли в жизнь нашего общества, именно они определяют облик нашей цивилизации. Это касается не только повседневной жизни общества, но и обеспечение обороноспособности страны, функционирования всех отраслей экономики.

Одной из фундаментальных отраслей государства является электроэнергетика, основу которой составляет Единая энергетическая система (ЕЭС) России. Здесь ответственна роль ТК систем в сфере обеспечения надежного управления системой ЕЭС, когда любой отказ в системе связи может привести к возникновению и развитию системных аварий с тяжелыми последствиями для целых регионов страны.

Цели создания Единой технологической сети связи электроэнергетики

В стране было проведено реформирование электроэнергетической отрасли. При этом значительная часть преобразований коснулась систем связи. Первоначально система связи создавалась как система технологической связи, обеспечивающей техническое, технологическое и диспетчерское управление распределенной ЕЭС России.

В дальнейшем с развитием информационных технологий, ростом региональных корпоративных сетей и количества прикладных услуг, предназначенных для управления бизнес-процессами, система должна была выполнять функции по обмену информацией корпоративных систем управления, то есть стала системой корпоративной связи.

Для нормальной жизнедеятельности электроэнергетической отрасли нужна сеть связи, которая объединяет в едином информационно-управленческом пространстве все производственные процессы и бизнес. Таким образом, решено было преобразовать существующую сеть связи в Единую технологическую сеть связи электроэнергетики (ЕТССЭ) [1].

Структура ЕТССЭ

ЕТССЭ развивается на базе тех же принципов и технологий, что и ЕСЭ страны. Основу сети составляет первичная сеть – сеть типовых каналов передачи и сетевых трактов. Топология первичной сети повторяет топологию Единой национальной электрической сети.

По территориально-административному признаку различают:

- распределительные первичные сети, то есть сети объектов электроэнергетики;
- региональные первичные сети, объединяющие распределительные сети одного региона, состоящие из узлов связи регионального и местного значения, соединенных между собой;
- магистральная первичная сеть, объединяющая все региональные сети в единую первичную сеть связи электроэнергетики и состоящая из центрального (ЦУС), окружных (ОУС) и региональных (РУС) узлов связи, соединенных между собой.

Структура ЕТССЭ приведена на рисунке 1, где кроме Единой электрической сети показана полностью первичная сеть, сеть ВЧ-связи (пунктирные линии), а также основные субъекты электроэнергетики.

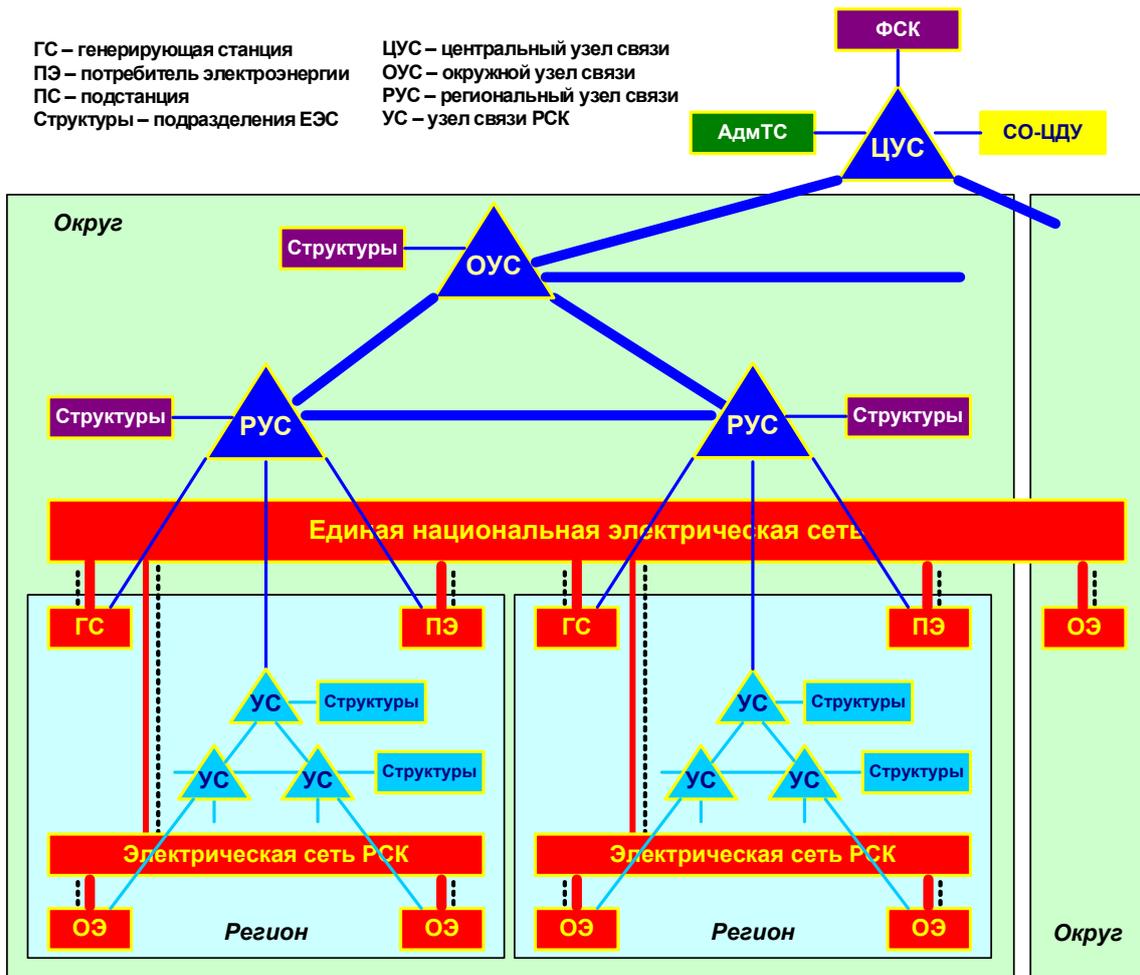


Рис. 1. Структура ЕТССЭ

Технологии и домены передачи информации (Единая цифровая сеть связи)

Основным элементом, определяющим в значительной степени технические характеристики технологической сети и состав оборудования, являются используемые для передачи информационных потоков транспортные технологии [2].

При выборе транспортных технологий исходят из возможности их применения для организации диспетчерско-технологической и административно-хозяйственной связи. Причем техническое перевооружение сети должно быть выполнено без перерывов в работе системы диспетчерского управления ЕЭС России, максимально использовать существующее оборудование и обеспечить в дальнейшем его постепенную замену. Сами же транспортные технологии не должны препятствовать в дальнейшем внедрению более совершенных технологий передачи информации.

Для реализации выбраны транспортные технологии:

– TDM – протокол временного разделения трафика (для магистральных каналов и некоторых вторичных сетей оперативно-технологического (диспетчерского) управления.

– IP-протокол пакетной передачи трафика (для вторичных сетей).

Указанные технологии реализованы в электротехнической отрасли путем развертывания *Единой цифровой сети связи (ЕЦСС)*.

Использование TDM и IP протоколов передачи информации обеспечивает технически обоснованный компромисс и взаимную независимость развития, как технологических систем, так и информационных технологий поддержки бизнес-процессов.

Сеть имеет смешанную (радиально-кольцевую) топологию с резервированием связи на верхнем уровне, построена по иерархическому принципу, исходя из административно-диспетчерской структуры управления отраслью. Для ЕЦСС выбраны универсальные схемные решения. Сеть опирается на узлы трех типов, которые располагаются на предприятиях электроэнергетики. Это ЦУС, ОУС и РУС. Логическая структура сети приведена на рисунке 2.

Для создания магистральных каналов передачи используются арендованные емкости «Ростелекома» и других провайдеров. Строится сеть на основе оборудования компании Alcatel и Cisco Systems.

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС)

ВОЛС являются базовой сетью ЕТССЭ. Создание сети ВОЛС осуществляется в основном подвеской ОК на опорах ВЛ. Наиболее широкое распространение получили следующие способы подвески:

– ОК, встроенные в грозозащитные тросы (ОКГТ) на ВЛ 220 кВ и выше для организации, главным образом, магистральных линий связи.

– самонесущие ОК (ОКСН) на ВЛ 220 кВ и ниже для организации региональных линий связи.

– ОК, навиваемые на фазные провода и грозозащитные тросы ВЛ для организации региональных линий связи.

Одновременно предусматривается прокладка ОК в телефонной канализации и грунте для организации соединительных линий между узлами связи отрасли и узлами других операторов.

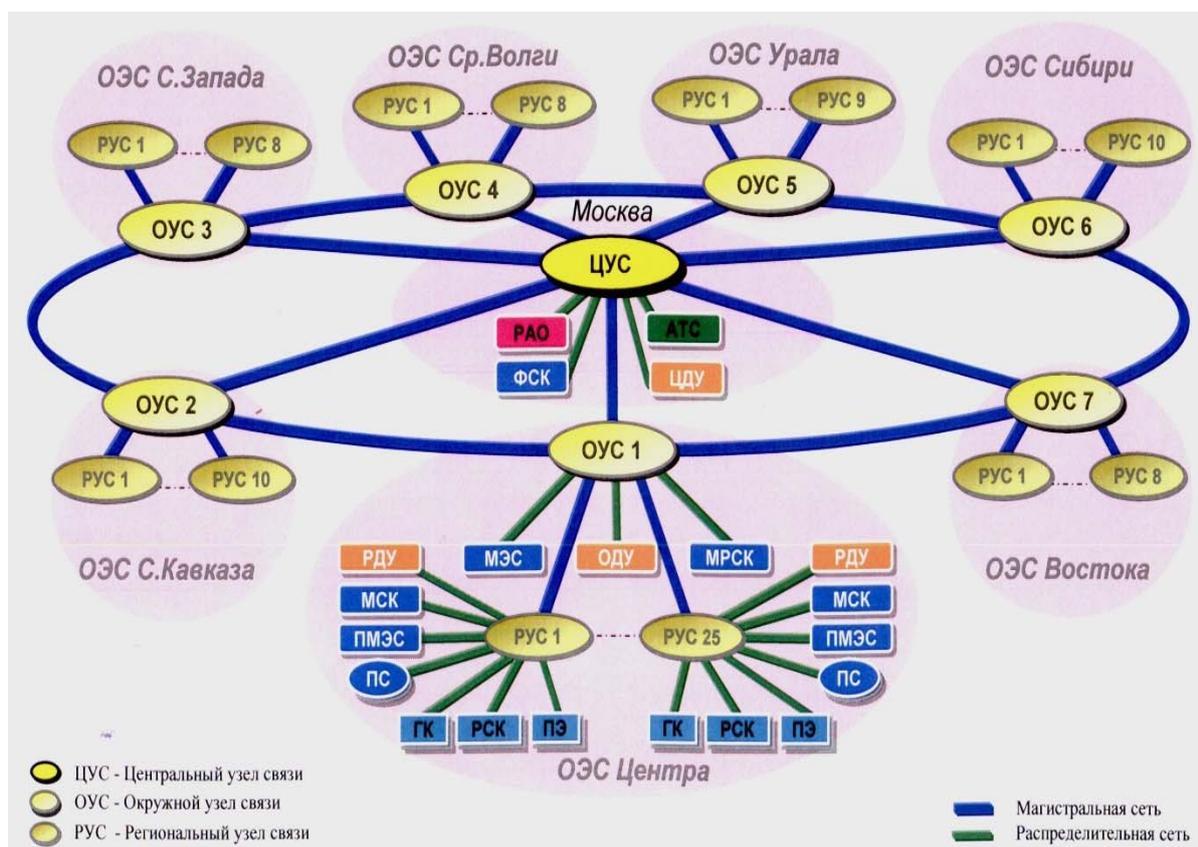


Рис. 2. Логическая структура ЕЦСС

Системы высокочастотной связи по ВЛ (ВЧ-связь)

ВЧ-связь – важный сегмент ЕТССЭ, по каналам которой передаются голос, данные телемеханики, АИИСКУЭ, команды РЗ и ПА, необходимые для управления технологическими процессами электроэнергетики в нормальных и аварийных режимах [3].

В последние годы появилась многофункциональная аппаратура, в которой совмещены каналы передачи голоса, данных и сигналов-команд. В современных цифровых ВЧ системах для полосы частот 8 ГГц в каждом направлении (прием и передача) может быть достигнута скорость 64 кбит/с. Развитие поддержки протокола IP, в особенности для ВЧ по ВЛ высокого напряжения, обеспечивает значительное повышение пропускной способности и позволяет достичь скорости передачи до 256 кбит/с.

Перспективы развития сегментов ЕТССЭ

Основными сегментами ЕТССЭ являются:

– ЕЦСС сейчас работает по арендованным каналам. В перспективе ЕЦСС будет представлять собой резервную магистральную сеть, основу которой составит сеть ВОЛС.

– Сеть ВОЛС в настоящее время состоит из отдельных линий связи. В перспективе планируется создание сети, которая должна стать основной для корпоративных и технологических структур.

– ВЧ-связь. В настоящее время является основной технологической сетью, преимущественно аналоговой. Приоритетными направлениями ее развития являются цифровизация, оптимизация, обеспечение дублирования по ВОЛС.

– РРЛ являются широкополосными аналоговыми линиями, используемыми в технологических системах связи. В перспективе будет осуществлена их цифровизация, что позволит использовать их для резервирования и быстрого развертывания связи.

– УКВ-связь является основной сетью эксплуатационных и аварийных бригад. Перспективными направлениями развития этой сети являются цифровизация, обеспечение связью удаленных объектов, резервирование дистанционного управления (ДУ).

– Спутниковая связь в настоящее время обеспечивается только арендованными каналами. Предполагается развернуть собственную спутниковую сеть связи.

Таким образом, сегодня создана по существу основа Единой технологической сети связи [4], однако недостаточное внимание, организационная неразбериха, постоянная реорганизация телекоммуникационных подразделений и всей структуры электроэнергетики, распыление квалифицированных специалистов снижают уровень управляемости ЕЭС России.

Список используемых источников

1. **Единая** технологическая сеть связи электроэнергетики (ЕТССЭ) / В. Х. Ишкин // Connect! Мир связи. – 2007. – № 6. – С. 64–69.

2. **Цифровые** сети связи / А. В. Шмалько. – М.: Эко-трендз, 2001. – 284 с. – ISBN 5-88405-032-1.

3. **Положение** ОАО «Россети» о единой технологической политике в электросетевом комплексе. Утверждено Советом директоров ОАО «Россети», протокол № 138 от 23.10.2013.

4. **Три** года спустя... / В. Х. Ишкин // Connect! Мир связи. – 2008. – № 4. – С. 76–80.

УДК 004.896

Г. Г. Рогозинский, А. В. Щекочихин

**МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ГЕНЕРАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ МУЗЫКИ**

Не смотря на повсеместное внедрение сетевых технологий и алгоритмов искусственного интеллекта проблемы их применения в области машинного творчества остаются актуальными. Сетевая автоматическая генерация компьютерной музыки может, в частности, рассматриваться как задача построения интеллектуального алгоритма управления композиционной моделью сенсорной сетью, образованной агентами системы. В данной работе изложены некоторые принципы построения такого алгоритма.

искусственный интеллект, алгоритмическая композиция, распределенные системы, сенсорные сети.

В настоящее время существует уже немало систем сетевой автоматической генерации медиа [1]–[3]. Исследование авторов посвящено вопросам разработки системы сетевой интеллектуальной генерации компьютерной музыки. Модель системы была реализована в среде MAX/MSP и представлена авторами в [4].

С подробными рассуждениями о структуре построения таких систем и процессов построения соответствующих баз знаний можно ознакомиться в [5]. Отметим, что система состоит из самоорганизующейся сети агентов [6]. Агенты могут быть реализованы различными способами: в виде интернет-сервиса, независимой программы для ПК или смартфона, или в виде автономного устройства – робота. Тем не менее, агенты обладают единой структурой, представленной на рисунке 1.

Агент получает внешние данные из двух источников: внешний физический мир и сеть других агентов. Сетевое ядро обеспечивает возможность общения агентов друг с другом. Отметим, что топология и размер сети не являются постоянными, различные агенты могут покидать систему в непредсказуемом времени и порядке, вследствие чего требуется обучить систему механизмам самоорганизации, свойственным сетям связи пост-NGN [7].

Взаимодействие с внешним миром происходит посредством сенсорного ядра. При этом средства GUI и взаимодействие с пользователем, если таковые имеются, так же могут восприниматься в контексте анализа сенсорной информации.

Ядро искусственного интеллекта (ИИ) производит анализ всех внешних данных и на их основе строит механизм управления композиционной моделью агента. Кроме того, ядро ИИ определяет характер поведения

агента в сети и во внешнем мире, в зависимости от недостатка или переизбытка информации, необходимой для корректной работы композиционной модели.

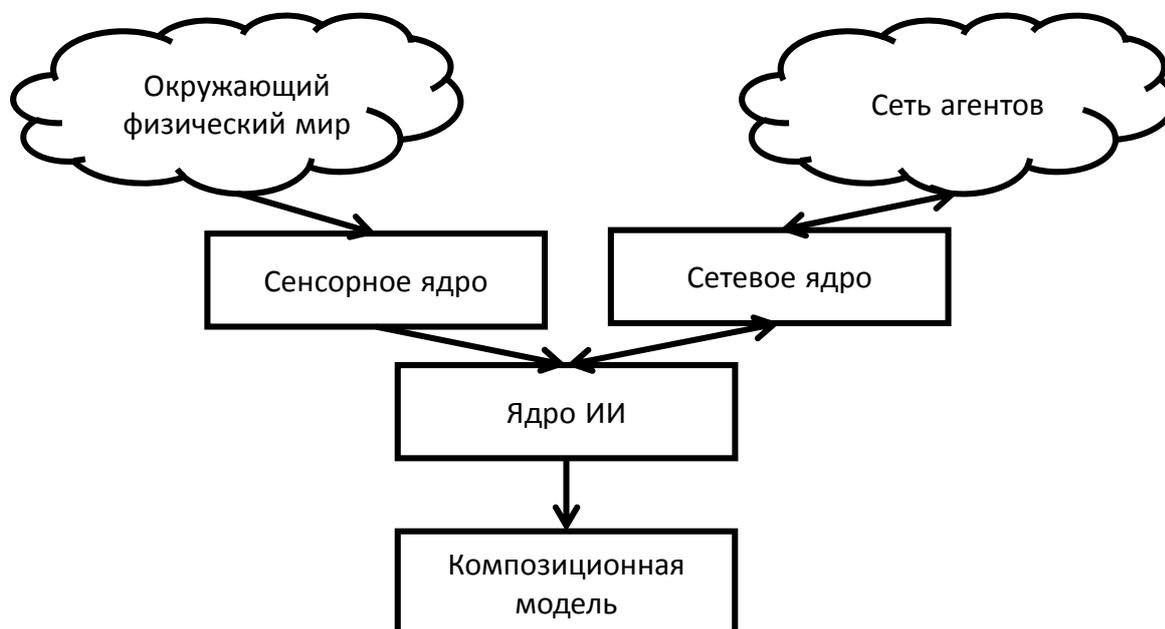


Рис. 1. Основные элементы структуры агента системы

Композиционное ядро осуществляет непосредственно процесс алгоритмической музыкальной композиции. Оно принимает управляющие данные с ядра ИИ и на основе их генерирует звуковые фрагменты.

В представленной нами системе [4] в качестве основы композиционной модели используется генетический алгоритм (ГА). В терминах ГА решение задачи оптимизации существует в виде двух представлений – генетического и фенотипного. Фенотипное представление – описание решения в терминах признаков, особенностей решений поставленной задачи. Генетическое представление – численно закодированное представление решения, чаще всего в виде последовательности чисел, называемой хромосомой. На рисунке 2 представлен предложенный нами способ построения отображения из фенотипного в генотипное представление.

Ознакомившись с существующими антологиями использования ГА в области музыкальной композиции и синтеза звука [8, 9], делаем вывод, что построение принципов отображения из генотипного в фенотипное представление не имеет однозначного решения.

Для создания автономной самоорганизующейся системы необходимо предложить метод интеллектуального, автоматизированного построения системой способа интерпретации внешнего мира для управления процессом музыкальной композиции.

Генерируемые аудиофрагменты можно описывать в терминах траектории в тембральном пространстве. Пусть $x(t)$ – траектория в тембральном

пространстве Ξ . Это n -мерная функция времени, где n , размерность тембрального пространства, определяется композиционной моделью.

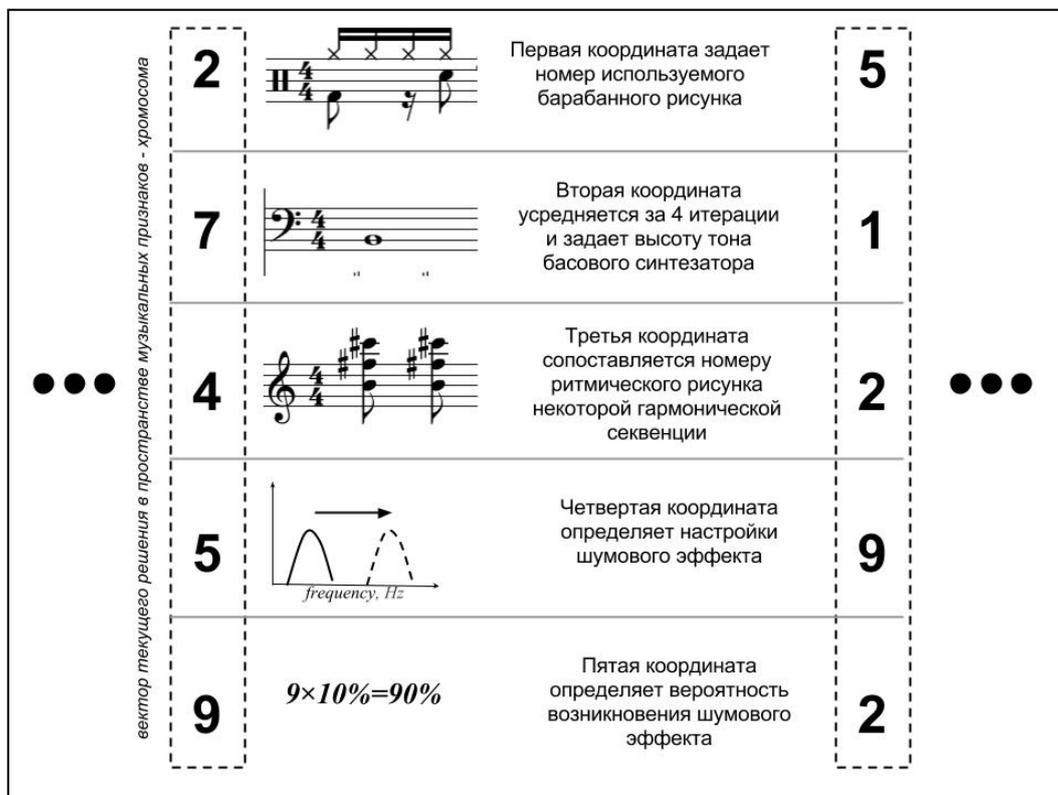


Рис. 2. Схема построения отображения из генотипного в фенотипное представление

Ядро синтеза звука управляется набором из m параметров. Обозначим функции управляющих параметров как $y_j(t)$. Это могут быть интерпретации данных из окружающего мира различной природы: от показаний сенсоров летающих сенсорных сетей [10], до данных взятых из сети (фондовые рейтинги) или результатов анализа перемещений стада диких слонов в Африке. Обозначим множество управляющих функций Σ .

Задачей становится построение набора отображений $\{\zeta_{iy}\}: \Sigma \rightarrow \Xi$. Функция ζ_{iy} – задает влияние j -ой функции управляющих параметров на значение i -ой координаты траектории в тембральном пространстве.

Функции y_i описывают поведение уже существующих внешних к системе процессов. Они могут быть изучены заранее и подвержены частотному анализу, статистическому, временному. Необходимо определиться какими характеристиками могут обладать функции координат траектории в тембральном пространстве.

В музыкальном процессе можно выделить различные временные масштабы [8].

– ННФ – сверхбыстрые изменения – 10–100 мс, граница области временной разрешающей способности человека, гранулярные процессы, $\chi_{\text{ННФ}}(f)$;

- HF – быстрые процессы, 0,1–1 с, pitch, ритмические изменения, отдельные ноты/аккорды, $\chi_{HF}(f)$;
- MF – средне частотные процессы, 1–10 с, отдельные музыкальные фразы, $\chi_{MF}(f)$;
- LLF – сверхмедленные процессы, от 1000 с, масштабы перезагрузки композиционной модели в целом, $\chi_{LLF}(f)$.

Функции $\chi(f)$ – частотные характеристики процессов. Они задают разбиение множества музыкальных процессов на классы.

Для построения отображений $\{\zeta_{ij}\}: \Sigma \rightarrow \Xi$ предлагается разделять функции координат траектории в тембральном пространстве на классы по принадлежности описываемых ими процессов к одному из временных масштабов. Тогда, для построения связывающих отображений должно быть верно уравнение:

$$\sup(\chi(f)) \supset \sup(F\{\zeta_{ij}(y_j(t))\}(f)),$$

т. е. носитель спектра результата отображения управляющей функции в тембральное пространство должен быть сосредоточен внутри носителя одной из частотных характеристик музыкальных временных масштабов. Безусловно, строгое выполнение данного условия не является определяющим и в реальной системе оно может выполняться с наперед заданной точностью, т. е. мы допускаем то, что управляющие функции «не до конца» попадают под соответствующее частотное разбиение.

Кроме того, использование ГА в качестве движущей силы процесса композиции заставляет задаться вопросом корректности его (ГА) работы. В [11] авторами подробно изложены рассуждения об способе определения корректности работы. Определим, что процесс эволюции идет корректно, если, начиная с заданного шага работы алгоритма x_i – текущее решение на i -ом устройстве – принадлежит с наперед заданной вероятностью p некоторой окрестности $\Omega(z_i, r)$ точки целевого решения z_i , где r – наперед заданный радиус окрестности (рис. 3).

На основе данного определения авторами в [12] получена поверхность корректности (1) для рассматриваемой системы (рис. 4), которая связывает такие параметры как вероятность выполнения условия корректности p_{all} , необходимый размер популяции решений N , и масштаб окрестности корректности V_Ω / V_M – отношения объемов окрестности $\Omega(z_i, r)$ и области поиска решения M .

$$p_{all} = p^N = \left(1 - \left(1 - \frac{V_\Omega}{V_M} \right)^{N-1} \right)^N. \tag{1}$$

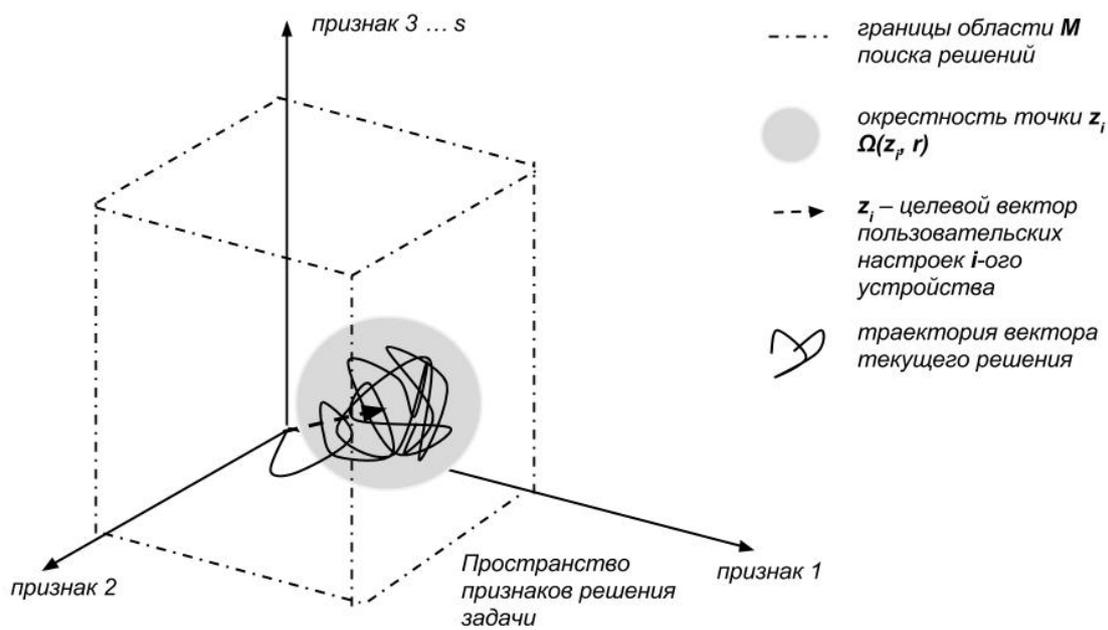


Рис. 3. Траектория движения вектора текущего решения внутри заданной окрестности целевого вектора пользовательских настроек – условие корректности работы ГА

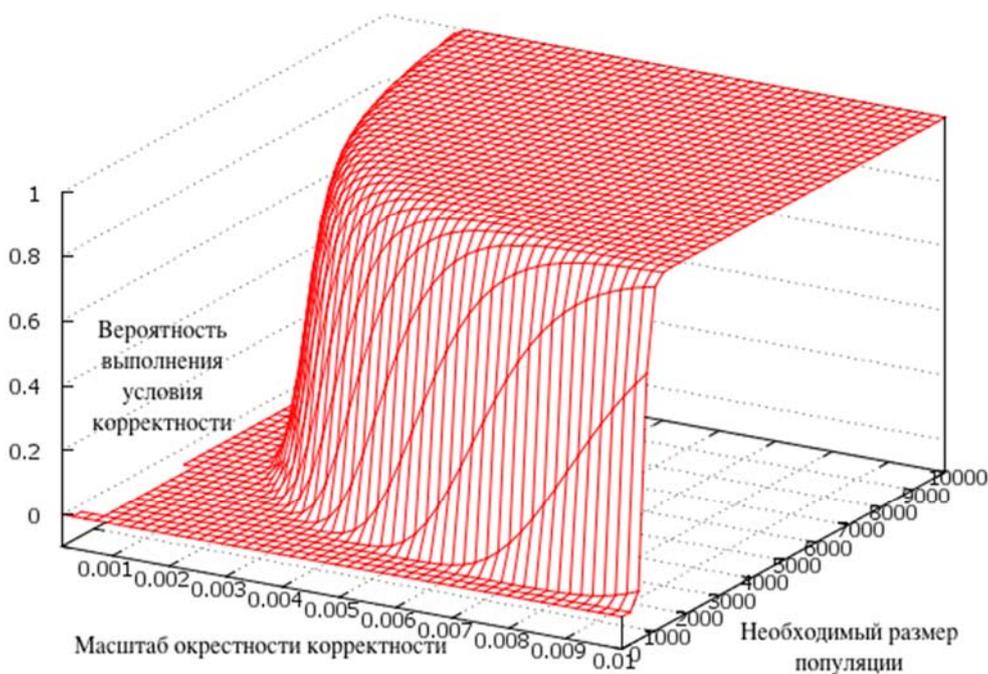


Рис. 4. Расчет минимальных размеров популяции для корректной работы ГА в рамках рассматриваемой композиционной модели

Порядок получившихся необходимых размеров популяции решений сопоставим с размерами аудиторий современных Интернет-сервисов схожей тематики. Это свидетельствует о возможной жизнеспособности разрабатываемой системы в рамках существующей сети Интернет.

В заключение отметим, что дальнейшая работа авторов направлена на усовершенствование уровня самоорганизации и самообучения системы.

Список используемых источников

1. **The Electric Sheep Screen-Saver: A case Study in Aesthetic Evolution** / S. Draves // Applications of Evolutionary Computing. Lecture Notes in Computer Science. –2005. – Vol. 3449. – PP. 458–467.
2. **Tweetscapes** – Real-Time Sonification of Twitter Data Streams for Radio Broadcasting / T. Hermann, A. Nehls, F. Eitel, T. Barri, M. Gammel // The 18th Conference on Auditory Display, Atlanta, USA, June 18–21, 2012. – PP. 113–120.
3. **The Listening Machine: Generating Complex Musical Structure from Social Network Communications** / D. Jones, P. Gregson // Proceedings of the 50th Anniversary Convention of the AISB 2013, University of Exeter, UK, April 3–5, 2013. – PP. 63–78.
4. **Модель** распределенной системы генерации аудиоконтента на основе эволюционных алгоритмов / Г. Г. Рогозинский, А. В. Щекочихин // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 2. – С. 20–26.
5. **The Internet of Machines –Technological Synergy and Computer Music** / E. Cherny, G. Rogozinsky // 16th Conference of Open Innovations Association Proc. 2014, Oulu, Finland, 27-31 October 2014, pp. 147-152.
6. **Самоорганизующиеся** сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. –
7. **Сети** связи пост-NGN / Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 160 с. – ISBN 978-5-9775-0900-8.
8. **Evolutionary Computer Music** / E. R. Miranda, J. A. Biles. –London, Springer, 2007. – 380 p.
9. **Generation** of Musical Sequences with Genetic Techniques / A. R. Burton, T. Vladimirova // Computer Music Journal. – 1999. – Vol. 23, N 4. – PP. 59–73.
10. **Летающие** сенсорные сети / А. Е. Кучерявый, А. Г. Владыко, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, И. А. Богданов, А. А. Дорт-Гольц // Электросвязь. – 2014. – № 9. – С. 2–5.
11. **Microsound** / C. Roads. – The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2001. – 424 p.
12. **Особенности** использования и корректность работы генетического алгоритма для распределенной генерации компьютерной музыки / Г. Г. Рогозинский, А. В. Щекочихин // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – № 1 (59). – С. 80–84.

УДК 621.391.63/621.316.6/621.39

А. Н. Сергеев

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

В настоящее время в России происходит быстрый рост внедрения в абонентские сети доступа пассивных оптических сетей, основанных на делении группового сигнала, идущего к отдельным абонентам. Применяемые при этом пассивные волоконно-оптические разветвительные устройства играют ключевую роль в обеспечении качества получаемого абонентом сигнала и, соответственно, предоставляемой услуги. Исследованием же технических характеристик волоконно-оптических разветвителей на этапе даже входного контроля качества почти никто не занимается ввиду сложности таких процедур, как в техническом, так и в организационном и финансовом плане.

пассивные оптические сети, PON, сплиттер, разветвитель, ПОН, технические характеристики пассивных компонентов.

В результате неудовлетворительных характеристик разветвителей возникают сложности на этапах строительства и эксплуатации сетей, которые усложняют их обслуживание и приводят к финансовым потерям. В итоге прогнозируемое в скором будущем увеличение скорости передачи сигналов в сетях PON до 10 Гбит/с может привести не к улучшению качества предоставляемых услуг, а к увеличению отказов и даже к полной остановке работы отдельных ветвей сети.

Вследствие вышеизложенного необходимо разработать простую и недорогую лабораторную установку для оперативной оценки качества разветвительных компонентов строящейся сети. С этой целью на кафедре «Фотоники и Линий связи» (ФЛС) был создан макет учебной лабораторной установки. Этот макет разработан и изготовлен силами профессорско-преподавательского состава кафедры ФЛС Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Установка представляет собой набор различных волоконно-оптических разветвительных устройств, смонтированных в общем корпусе наряду с измерительными приборами. С её использованием можно оценить величину основных технических характеристик различных устройств. Кроме измерения параметров основных разветвительных компонентов, с её помощью можно тестировать и другие элементы волоконно-оптических линий и сетей связи. Так, например, комбинируя встроенные в установку устройства, можно измерять величину возвратных потерь оптического линейного тракта или оптических стационарных, соединитель-

ных и монтажных шнуров. Кроме этого имеется возможность оценивать приращение прямых и возвратных потерь при создании макроизгибов разного радиуса в оптическом волокне. Аналогичным образом можно проверять характеристики шнуровых аттенюаторов, которые в этом случае соединяются с одним из портов циркулятора [1, 2].

Общий вид установки представлен на рисунке.

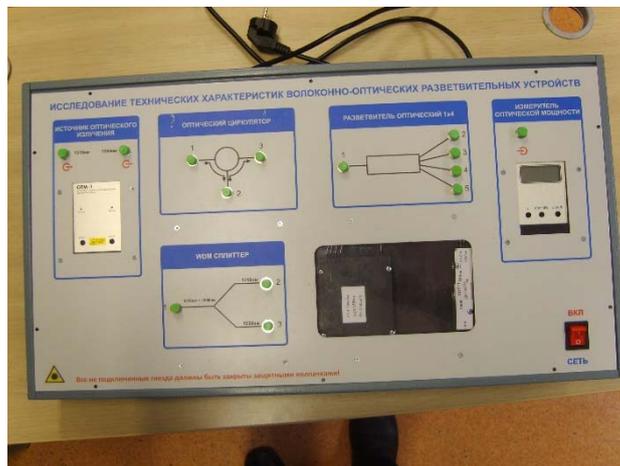


Рисунок. Общий вид лабораторной установки

В состав лабораторной установки входят:

1. Трёхпортовый волоконно-оптический циркулятор – 1 шт.
2. Волоконно-оптический разветвитель 1x4 – 1 шт.
3. WDM сплиттер – 1 шт.
4. Комплект измерительных приборов – 1 шт.
5. Коммутационные волоконно-оптические шнуры, оконцованные коннекторами SC/APC – 4 шт.
6. Переходные коммутационные шнуры FC/UPC – SC/APC – 2 шт.
7. Комплект расходных материалов – 1 шт.

Комплект измерительных приборов состоит из:

1. Генератора оптического излучения на длины волн 1310 нм и 1550 нм.
2. Измерителя уровня оптической мощности.

Технические данные приборов позволяют проводить измерения на двух длинах волн как порознь, так и одновременно в широком динамическом диапазоне.

Технические характеристики генератора оптического излучения:

- рабочие длины волн оптического излучения: 1310 ± 10 нм и 1550 ± 10 нм;
- мощность непрерывного оптического излучения для лазерных источников составляет, не менее минус 6 дБм;

– нестабильность мощности оптического излучения в течение 15 минут непрерывной работы не более 0,1 дБ; в течение 4 часов непрерывной работы не более 0,2 дБ.

Технические характеристики измерителя уровня оптической мощности. Измеритель предназначен для измерения средней мощности непрерывного и модулированного оптического излучения, а также определения затухания волоконных световодов (ВС).

– динамический диапазон работы измерителя: (-60) – $(+3)$ дБм на выходе одномодовых 10/125 мкм или многомодовых 50 (62,5)/125 мкм волоконных световодов;

– спектральный диапазон 800–1600 нм;

– погрешность относительных измерений не превышает 0,2 дБ.

Волоконно-оптический разветвитель

Технические характеристики волоконно-оптического разветвителя:

1. Конфигурация 1x4.

2. Рабочие длины волн 1310 ± 40 нм и 1550 ± 40 нм.

3. Коэффициент деления на каждый выходной порт 25 %.

4. Вносимые потери, не более 6,71 дБ.

5. Поляризационно-зависимые потери:

на длине волны 1310 нм – 0,11 дБ,

на длине волны 1550 нм – 0,16 дБ.

WDM сплиттер

Технические характеристики WDM сплиттера:

1. Конфигурация 1x2.

2. Рабочие длины волн 1310 ± 10 нм и 1550 ± 10 нм.

3. Вносимые потери:

на длине волны 1310 нм – 0,17 дБ;

на длине волны 1550 нм – 0,15 дБ;

4. Изоляция каналов

для канала 1310 нм – 30,09 дБ;

для канала 1550 нм – 24,92 дБ.

Волоконно-оптический циркулятор

Технические характеристики волоконно-оптического циркулятора:

1. Рабочая длина волны 1310 ± 30 нм.

2. Вносимое затухание при переходе сигнала из 1 во 2 порт – 0,88 дБ.

3. Вносимое затухание при переходе сигнала из 2 в 3 порт – 0,65 дБ.

4. Изоляция порта 2 по отношению к порту 1 – 53 дБ.

5. Изоляция порта 3 по отношению к порту 2 – 54 дБ.

Разработанная лабораторная установка может использоваться для целей учебного процесса, а при некоторых изменениях и дополнениях её можно с успехом использовать при изготовлении пассивных оптических компонентов и при проведении входного контроля в строительномонтажных организациях, использующих в своей деятельности пассивные компоненты. Методическое обеспечение установки позволяет знакомиться с общепринятыми методиками измерения технических характеристик пассивных оптических устройств, и в совокупности с практическими занятиями даёт полное представление об основных задачах, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации пассивных оптических сетей абонентского доступа. Осознание же ошибок и знакомство с методами решения основных проблем, возникающих в современных сетях, обеспечивает возможность осознанно и правильно строить сети следующего поколения.

Список используемых источников

1. **Физические** основы оптических направляющих систем: учеб. пособие / С. Ф. Глаголев, В. С. Иванов, Л. Н. Кочановский; ГОУВПО СПбГУТ. – СПб., 2008. – 160 с.
2. **Физические** основы оптических направляющих систем. Методические указания к лабораторным работам / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев; ГОУВПО СПбГУТ. – СПб., 2010. – 50 с.

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом технических наук, доцентом С. Ф. Глаголевым.

УДК 621.395

О. А. Симонина

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСЛУГ NGN НА СТОРОНЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Проведен анализ существующих методик оценки качества услуг мобильных пользователей, предложена модель системы оценки качества на smart-устройстве пользователя.

NGN, QoS, smart-устройство, мобильный пользователь.

Вопросы качества услуг с современных сетей принято рассматривать с ориентацией на технологию и тип трафика. Но, согласно последним тенденциям и прогнозам [1, 2], растет количество мобильных пользователей

мультимедийных услуг, при этом беспроводные подключения осуществляются по различным технологиям: как сотовым, так стандарта IEEE 802.11. Одновременно существенно увеличивается количество так называемых smart-устройств: смартфонов, планшетов, ноутбуков, имеющих несколько сетевых интерфейсов, работающих с любой мультимедийной информацией, являющихся источником и потребителем трафика новых типов, в том числе M2M. На рисунках 1 и 2 приведены прогнозы развития технологий smart-устройств [2]. Согласно этим прогнозам, количество различных интеллектуальных устройств к 2018 году превысит 60 % от общего количества. Также будет наблюдаться дальнейшее вытеснение технологии 2G за счет использования сотовой связи следующих поколений.

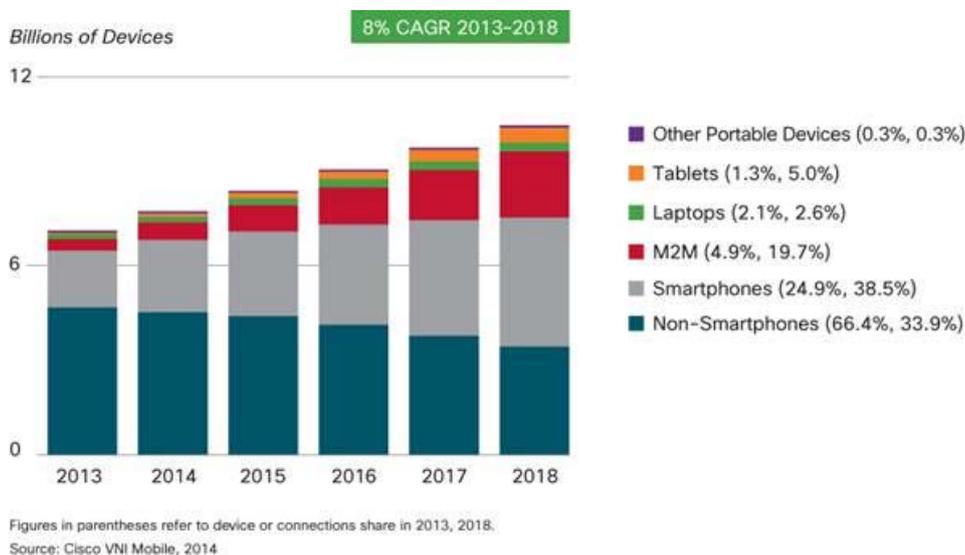


Рис. 1. Прогноз проникновения smart-устройств [1]

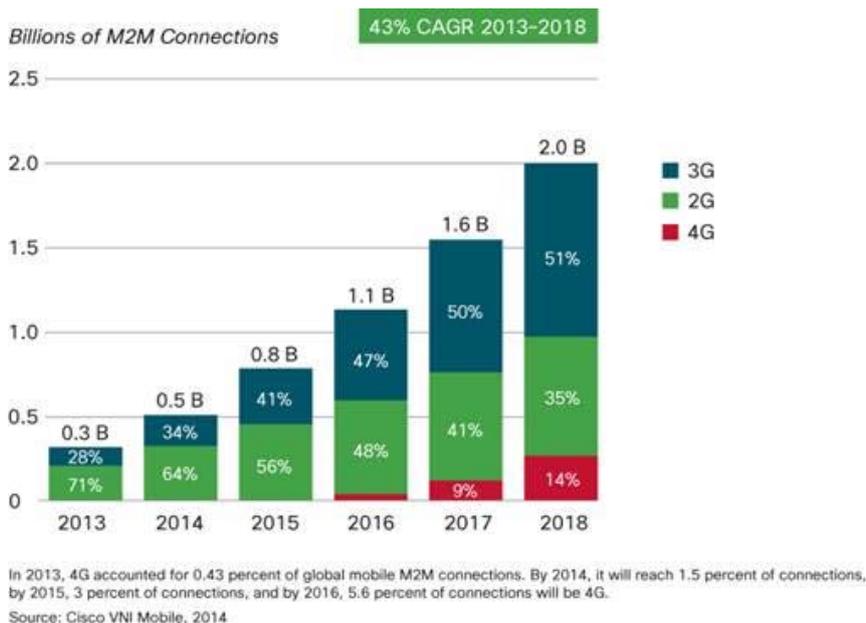


Рис. 2. Прогноз использования технологий для соединений M2M [1]

Согласно исследованиям и прогнозам [3], наблюдается резкий рост мультимедийного трафика, особенно трафика видео, уже сейчас достигающего 60 %, и этот рост сохранится в ближайшее время. Такие тенденции предполагают, что должны быть предложены требования к качеству smart-трафика и разработана система оценки качества услуг, обладающая интерактивностью.

Рассмотрим требования к качеству услуг на стороне пользователя. К первому классу требований относятся ориентированные на психофизические особенности человека. Такие требования не меняются со сменой технологии, хорошо разработаны ранее и могут использоваться в нотации QoS. Второй класс требований предъявляется к трафику управления и мониторинга, в том числе трафику сигнализации, позволяющему контролировать свойства среды [4]. Такие требования сформулированы недостаточно четко, слабо стандартизированы, динамично меняются по мере развития технологий.

Отметим общие тенденции, характерные для современного доступа мобильных пользователей:

– Использование беспроводных технологий, как сотовых, так и компьютерных. При этом поддержка QoS в компьютерных беспроводных сетях (Wi-Fi, ZigBee и т. д.) крайне слаба и опирается на нормы и механизмы, заимствованные из проводных сетей (Ethernet), а поддержка QoS в сотовых сетях наследует механизмы традиционной телефонии и не учитывает изменение структуры трафика. Также отмечаются проблемы сосуществования беспроводных технологий в одном частотном диапазоне.

– Локализация трафика в пределах одной подсети, обусловленная изменением как поведения пользователей, так и архитектурных решений, переход на IPv6, шлюзы и веб-брокеры, зеркалирование ресурсов.

– Появление приложений с уникальными требованиями к QoS, приводящее к изменению структуры трафика, требующего разработки норм и параметров оценки качества.

Существующие методики оценки качества связи ориентированы на традиционные технологии и не учитывают появление smart-трафика. Так, проведенное тестирование качества операторов мобильной связи в нескольких городах РФ [5], показало, что у пользователей не должно быть нареканий к качеству услуг. Однако, при анализе методики легко видеть, что она имеет следующие особенности:

– Использование специализированной платформы приводит к нарушению чистоты оценки качества, так как создается дополнительный тестовый трафик, по своей структуре существенно отличающийся от создаваемого пользователями сети.

– Не учтена реальная длительность разговора и одновременное использование потокового трафика (видео, аудио). Например, при средней

длительности разговора около 2 минут тестовый звонок имеет длительность 10 секунд.

– Не учтена проблема выгрузки трафика между технологиями в процессе разговора.

– Не учтено влияние технических характеристик пользовательского устройства на качество услуг.

– Отсутствует средство независимой обратной связи между пользователем и оператором.

Часть этих особенностей можно нивелировать установкой smart-приложения, снимающего статистику непосредственно с пользовательского устройства. На рисунке 3 представлена модель системы оценки качества на стороне пользователя, позволяющая учитывать, как объективные факторы, снимаемые непосредственно с устройства, так и возможность информирования оператора о субъективных особенностях восприятия пользователем услуги.

Предполагается, что такая система будет реализована как приложение для смартфона и устанавливаться по желанию клиента, а также поставляться как предустановленная на устройства, предлагаемые оператором. Возможности системы позволяют отслеживать качество услуг связи на реальном трафике, учитывать влияние пользовательского устройства, отсылать статистику оператору как по требованию, так и по расписанию, наладить обратную связь с пользователем, что облегчит работу техподдержки. Особенностью системы является возможность работы не зависимо от используемой технологии доступа, что позволит оператору разработать универсальную методику и использовать ее и при внедрении новых технических решений.

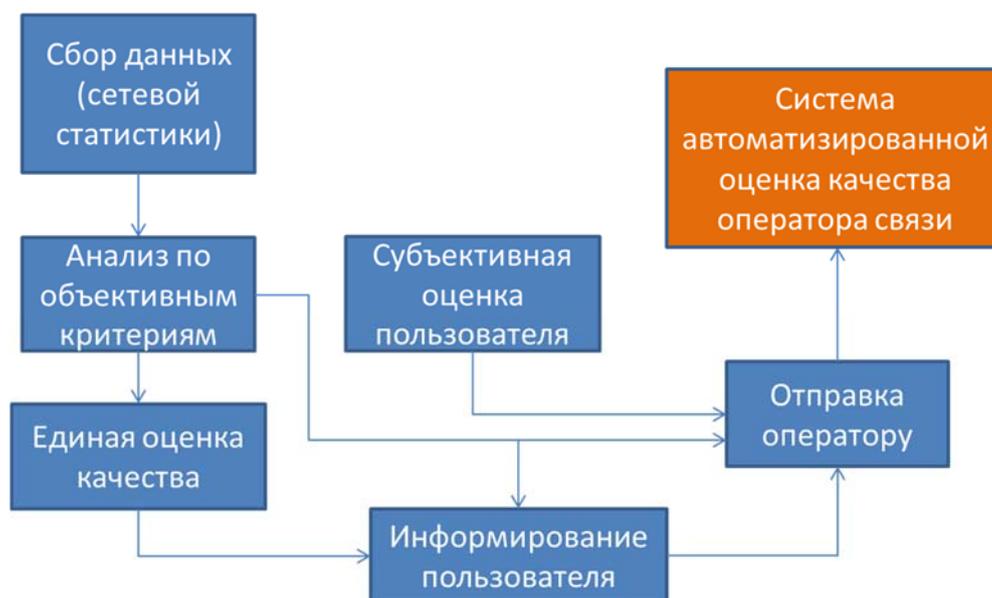


Рис. 3. Функциональная схема системы оценки качества на стороне пользователя мобильного smart-устройства

Для создания приложения необходимо разработать следующие системы:

1. Система критериев оценки качества с учетом превалирования трафика нового типа (видео, облачного, smart).
2. Система мониторинга источника ухудшения качества (пользовательское устройство, канал связи, сигнализация, отказ удаленного ресурса).
3. Система комплексной оценки качества услуги.
4. Система информирования оператора и организации обратной связи с пользователем.

При разработке системы критериев важно учитывать показатели качества согласно существующей методики [5] и рекомендации Y.1540, провести разделение показателей качества согласно источникам ухудшения качества (например, на разборчивость речи влияет не только состояние канала, но и характеристики пользовательского устройства), принять во внимание требования к smart-трафику. Также необходимо провести разработку системы приоритетов и показателей важности для каждого из критериев, что позволит в последствии предложить единую шкалу оценки качества услуг связи.

Список использованных источников

1. **ITU-T**: Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates). ICT STATISTICS Home Page. – URL: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistic> (Дата обращения 20.03.2015).
2. **Cisco** VNI Forecast Highlights. – URL: http://www.cisco.com/web/solutions/sp/vni/vni_forecast_highlights/index.html (Дата обращения 20.03.2015).
3. **Cisco** VNI: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018. – URL: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html (Дата обращения 20.03.2015).
4. **Сети** связи пост-NGN / Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 160 с. – ISBN 978-5-9775-0900-8.
5. **Качество** связи. Программа и методики контроля качества сотовой связи [Электронный ресурс]. – М.: Роскомнадзор, 2014. – 20 с. – Режим доступа: <http://rkn.gov.ru/communication/p714/> (Дата обращения 20.03.2015).

УДК 621.396

О. А. Симонина, А. В. Ульянов

**АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
АНТИПЕРСИСТЕНТНОСТИ ТРАФИКА
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

В статье рассматривается влияние фрактальных свойств компонентных потоков трафика на фрактальные свойства агрегированного потока. Приводятся результаты имитационного моделирования, подтверждающий возможность возникновения антиперсистентности трафика в процессе агрегации.

антиперсистентность, агрегация трафика, параметр Хёрста, самоподобие.

В телефонных сетях общего пользования для анализа характеристик процессов принята пуассоновская модель трафика. Однако, для современных мультисервисных инфокоммуникационных сетей эта модель не является адекватной, поскольку трафик в этих сетях не является простейшим случайным процессом. В работах [1]–[4] показано, что трафик локальных сетей, VBR видео и т. д. обладает свойством персистентности (самоподобия). Важнейшим показателем свойств трафика является коэффициент Хёрста. Если параметр Хёрста H некоторого фрактального процесса лежит в пределах $\frac{1}{2} < H < 1$, то такой процесс является самоподобным и стремится к сохранению тенденции (при приращении такого процесса на некотором интервале времени более вероятно его приращение в дальнейшем). Фрактальный процесс, параметр Хёрста которого лежит в пределах $0 < H < 1/2$, называют антиперсистентным. Такой процесс стремится к изменению своей тенденции, поскольку его коэффициент корреляции будет отрицательным.

Постановка задачи

С появлением концепции интернета вещей, подразумевающей наличие наряду с трафиком традиционных услуг трафика межмашинного взаимодействия, возникли новые типы трафика m2m (машина-машина). На рисунке 1 представлена упрощенная структурная схема участка пакетной инфокоммуникационной сети. Трафик, порождаемый различными источниками, поступает на узловое устройство, затем групповой агрегированный трафик передается по транспортной сети и на конечном узле разделяется между получателями. В современных сетях по единому транспортному ядру может передаваться пакетный трафик любой природы, а источники сообщений генерируют трафик как классического h2h (человек-человек) и h2m (человек-машина) взаимодействия, так и трафик

межмашинного взаимодействия m2m. Для построения адекватной модели участка инфокоммуникационной сети необходимо определить, какими характеристиками может обладать трафик источников сообщений.

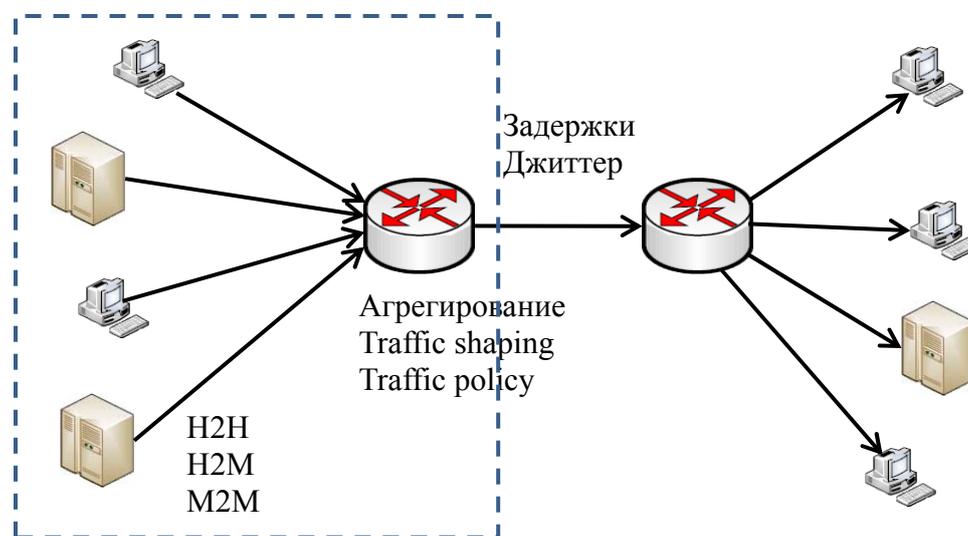


Рис. 1. Упрощенная структурная схема участка инфокоммуникационной сети

Как уже было сказано выше, классический трафик пакетных сетей является фрактальным процессом и обладает свойством самоподобия. Однако, в работе [5] было доказано, что некоторые типы трафика современных инфокоммуникационных сетей могут обладать и отличными от самоподобия свойствами. Во-первых, представляет интерес трафик ОТТ-телевидения. В [5] показано, что такой трафик может иметь как свойства самоподобного, так и свойства антиперсистентного процесса. Во-вторых, в [5] доказано посредством имитационного моделирования, что опосредованный трафик m2m сетей имеет ярко выраженный антиперсистентный характер.

Приходящий на узел сети от источников трафик подвергается процедурам агрегирования, traffic policy и traffic shaping. В процессе передачи между узлами сети возникают задержки и джиттер пакетов, которые так же могут обладать фрактальными свойствами [6], что может оказывать влияние на характеристики агрегированного трафика.

В данной работе проведено исследование влияния процедуры агрегации трафика источников на его характеристики.

Имитационное моделирование процедуры агрегации трафика

Ранее показано, что трафик источников сообщений в современных инфокоммуникационных сетях является фрактальным процессом, причем может обладать как свойством самоподобия, так и свойством антиперсистентности. Моделирование фрактальных процессов можно осуществить

с помощью функций Вейерштрасса [7] с заданными фрактальными размерностями через параметр Хёрста $D = 2 - H$:

$$x(t) = \sqrt{2}\sigma \frac{[1 - b^{2D-4}]^{0.5} \cdot \sum_{n=0}^N [b^{(D-2)n} \cdot \cos(2\pi \cdot s \cdot b^n \cdot t + \Psi_n)]}{[1 - b^{(2D-4)(N+1)}]^{0.5}},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение, s, b – параметры пространственно-частотного масштабирования, D – фрактальная размерность, N – количество гармоник, $N \rightarrow \infty$, Ψ_n – равномерно распределенная фаза на интервале $[0; 2\pi]$. На рисунке 2 представлены интенсивности трафика (пакетов/секунду) шестикомпонентных потоков x_1, x_2, \dots, x_6 и интенсивность агрегированного трафика agr . Параметры Хёрста потоков x_2, \dots, x_6 лежат в диапазоне 0,708–0,870, то есть их трафик характеризуется свойством самоподобия. Параметр Хёрста потока x_1 задан равным 0,250, т. е. он обладает антиперсистентным характером.

Расчет коэффициента Хёрста агрегированного трафика был проведен на основе линейной аппроксимации структурной функции в двойном логарифмическом масштабе [8]. Логарифм математического ожидания приращения можно представить в следующем виде для $m \in 0,1, \dots, M$

$$L(m) = \log_2 \left[\frac{1}{T - 1 - 2^m} \sum_{t=0}^{T-1-2^m} |S_{arp}(t + 2^m) - S_{arp}(t)| \right].$$

График зависимости функции (7) от приращения m изображен на рисунке 3. Для определения параметра Хёрста необходимо выполнить линейную аппроксимацию структурной функции линейной функцией $f(m)$, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс будет численно равен параметру Хёрста [8].

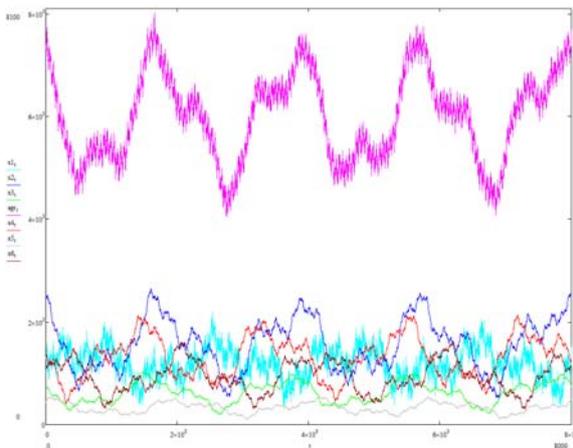


Рис. 2. Агрегирование пакетного трафика

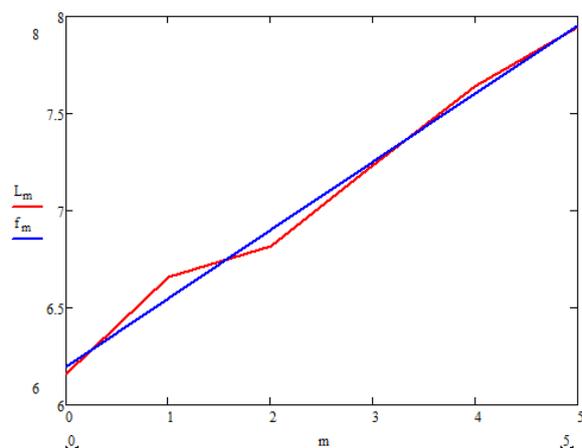


Рис. 3. Структурная функция $L(m)$ и ее линейная аппроксимация $f(m)$

Например, реализация агрегированного трафика (рис. 2), рассчитанного описанным методом коэффициент Хёрста, составил 0,351. Степень точности аппроксимации можно определить, рассчитав коэффициент корреляции по формуле:

$$r = \frac{\sum_m(m - \bar{m})(L_m - \bar{L}_m)}{[\sum_m(m - \bar{m})^2 \sum_m(L_m - \bar{L}_m)^2]^{0.5}}$$

При моделировании расчет коэффициента корреляции (5) показал достаточно высокую точность аппроксимации для всех случаев ($r > 0,7$).

Результаты моделирования

Эксперимент 1. Исследование зависимости параметра Хёрста агрегированного потока от параметра Хёрста антиперсистентного компонентного потока. Имитационная модель включает в себя 6 источников трафика с измеримыми интенсивностями (одного порядка). При этом 5 из 6 источников генерируют ярко выраженный самоподобный трафик, а один – антиперсистентный. Анализ полученных результатов (рис. 4) позволяет сделать вывод о том, что параметр Хёрста агрегированного прямо пропорционален параметру Хёрста компонентного антиперсистентного потока.

Эксперимент 2. Исследование зависимости параметра Хёрста агрегированного потока от параметра интенсивности антиперсистентного компонентного потока. Имитационная модель аналогична первому эксперименту, однако в данном случае будет изменяться интенсивность компонентного потока, то есть доля антиперсистентного трафика в общем агрегированном. Анализ полученных результатов (рис. 5) позволяет сделать вывод о том, что параметр Хёрста агрегированного прямо обратно пропорционален интенсивности компонентного антиперсистентного потока.

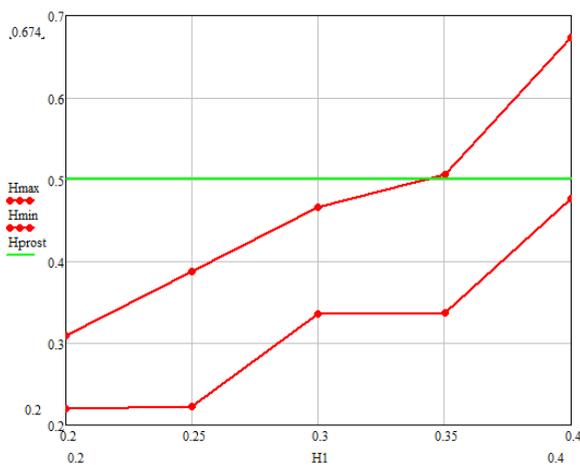


Рис. 4. Зависимость параметра Хёрста агрегированного потока от параметра Хёрста компонентного

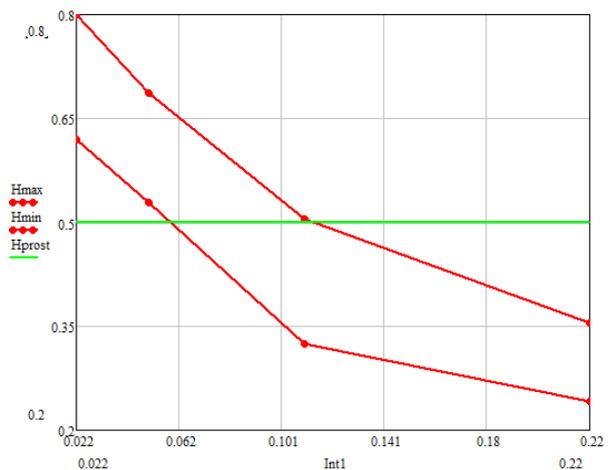


Рис. 5. Зависимость параметра Хёрста агрегированного потока от интенсивности компонентного

Выводы

Наличие антиперсистентного компонентного потока при агрегировании ведет к антиперсистентности агрегированного потока. При этом, чем выше степень антиперсистентности компонентного потока, тем сильнее антиперсистентность выражена у агрегированного.

Как правило, трафик m2m номинально значительно меньше по интенсивности, чем трафик h2h. Если в агрегированном потоке присутствует выраженный антиперсистентный трафик с малой интенсивностью, то это не приводит к антиперсистентности агрегированного потока.

Список используемых источников

1. **Структура телеграфика и алгоритм обеспечения качества обслуживания при влиянии эффекта самоподобия** : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 : защищена 10.02.2005 / Петров Виталий Валерьевич. – М., 2004. – 199 с. – Библиогр.: с. 169–176.
2. **On the self-similar nature of Ethernet traffic** / W. E. Leland, M. S. Taqqu, W. Willinger, D. V. Wilson // IEEE/ACM Transactions of networking. –1994. –N 2 (1). – PP. 1–15.
3. **Analysis, modeling and generation of self-similar VBR video traffic** / M. W. Garrett, W. Willinger // SIGCOMM 94, 1994. – PP. 269–280.
4. **Explaining World Wide Web Traffic Self-Similarity** / M. E. Crovella, A. Bestavros // Tech Rep. TR-95-015, Computer Science Department, Boston University, 1995. – URL: <http://www.cs.bu.edu/fac/crovella/paper-archive/self-sim/paper.html> (Дата обращения 01.03.2015).
5. **Модели потоков трафика для сетей M2M** / А. И. Парамонов // Электросвязь. – 2014. – № 4. – С. 9–14.
6. **M2M Traffic Models and Flow Types in Case of Mass Event Detection** / A. Paramonov, A. Koucheryavy // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. – Springer International Publishing, 2014. – PP. 294–300.
7. **Новационные** методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования: учебн. пособие / П. В. Короленко, М. С. Маганова, А. В. Меснянкин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына, 2004. – 82 с.
8. **Статистический анализ сетевого трафика** / Д. В. Бельков, Е. Н. Едемская, Л. В. Незамова / Наукові праці ДонНТУ. Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". – 2011. – Випуск 13 (185). – С. 66–75.

УДК 621.396

О. А. Симонина, Е. А. Умиров

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ УСЛУГ IoT

В статье рассмотрены основные параметры для выявления критериев оценки качества обслуживания в сетях IoT. Показано, что появляется класс задач, ориенти-

рованных на взаимодействие именно smart-объектов и требующих дальнейшей разработки.

IoT, QoS, smart-объекты.

В концепции Интернета Вещей (IoT) [1] умные вещи/объекты являются активными участниками бизнеса, информационных и социальных процессов, взаимодействуют и общаются между собой и с окружающей средой посредством обмена данными и информацией об окружающей среде. Реагируя автономно на физические события в реальном мире и оказывая на них влияние, запускают процессы, которые приводят к действию и создают сервисы, как с вмешательством человека, так и без него. Следовательно, появляется необходимость определения моделей обслуживания, которые могут классифицировать приложения IoT, а затем определить значения показателей качества обслуживания (QoS), необходимые для удовлетворения потребностей этих сервисов.

Для выявления критериев оценки QoS нужно определить технические параметры сети с поддержкой IoT, то есть, требуется провести анализ услуг, архитектуры и характеристик трафика.

Анализ услуг в сети IoT

Услуги IoT [2] можно подразделить согласно [3] на модели обслуживания, основанные на трех факторах: интерактивность (да/нет), задержки (*Non Real-Time* (NRT), *Soft Real-Time* (SRT) и *Hard Real-Time* (HRT)) и критичность. В данном случае принятый термин «критичность» связан с условиями протекания процесса и может иметь два значения – «да» или «нет». Легко видеть, что, начиная с NRT, толерантность к задержкам изменится до очень требовательных, то есть HRT.

Проведем анализ моделей предлагаемых услуг IoT [3] и сведем их в таблицу.

Первая модель – модель открытых услуг. Модель является интерактивной, так как основывается на запросах пользователей, задержки NRT и уровень не критичный.

Второй моделью является модель гибких услуг. Эта модель иногда интерактивная, иногда нет, в зависимости от подключения к услуге пользователя, SRT и уровень критический.

Третья модель – модель абсолютных услуг. Эта модель не является интерактивной, так как требует обмена непрерывным потоком данных. Может быть, как SRT, так и HRT, в зависимости от применения уровень может быть критическим.

ТАБЛИЦА. Приложения в IoT и соответствующие модели сервисов

Область	Приложение	Модель
Транспорт и логистика	Логистика	Гибкая
	Вспомогательное управление ТС	Абсолютная
	Мобильное тикетирование	Гибкая
	Мониторинг окружающей среды	Гибкая
	Расширенное отображение	Открытая
Здравоохранение	Наблюдение	Абсолютная
	Идентификация и аутентификация	Гибкая
	Сбор данных	Гибкая
	Восприятие(Sensing)	Абсолютная
Smart окружение	Удобные дома и офисы	Гибкая
	Промышленные предприятия	Гибкая
	Умный музей и тренажерный зал	Открытая
Персональная и социальная структуры	Социальные сети	Открытая
	Исторические запросы	Открытая
	Потери и кражи	Гибкая
Будущие проекты	Робот-такси	Абсолютная
	Модель информационного города	Гибкая
	Усовершенствованная игровая комната	Абсолютная

Анализ трафика для IoT

В целом, сетевой трафик можно разделить на два класса:

1. Толерантный к значениям пропускной способности и задержки – эластичный трафик.
2. Чувствительный к значениям полосы пропускания и к задержкам – трафик, который может дополнительно подвергаться дискриминации в приложениях, связанных с данными, например, видео с разрешением High-vs-Low, с различными требованиями QoS.

Таким образом, приложения IoT требуют набора абстракций, который рассматривает многочисленные аспекты QoS. Каждое приложение имеет свой собственный набор приоритетов, статический набор услуг и ограничений не может удовлетворить требованиям всех приложений. Поэтому

в сетях с взаимодействующими приложениями для достижения желаемых результатов используют многомерные модели QoS [4]. Отметим, что сетевая среда IoT сильно отличается неоднородностью сетей, часто требуется активное соблюдение взаимодействия участников соединения, в том числе на нижних уровнях.

Архитектура сети для IoT

С точки зрения сетевых элементов, IoT, как правило, состоит из сети Интернет и сети smart-объектов. Существуют два основных подхода на базе IP-архитектуры [5] для проектирования сетевой архитектуры на основе концепции IoT:

1. Эволюционный, на основе существующих сетевых решений.
2. «Чистый лист», основывающийся на перестройке сети.

На рисунке показаны базовые модели подключения smart-объектов: изолированные от Интернет в отдельную сеть (*Smart Object Networks*) и являющиеся частью всепроникающей сети smart-объектов, которые входят в Интернет.

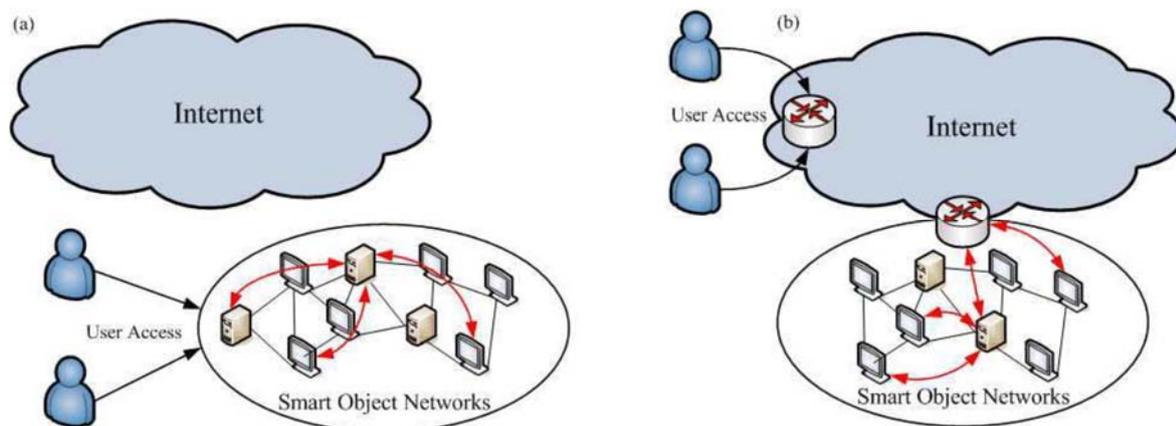


Рисунок. Базовые модели подключения smart-объектов:

- а) автономная сеть smart-объектов; б) всепроникающая сеть smart-объектов

Таким образом, можно сформулировать следующие задачи для дальнейшего исследования:

- разработка модульного решения, позволяющего учитывать вновь появляющиеся услуги, и классификация их по требованиям к QoS;
- адаптация существующих моделей трафика к условиям функционирования новых приложений и сервисов сетей IoT;
- разработка новых методов расчета и проектирования, ориентированных на особенности smart-объектов.

Список использованных источников

1. Интернет вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 17–20.

2. **The internet of things: A survey** / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito // Computer networks. – 2010. – Т. 54. – № 15. – С. 2787–2805.

3. **Enabling QoS in the Internet of Things** / M. A. Nef et al. // The Fifth International Conference on Communication Theory, Reliability, and Quality of Service (CTRQ 2012), Chamonix/Mont Blanc, France, April 29 – May 4, 2012. – PP. 33–38.

4. **Challenges of satisfying multiple stakeholders: quality of service in the internet of things** / C. L. Fok et al. // The 2nd International Workshop on Software Engineering for Sensor Network Applications (SESENA, 2011), Waikiki, Hawaii, USA, May 22, 2011. – PP. 55–60.

5. **Network architecture and QoS issues in the internet of things for a smart city** / J. Jin et al. // Communications and Information Technologies (ISCIT), 2012 International Symposium on. – IEEE, 2012. – PP. 956–961.

УДК: 004.942; 519.876.5; 656

Ю. В. Скворцов

ДОБАВЛЕНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОГО ЯЗЫКА ЗАПРОСОВ В РАСШИРЯЕМЫЙ ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассматриваются типовые технологии доступа к СУБД – ORM и RAW, их достоинства и недостатки. Предлагается новая технология доступа к БД, осуществляемая с помощью языка программирования с расширяющимся синтаксисом. Показываются необходимые шаги для реализации такого расширения с примерами кода.

программирование; ecs;sql, orm.

Решение множества задач связано с необходимостью сохранять данные полученные во время работы программы и извлекать их в дальнейшем. Использование для больших массивов данных простых файлов с бинарной или текстовой структурой является неэффективным: так как приходится решать множество задач связанных с оптимизацией выполняемых запросов (например, с помощью индексирования), целостности, и других. Системы управления базами данных (СУБД) позволяют решить эти задачи, кроме того, предоставляют унифицированный доступ к данным различным приложениям.

Сами СУБД могут быть построены на различных моделях, в настоящее время наиболее популярными являются реляционные системы и документ-ориентированные. Документ-ориентированные СУБД позволяют эффективно сохранять и извлекать из базы данные неунифицированной структуры. Реляционные базы данных используют набор таблиц, представляющих простые данные, при этом каждое поле таблицы имеет уни-

кальный номер, на который могут ссылаться другие таблицы. При этом СУБД отслеживает актуальность и непротиворечивость таких ссылок.

Хотя у документ-ориентированных СУБД есть преимущество для хранения таких данных как, например, описание товаров в магазинах (у различных товаров различные свойства, которые неудобно сохранять в реляционных БД), в целом, реляционные БД более удобны и распространены.

Доступ к реляционным БД осуществляется при помощи структурированного языка запросов (SQL, англ. *Structured Query Language*) формируемого приложением пользователем данных к сервису баз данных. Существует два основных способа формирования такого запроса: с помощью используемых библиотек или составления запроса программистом в виде символьной строки. Рассмотрим оба этих варианта.

Наиболее «продвинутыми» библиотеками для доступа являются библиотеки, использующие технологию Object Relation Mapping (ORM, пер. англ. объектно-реляционное отображение). Библиотека перед компиляцией подключается к базе данных и импортирует её структуру таблиц, сигнатуры хранимых процедур и функций, и другие параметры. На основе этой информации создаются классы, отображающие данные из таблиц БД: символьные данные (*char, nchar, varchar, nvarchar, text, ntext*) становятся строками, числа (*int, real, datetime*, и другие) соответствующими типами. При этом изменяется концепция внешних ключей – вместо номера строки другой реляционной таблицы в генерируемых классах присутствует ссылка на объект, соответствующий этой строке. Если используется соотношение 1:М, то будет присутствовать коллекция объектов. Это изменяет концепцию с таблиц, наполненных простыми данными, к типичной ООП коллекции. Хранилище создаёт на каждую строку из реляционной таблицы только один объект, и отслеживает изменение его состояния. Для всех изменённых объектов хранилище генерирует UPDATE запрос, синхронизируя текущее состояние объекта с БД.

Пусть у нас есть таблицы `Students /ID Id, varchar(100) Name/` и `Group /ID Id, varchar(20) Name/`, тогда при помощи Entity Framework и языка C# вывести всех студентов в консоль можно при помощи следующего кода:

```
long id = ...;
using (var db = new MyDataContext()) {
    Student st = db.Students.First(s => s.Id == id);
    Group gr = st.Group;
    foreach (var s in gr.Students)
        Console.WriteLine(s.Name);
}
```

ORM-подход позволяет разрабатывать с высокой скоростью, так как инкапсулирует сложность, присущую работе с базами данных в простых ООП-концепциях. Ошибки, связанные с изменением полей, таблиц, и другие, будут замечены на стадии компиляции.

Однако у этого подхода имеются и недостатки. Он позволяет легко писать тривиальные запросы, но не пригоден для написания сложных запросов и/или использующих какие-нибудь особенности СУБД. Обновление большой таблицы, например, изменение цены в таблице товаров, приведёт к тому, что отображение всех данных окажется в памяти, что, скорее всего, приведёт к её исчерпанию. Для выполнения этой задачи приходится использовать различные «костыли», обновляя данные кусками. Запрос создаётся динамически во время выполнения программы, что негативно влияет на быстродействие.

Для разрешения этих недостатков используют обычный доступ к СУБД. Доступ осуществляется на SQL записанным на языке программирования как обычная строковая константа. Пример выше, написанный при помощи чистого доступа к SQL такой:

```
SqlConnection connection = ...;
long id = ...;
string sqlCode = "SELECT st.Name FROM Students AS st
WHERE st.GroupId in (SELECT s.GroupId FROM Students
AS s WHERE s.Id = ?)";
SqlCommand command = new SqlCommand(sqlCode, connection);
command.AddParameterWithValue(id);
DbReader reader = command.ExecuteReader();
for (; reader.Read(); ) {
    var studentName = reader.GetString(0);
    Console.WriteLine(studentName);
}
```

Переменная `sqlCode` содержит запрос как обычную строку. Если в этом запросе имеется ошибка, если не все заглушки для параметров заполнены, то ошибка произойдёт во время выполнения программы, в методе `command.ExecuteReader`. Если окажется, что возвращаемый тип изменился, то ошибка будет в методах `reader.GetTYPEName(index)`. Это приводит к тому, что при любом изменении схемы БД необходимо проверить выполнение всех запросов в программе.

Можно объединить достоинства этих подходов в языке программирования с расширяющимся синтаксисом: добавив в него поддержку структурированного языка запросов. Так как помимо SQL-теста необходимо иметь контекст подключения к базе данных, то пусть синтаксис будет такой:

КонтекстБазыДанных Запрос

Для добавления такого синтаксиса необходимо сделать следующее: создать файл, содержащий правила обработки такого синтаксиса, в примере назовём его `SQLInline.ecs`, и файл с настройками подключения к БД – `SQLInline.xml`.

Файлы расширения должны начинаться с области имён одноимённой с именем файла. В этой области имён надо написать класс, наследующийся от класса типа «оператор». В конструкторе этого класса надо задать ключевое слово, по которому этот класс примет управление на себя, его зону действия и приоритет операции.

```
namespace SQLInline {
class SqlSelect : Compilation.Operators.Operator {

public override Token SpecialUnary(Token connection,
CompilerContext cc, bool post) {
    return new SqlSelectParser(connection,
cc).Result;
}
public New() {
    Spelling = "SELECT";
    Area = UnaryRight;
    Precedence = 0x320;
}
...
}} // class + namespace
```

Теперь необходимо создать парсер, можно даже в файле с оператором.

```
class SqlSelectParser {
private Token _connection;
private CompilerContext _cc;
public New(Token connection, CompilerContext cc) {
    _connection = connection;
    _cc = cc;
    try {
        Parse();
    }
    catch (ParseException e) {
        _cc.Error("SQL Inline error: " + e.Text,
e.Position);
    }
}
```

```
        Result = new ValueToken(null,
_connection.Marker);
    }
    catch (Exception e) {
        _cc.Error("SQL Inline error: " + e.Message);
        Result = new ValueToken(null,
_connection.Marker);
    }
```

Сами методы разбора выражений и составления итогового SQL-запроса весьма объёмны, и, чтобы не занимать весь сборник целиком, в качестве примера приведены метод инициации и метод разбора результата выражения.

```
void Parse() {
ParseSelectResult();
ParseTableNames();
for (;;) {
    if (ParseWhere()) continue;
    if (ParseGroupBy()) continue;
    if (ParseOrderBy()) continue;
    if (ParseJoin()) continue;
}
if (!ParseSetOperators()) {
    VerifyResult();
    MakeQuery();
}} // if + method

void ParseSelectResult() {
    ParseTopClauseIfExists();
    Token current = _cc.CurrentToken;
    if (current is OperatorToken &&
        ((OperatorToken)current).Operator.Spelling ==
        "*") {
        _takeAll = true; _cc.Advance();
    } else for ( ; ; ) {
        SymbolToken id = current as SymbolToken;
        if (id == null)
            throw new ParseException(current, "Expected
column name");
        ParseNextResultIdentifier();
        if (isCurrentTokenComma()) {
            _cc.Advance(); continue;
        }
    }
```

```
        break;
    }
    current = _cc.CurrentToken;
    SymbolToken id = current as SymbolToken;
    if (id == null || id != "FROM")
        throw new ParseException(current, "Expected ',' or FROM");
    _cc.Advance();
}
```

Теперь следует использовать написанное расширение, для этого файл надо начать с директивы `#+SqlInline` (соответствующей имени файла). Запрос аналогичный запросу выше принимает следующий вид:

```
StudentsContext connection = ...;
long studentId = ...;
var query = connection SELECT st.Name FROM Students
AS st
    WHERE st.GroupId IN (SELECT s.GroupId FROM Students
AS s WHERE s.Id = studentId);
foreach (var s in query)
    Console.WriteLine(s.Name);
```

Так как сами запросы могут отличаться в СУБД от различных версий и поставщиков, необходимо чтобы расширение знало об этих особенностях, в противном случае, может быть выдана ошибка компиляции для валидного кода.

Этот подход создаёт классы аналогично ORM; код запроса, наличие таблиц и полей в них проверяется на этапе компиляции; даёт возможность использовать локальные/объектные переменные в запросах без постановки заглушек (placeholders). Таким образом, добавление структурированного языка запросов позволяет использовать как преимущества ORM, так и обычного доступа, без их недостатков.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором М. В. Буйневичем.

УДК 004.051

О. А. Тиамийу

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РЕАЛИЗАЦИИ
МЕХАНИЗМА ДОВЕРЕННОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ**

Произведена сравнительная оценка возможных подходов к реализации механизма доверенной маршрутизации в сетях TCP/IP. Рассмотрена технология использования алгоритма Дейкстры протоколом OSPF. Определены требования к протоколу доверенной маршрутизации на базе модифицированного OSPF.

доверенная маршрутизация, варианты реализации механизма, протокол OSPF, алгоритм Дейкстры, рекомендации по совершенствованию.

Синтезированный и описанный автором метод доверенной маршрутизации (ДМ) в глобальных телекоммуникационных сетях (ТКС) с использованием только «штатных» средств TCP/IP [1] и с использованием специализированных средств и системы управления [2] предназначен изначально для исследования свойств механизма ДМ и поэтому с точки зрения возможности организации «доверенной сети передачи данных поверх недоверенной» обладает целым рядом недостатков.

Во-первых, он использует заведомо недостаточные по функционалу штатные средства, что приводит к необходимости разработки новых и их не всегда удачному согласованию с существующими (например, идентификации узлов с помощью внедрения агентов). Во-вторых, метод позволяет учесть лишь ряд требований к доверенному маршруту (например, его построение заново без возможности использования уже существующих, доверенных). И, в-третьих, при реализации метода не учитываются особенности его реального внедрения в существующие ТКС.

Все эти недостатки существенно ограничивают возможность использования предложенного метода ДМ для организации «доверенной сети поверх недоверенной», что актуализирует задачу совершенствования реализации механизма ДМ и создания новых соответствующих алгоритмов и процедур.

Рассмотрим возможные подходы (варианты) к реализации механизма ДМ с учетом знаний, полученных в [3].

1) Одним из требований к методу реализации механизма ДМ является согласованное выполнение его этапов. Полярными вариантами здесь выступают централизованная диспетчеризация и децентрализованное функционирование. В первом случае отправка данных возможна только из центрального элемента (например, менеджера ДМ), который и берет на себя ответственность за построение и использования доверенного

маршрута. Во втором, каждый из элементов сети может являться источником передаваемых сообщений и потому выступает равноправным элементом распределенной системы управления ДМ. Реализация механизма ДМ по второму варианту обладает *большой* универсальностью и отказоустойчивостью, однако реализуется более сложно и может инспирировать новые коллизии. В частности, экстренное прекращение передачи данных в случае компрометации маршрута для распределенного варианта представляется крайне нетривиальной задачей.

2) Процесс организации передачи данных по доверенным маршрутам может обладать различной степенью автоматизации; в этом контексте предложенный метод ДМ можно считать автоматизированным. Тем не менее управление процессом может быть смещено как в сторону *большой* автоматизации, так и быть более контролируемым оператором. Вариант механизма, при котором подготовкой данных для передачи, выбором доверенного маршрута, его контролем, мониторингом и проч. занимается построенная система, будет считаться полностью автоматическим. Полярный, полностью ручной, вариант предполагает участие оператора на всех этапах. Реализация первого варианта необходима, когда требуется удобство и многократность использования механизма ДМ. Реализация второго – когда необходима высокая гарантия передачи отдельных блоков данных в условиях враждебной среды; в этом случае оператор должен полностью контролировать процесс, реагируя на возникающие угрозы и экстренно принимая ситуативные решения.

3) На текущий момент не существует полноценно работающих реализаций механизма ДМ, а особенности функционирования глобальной ТКС не предполагают его простого развертывания. Таким образом, возникает задача по внедрению механизма ДМ в сети ТСП/IP. В зависимости от требований к параметрам такого внедрения, возможна как постепенная поддержка отдельными узлами сети механизма ДМ, так и построение новой подсети в рамках существующей, изначально поддерживающей этот механизм. Постепенное внедрение функционала ДМ в узлы сети может быть сопряжено с необходимостью нового функционала одних узлов сочетаться с функционалом менее безопасных и «конкурирующих» за сетевую среду других. Замена же целой группы узлов на поддерживающие механизм ДМ в случае возникновения ошибок в реализации или конфигурации нарушит работоспособность целого участка глобальной сети. Тем не менее, построенная и отлаженная таким образом подсеть будет более надежной и безопасной.

4) Несмотря на то, что наличие доверенного маршрута необходимо лишь на время передачи данных, его существование до и после собственно передачи может быть применено для улучшения отдельных характеристик механизма ДМ. Так, поддержка актуального доверенного маршрута между отдельными передачами позволит как сократить время на его повторное

создание, так и осуществлять мониторинг за состоянием безопасности сети. Первое следует из того, что будет отсутствовать этапы, подобные идентификации узлов и выбору доверенного маршрута. Второе же будет возможно по оценке отказов узлов и нарушению доверенности маршрута. Однако постоянная поддержка доверенного маршрута может быть не достаточно скрытной, а, следовательно, механизм ДМ будет сильнее подвержен атакам со стороны злоумышленников.

5) Поскольку в любой реализации механизма ДМ должно присутствовать управление маршрутом посредством транзитных узлов, то потребуются специальный протокол (некий формализованный набор соглашений и форматов) такого управления. Он должен обеспечивать доставку маршрутизирующей информации узлам и результатов создания ими доверенного маршрута. Значения полей протокола могут являться частью передаваемых данных (а точнее, располагаться в отдельных секциях пакета, таких, как опция IP-пакета для задания маршрутизации от источника). Альтернативной такого расположения может быть создание отдельного канала управления маршрутизацией, с помощью которого перед началом передачи данных все транзитные узлы будут оповещены о том, как пакеты с данными необходимо перенаправлять.

Первый вариант можно считать более стандартным, поскольку он, скорее всего, будет использовать штатные сетевые средства – следовательно, практически не потребует специальной реализации и сможет функционировать в существующей сетевой среде. Вторым является более трудоемким и требуемым разработки дополнительного функционала. Например, для него необходимо будет решать задачу идентификации пакетов, чтобы маршрутизации подверглись только лишь требуемые передаваемые данные, а не все, проходящие через узел. Тем не менее, создание канала управления маршрутизацией сделает ее более гарантированной (поскольку канал априори будет поддерживать подтверждение принятия информации узлами) и даст большие возможности по ее управлению (например, позволит, как экстренно прекратить передачу или изменить ее маршрут для выбранного узла, так и узнать о состоянии последнего).

Рассмотренные подходы не являются взаимоисключающими и могут быть применены совместно. Так, в случае требования максимальной надежности механизма ДМ, следует выбрать следующие варианты его реализации: система должна быть распределенной; механизм ДМ должен быть внедрен в сеть «с нуля»; для управления маршрутизацией узлов по специальному протоколу должен быть реализован соответствующий канал и т. д.

Рассмотрим возможность реализации механизма ДМ с помощью соответствующего протокола, взяв за основу OSPF (от англ. *Open Shortest Path First*), как наиболее близкого по целям и реализации. OSPF основан на технологии отслеживания состояния каналов и использует для нахож-

дения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры. В рамках протокола, маршрутизаторы обмениваются специальными пакетами с соседями, устанавливают логические отношения и синхронизируют топологическую базу данных. В конечном итоге, все базы маршрутизаторов одной OSPF-зоны будут идентичными. В случае ДМ логические отношения должны быть установлены лишь между доверенными узлами (то есть имеющими агентов ДМ), а база данных должна содержать лишь доверенные маршруты. Этого можно добиться модификацией алгоритма Дейкстры, что потребует использования дополнительной идентификационной информации, а именно, наличия столбца в топологической таблице, где будет храниться информация о существовании или отсутствии программного модуля (агента) ДМ в маршрутизаторах сети OSPF.

Определим требования к протоколу ДМ в терминах рассмотренных вариантов реализации ее механизма

Во-первых, протоколы динамической маршрутизации основываются на равноправном отношении узлов сети – например, в OSPF единая таблица маршрутов создается в каждом из узлов на основании их взаимного обмена. Следовательно, управление механизмом ДМ должно быть распределенным, поэтому начало передачи данных по доверенному каналу, управление передачей и ее завершение должны осуществляться каждым из маршрутизаторов, а не отдельно выделенным узлом.

Во-вторых, управление всем процессом передачи должно быть полностью автоматизированным, поскольку протоколы маршрутизации, как правило, подразумевают именно высокоскоростное (а в данном случае и динамическое) управление передачей трафика без участия человека и его субъективных временных решений.

И хотя, в-третьих, вопрос внедрения нового протокола в глобальные ТКС не относится напрямую к самому протоколу, тем не менее, он может повлиять на структуру последнего. Так, в случае необходимости максимально надежного и безопасного перехода на новый протокол отпадает необходимость поддержки им альтернативных – например, традиционного OSPF. И наоборот, если планируется постепенный переход на протокол ДМ с минимизацией рисков прекращения функционирования сети в результате непредсказуемых проблем такой интеграции, целесообразно сделать новый протокол совместно функционирующим с уже работающими в сети. При необходимости (когда все критичные узлы будут обновлены, и работа сети стабилизируется) протокол ДМ может быть полностью заменен на его «версию 2.0» без поддержки всех иных действующих. Таким образом, данное требование к протоколу ДМ зависит от условий интеграции в глобальную ТКС.

В-четвертых, хотя поддержка «жизни» канала передачи данных только необходимое время и способствует его скрытности, тем не менее, такая реализация в рамках создания механизма ДМ посредством протокола

(по крайней мере на базе OSPF) представляется крайне проблематичной задачей. Постоянная же поддержка доверенного маршрута в актуальном состоянии полностью соответствует особенностям динамических протоколов – постоянному обмену данными между узлами для поддержания актуальной таблицы всех маршрутов. Таким образом, рациональным решением является вариант реализации протокола ДМ вторым способом, хотя это и делает его более подверженным атакам.

И, в-пятых, управление маршрутизацией в рамках протокола ДМ может быть реализовано как посредством информации в передаваемых данных, так и явным заданием маршрута на всех транзитных узлах. Тем не менее, рациональным решением видится использование возможностей самого разрабатываемого протокола – это гипотетически обеспечит заданную гарантированность доставки и заложит возможности для дополнительного функционала. При этом на трудоемкость реализации такой вариант не будет иметь сильного влияния, поскольку протокол ДМ и так разрабатывается изначально, а после полной интеграции и вовсе может перейти на работу лишь с собственным функционалом.

Более детальное изучение и определение процедур работы протокола, его форматов и спецификации является отдельной научно-исследовательской и опытно-конструкторской работой, и может быть рекомендовано для дальнейшего развития механизма ДМ.

Список используемых источников

1. **Анализ** IP-протоколов для доверенной маршрутизации в глобальных сетях передачи данных / О. А. Тиамийу // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия «Технические науки». – 2012. – № 8 (59). – С. 157–159.

2. **Программная** архитектура системы управления доверенной маршрутизацией в глобальных телекоммуникационных сетях / М. В. Буйневич, О. А. Тиамийу // Информатизация и связь. – 2014. – № 3. – С. 35–38.

3. **Имитационные** эксперименты с моделью полносвязной телекоммуникационной сети по исследованию механизма доверенной маршрутизации / М. В. Буйневич, О. А. Тиамийу // Телекоммуникации. – 2014. – № 2. – С. 6–15.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором М. В. Буйневичем.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.735

С. В. Акимов, Г. В. Верхова

АВТОМАТИЗАЦИЯ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА БАЗЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Рассмотрены вопросы автоматизации академической деятельности на базе специализированной социальной сети. Представлена концепция единого академического информационного пространства, обеспечивающего комплексную информационную поддержку ученых и экспертов на протяжении всей творческой карьеры.

академическая деятельность, университет, автоматизация, специализированная социальная сеть, карьера, наука, образование.

В настоящий момент существует потребность в системе, осуществляющей комплексную информационную поддержку участников, занятых академической деятельностью на всех этапах творческой карьеры. Такая система уже по своей сути невозможна в рамках одного, пусть даже очень большого университета, и для ее реализации необходима новая идеология, учитывающая как современные реалии, так и изменения, возможные в будущем. Реализация подобной информационной системы может проходить по нескольким направлениям: разработка и внедрение отдельных внутри-университетских систем, с перспективой дальнейшей интеграции как с социальными сетями общего назначения, так и со специализированными академическими сетями, удовлетворяющими потребностям научных работников, преподавателей высшей школы, аспирантов, магистрантов и соискателей (рис. 1).

Построение единого академического информационного пространства возможно в случае выполнения главного условия – открытости системы, что требует унификации (а в дальнейшем и стандартизации) представления информации, возможности экспорта и импорта. Начав свой творческий путь в роли абитуриента вуза, выпускник бакалавриата может продолжить обучение в магистратуру в другом вузе, при этом вся необходимая информация будет импортирована в информационную систему или путем непосредственного межвузовского обмена, либо через академическую социальную сеть. При этом одной из важнейших задач, решаемых подобными системами, должна стать автоматическая односторонняя или двухсто-

ронная (многосторонняя) синхронизация данных между системами, в которых участвует пользователь.

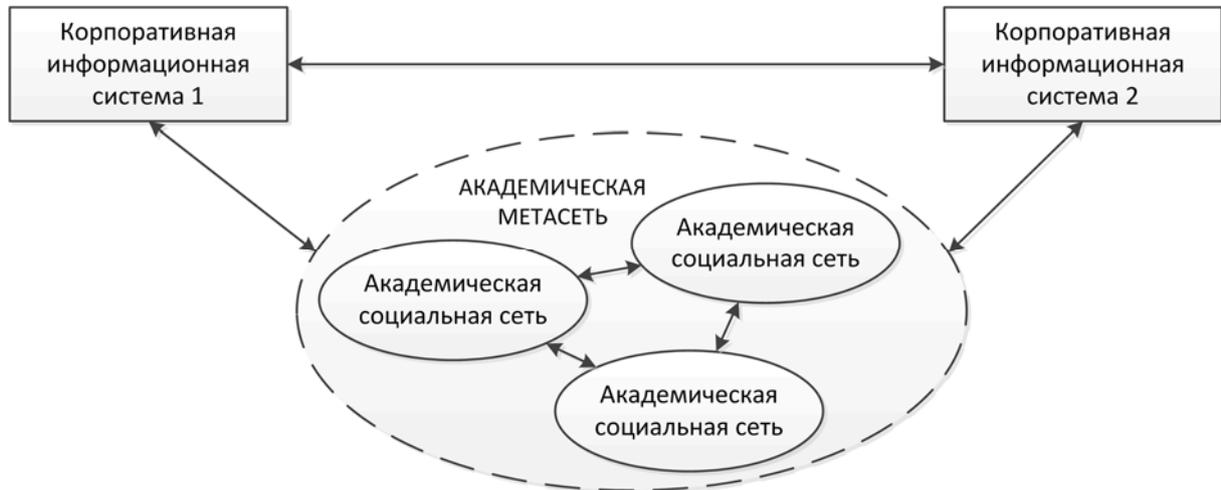


Рис. 1. Архитектура единого академического информационного пространства

Сотрудниками кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича была разработана автоматизированная система информационной поддержки научной деятельности [1]. Система реализует учет публикационной активности, обеспечивает управление информацией о структурных подразделениях университета и сотрудниках (рис. 2), которые обеспечены личными электронными кабинетами (рис. 3).



Рис. 2. Концептуальная модель предметной области

The image shows a web interface for searching participants and organizations. At the top, there are search bars for 'Поиск участников' and 'Поиск организации', both with 'Искать' buttons. Below, there are two columns of results.

78 Участники (Participants):

- Andreeva Ksenia Aleksandrovna
- Antsev G. V.
- Bezzateev Sergey
- etrangero2 etrangero2 etrangero2
- Gerges M. S.
- Germer R.

12 Организации (Organizations):

- ООО "СЕВЗАПЭНЕРГОСТРОЙ ХОЛДИНГ" [ООО "СЕВЗАПЭНЕРГОСТРОЙ ХОЛДИНГ"] Санкт-Петербург
- СПб(ГУТ)) Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича [СПбГУТ] The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg University of Telecommunications
- ИСТ-441м
- Saint-Petersburg State Polytechnical University [SPbPU]

The detailed view of the organization **СПбГУТ** (Saint-Petersburg State University of Telecommunications) is shown below, with red boxes highlighting specific elements:

- Organization Name:** Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
- Buttons:** Send Message, To Favorites, AddToFriends
- Navigation:** О Нас, Структура (highlighted)
- Activity:** Деятельность (Activity) section with text about the university's history and quality of education.
- Structure:** A tree view showing the organizational structure:
 - СПбГУТ
 - ФЭУ
 - ВиЗО
 - РТС
 - ГФ
 - ИСиТ
 - ИКСС
 - ФФП
 - ПКиПИК
 - ИВО

Рис. 3. Информационный профиль структурного подразделения

При разработке системы были использованы новейшие методологии и технологии разработки программных приложений, в частности, разработка на основе модели предметной области (DDD – *Domain Driven Design*) [2]. Приложение написано на языке C# в рамках технологии ASP.NET. В качестве сервера баз данных использован MS SQL Server, объектно-реляционное преобразование реализовано на базе платформы ADO.NET Entity Framework. При создании пользовательских интерфейсов была использована технология AJAX.

Особенностью разработанной системы является ее построение по принципу специализированной общедоступной социальной сети, что не является типичным подходом при создании корпоративных информационных систем. Основной принцип системы заключается в максимальном самообслуживании: информацию заносят лица, которые имеют к ней самое непосредственное отношение и заинтересованность в ее размещении в системе. При этом информация об объекте заносится только один раз, что гарантирует исключение ее искажения. Сейчас ведутся работы по реализации механизма подтверждения информации. Другой особенностью информационных академических систем является необходимость обеспечения возможности интеграции и информационного обмена с автоматизированными системами управления высшим учебным заведением (управление кадрами, экономикой, закупками [3] и т. д.).

Распределенная информационно-аналитическая система комплексной автоматизации академической деятельности обеспечит:

- сведение к минимуму рутинных бюрократических процедур, которые в настоящее время отнимают большую часть времени у научных работников и высококвалифицированных специалистов;
- прозрачность процессов, происходящих в научной сфере, интегрированную информацию о кадровом потенциале, автоматизацию формирования команд исполнителей для решения конкретных задач;
- автоматизацию вычисления рейтингов отдельных исследователей, творческих коллективов, структурных подразделений и организаций;
- автоматизацию и унификацию процессов учета объектов интеллектуальной собственности;
- усиление междисциплинарных связей.

Список используемых источников

1. Сайт проекта Education Job International Keeper (EJ-IK). – URL: www.ej-ik.com (Дата обращения 09.04.2015).
2. **Предметно-ориентированное проектирование (DDD)**. Структуризация сложных программных систем / Э. Эванс. – М. : Вильямс, 2010. – 444 с. – ISBN 978-5-8459-1597-9.
3. **Автоматизированная система управления и мониторинга в сфере закупок на основе комплексных моделей** / С. В. Акимов, Г. В. Верхова, К. В. Белоус // Телекоммуникации. – 2013. – № 7. – С. 39–48.

УДК 658.513

С. В. Акимов, Г. В. Верхова, С. Е. Прусакова

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАДАНИЯМИ**

В статье представлены результаты проектирования системы управления производственными заданиями, которая реализована в виде программного модуля, допускающего интеграцию в корпоративную производственную систему. Система служит для автоматизации процесса назначения производственных заданий, их маршрутизации и диспетчеризации, решает проблемы неумышленной потери данных, равномерной загрузки кадров и координации работы групп исполнителей.

автоматизация производственных процессов, маршрутизация заданий, электронный документооборот, делопроизводство, корпоративная информационная система

Одной из главных проблем компаний и предприятий является непрозрачность структуры назначения заданий и управления ими. Руководство, контактируя с подчиненными, не может «опуститься» на уровень бизнес-процессов каждого отдела. Коммуникационные процессы часто не формализованы, что вызывает трудности при ответе на вопросы: «какая задача стоит?», «кто ответственный за исполнение?», «кто выполняет эту задачу?». Для решения этой проблемы необходима система автоматизации управления производственными заданиями, которая помогает ответить на поставленные вопросы и решает проблему равномерного распределения кадровых и производственных ресурсов. Ключевые особенности системы представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Особенности системы управления заданиями

Ключевые особенности	Пояснения
Простота в использовании	Для того чтобы в системе появилась новая задача пользователю необходимо заполнить небольшую форму, которая содержит: тему задания, комментарий, исполнителя, крайний срок до которого необходимо выполнить задание и сопровождающую документацию (по необходимости).
Дружественный, интуитивно понятный интерфейс пользователя	Система не перегружена большим количеством функций, что позволит пользователям быстро ориентироваться в имеющихся полях.
Механизм маршрутизации производственных заданий, путем назначе-	В крупных фирмах, сотруднику, который формирует задание, практически невозможно сразу назначить исполняющего, но он может определить ответственное лицо,

Ключевые особенности	Пояснения
ния исполнителя	т.е. начальника отдела. В свою очередь начальник отдела перенаправит это задание на своего подчиненного.
Отслеживание контрольных сроков	В системе предусмотрена визуализация заданий и соответствующих им сроков с помощью календаря для каждого сотрудника. А также цветовой индикатор в поле каждого задания, отображающий приближение к сроку сдачи.
Возможность интеграции в корпоративную информационную систему верхнего уровня	Позволяет выступать системе заданий– как модуль общей корпоративной системы. Используя интерфейс прикладного программирования, программа заимствует имеющиеся функции авторизации, данные о сотрудниках и систему документооборота

Инструменты управления заданиями позволяют руководителям контролировать своевременное исполнение задач в подразделении, а подчиненным – не допускать нарушений. Система помогает сотруднику учитывать время, отведенное на конкретную задачу и планировать рабочий процесс.

В системе используется ролевая модель. Выделены следующие роли: администратора и сотрудника. Диаграмма вариантов использования системы изображена на рисунке 1. Следует отметить, что система использует функциональность системы верхнего уровня, в которую интегрируется система управления производственными заданиями, для реализации вариантов использования авторизации и администрирования (на рис. 1 данные прецеденты выделены серым цветом).

Функции сотрудника целиком связаны с управлением и мониторингом производственных заданий:

- создание нового задания;
- просмотреть назначенные задания, комментарии, сроки и сопутствующую документацию;
- изменить статус задания или перенаправить задание другому сотруднику;
- просмотреть информацию о сотруднике (личные данные сотрудника и текущие задания, находящиеся в разработке).

Жизненный цикл задания по обработке входящего документа отображен на рисунке 2. В отдел канцелярии поступает письмо, если это бумажный носитель, то письмо сканируется и как положено ему присваивают идентификатор входящих писем. По содержанию письма сотрудник отдела кадров формирует задание: тема или название задания, комментарий, прикрепляет документ – входящее письмо, дата создания задания, крайний срок до которого это задание должно быть выполнено и назначает сотрудника. Так как сотрудник канцелярии не знает, кто будет исполнителем поступившего задания. В таком случае он отправляет это письмо начальнику

отдела. Начальник, получив задание, перенаправляет его своему подчиненному, который наиболее компетентен в этом вопросе или наименее занят, назначая собственный срок, который наступает раньше, чем срок, назначенный в отделе канцелярии. Сотрудник выполняет задание, формирует отчет и изменяет статус задания (готово). Начальник отдела видит, что статус задания поменялся, просматривает отчет. Если у него есть замечания, то задание отправляется на доработку и формируется новый отчет, если нет, то начальник отдела может написать сопроводительное письмо, которое будет прикреплено к сопроводительной документации задания. Готово задание поступает в отдел канцелярии, где сотрудник формирует исходящую документацию и отправляет отчет. Вся информация о прохождении «маршрута» заданиям сохраняется и может быть отслежена.

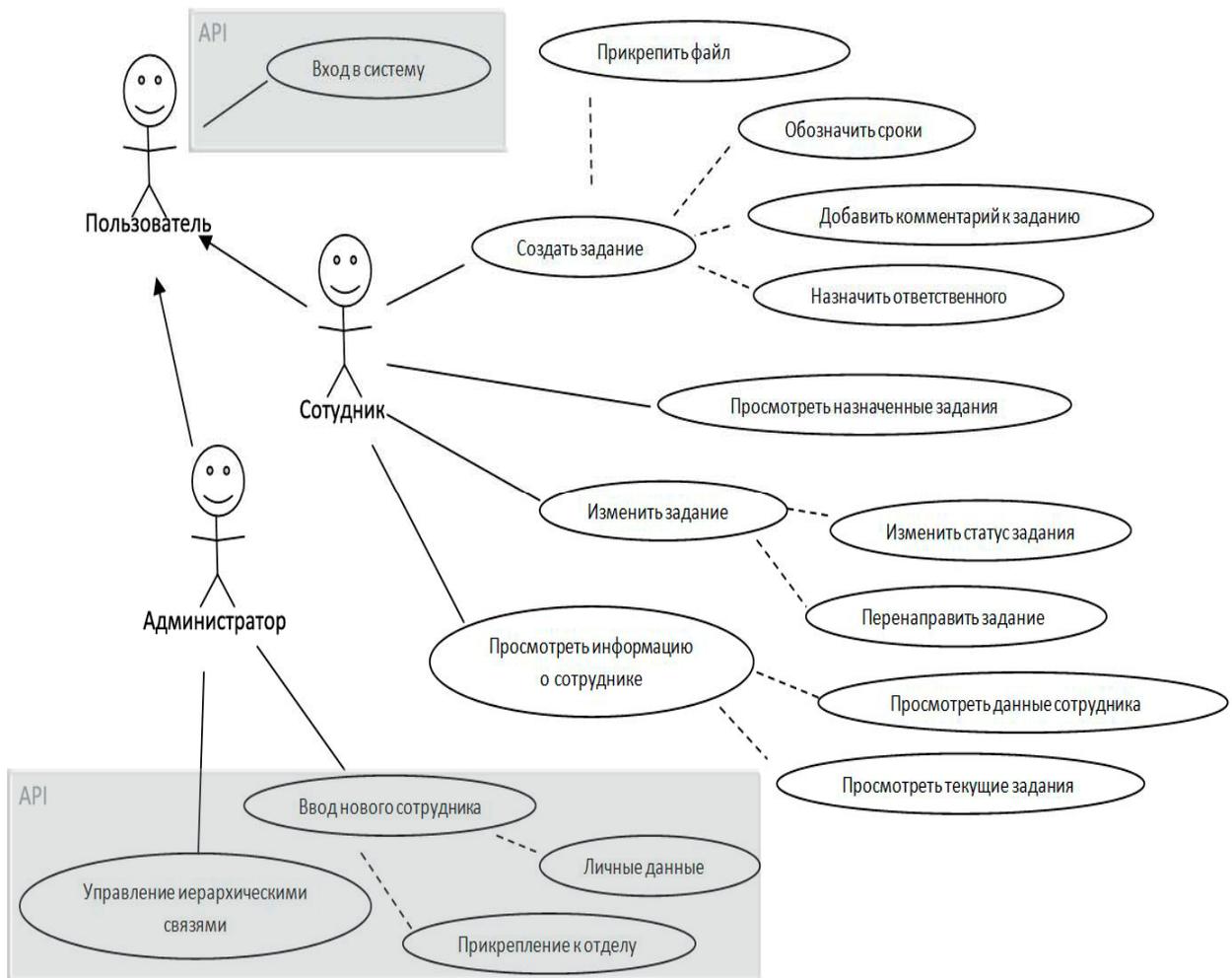


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы управления заданиями

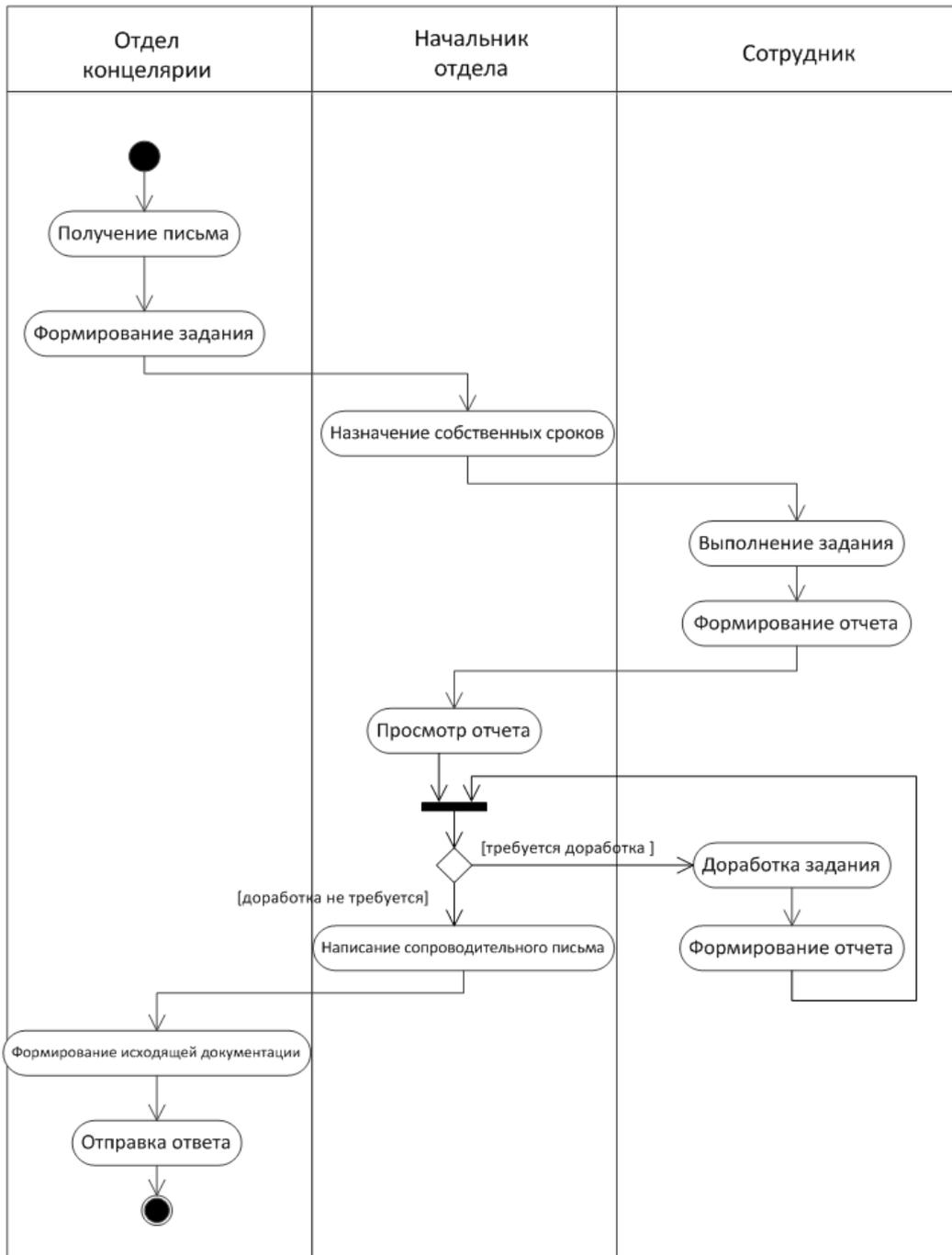


Рис. 2 Жизненный цикл здания

При реализации системы используется технология объектно-ориентированного программирования [1, 2]. Объектная модель управления заданиями представлена на рисунке 3. Из модели видно, что центрально место занимает задание, которое находится в соотношении один ко многим с маршрутами и документами. Таким образом, задание может пройти достаточно долгий путь пока не будет выполнено. И может иметь множество или не иметь вообще сопроводительной документации различных типов.

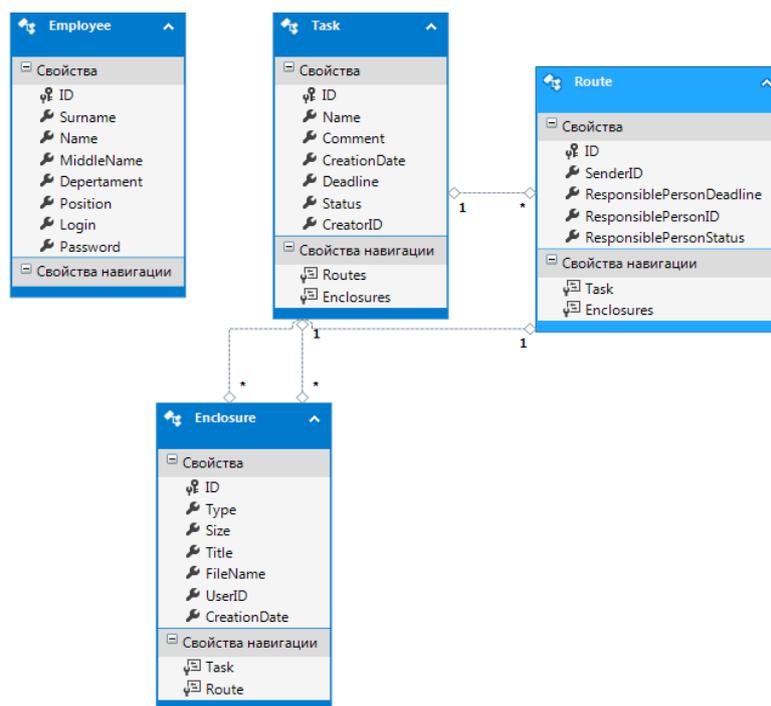


Рис. 3. Объектная модель системы.

Внедрение системы автоматизации управления производственными заданиями обеспечит:

- прозрачность процесса назначения и выполнения заданий ответственным лицам и исполнителям;
- мониторинг загрузки кадров;
- исключение неумышленной потери данных;
- координацию работы групп исполнителей;
- сокращение объема бумажного документооборота, как следствие сокращение материальных затрат предприятия и обеспечение быстрого доступа к необходимой документации.

Список используемых источников

1. **Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования.** Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку / К. Ларман; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2013. – 736 с. – ISBN 978-5-8459-1185, 0-13-148906-2.
2. **Архитектура корпоративных программных приложений** / М. Фаулер. – М. : Вильямс, 2007. – 554 с. – ISBN 5-8459-0579-6, 0-321-12742-0.

УДК 004.7:004.422.8

А. В. Алексеев, Л. К. Птицына

**ПОСТРОЕНИЕ РАСШИРЕННОЙ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ
ПРОЦЕССОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЯ УГРОЗ**

Обосновывается актуальность разработки базовой расширенной объектно-ориентированной модели комплексных систем защиты информации. Описываются различные контексты предназначения модели. Представляется концептуальная основа генерации формального описания модели. Предлагаются две формы описания новой модели. Первая форма раскрывается в виде графа из класса диаграмм деятельности. Вторая форма базируется на матричном описании. Определяются динамические характеристики комплексных систем защиты информации.

информационная безопасность, угроза, защита информации, модель, объектно-ориентированное проектирование, показатели качества, анализ.

При использовании безопасных информационных технологий в сложных корпоративных сетях и необходимости обеспечения высокого качества сервисов анализируются возможности комплексных систем защиты информации. Расширением функциональных спецификаций информационных инфраструктур обуславливается объективная необходимость развития комплексных систем защиты информации. Комплексные системы защиты информации создаются согласно техническим рекомендациям, представляющим фиксированные классы защищённости. Для соблюдения гарантий качества функционирования комплексных систем защиты информации требуется соответствующий модельно-аналитический интеллект, определяющий математическое и программное обеспечение их интеллектуального сегмента [1]. Профилированные различия фиксированных классов защищённости являются объективной причиной многообразия модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации. Раскрытые в [2] методологические приёмы формирования модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации распространяются на третий класс защищённости. Однако при полной функциональной спецификации комплексных систем защиты информации остаются открытыми математические аспекты определения их модельно-аналитического интеллекта. В связи с этим возникает необходимость разработки и анализа нового математического и программного обеспечения интеллектуального сегмента комплексных систем защиты информации.

Согласно методологической канве разработки модельно-аналитического интеллекта, предложенной в [3], его жизненный цикл начинается с разработки базовой расширенной объектно-ориентированной модели.

Базовая модель обнаружения и отражения угроз строится для обобщенного поля угроз, в котором сочетаются все виды возможных воздействий на комплекс средств защиты информации. Модель предназначена для определения динамических характеристик комплексных систем защиты информации, позволяющих, с одной стороны, проводить сравнительный анализ альтернативных архитектурных решений в их организации, а, с другой стороны, сформировать модельно-аналитический интеллект для мониторинга качества их функционирования в целях соблюдения необходимых для профессиональной деятельности гарантий. В качестве динамических характеристик выбираются показатели, которые определяются в результате анализа базовой модели через плотности распределения вероятностей дискретных времён обнаружения и отражения угроз [1].

Представляемый подход к разработке базовой расширенной объектно-ориентированной модели комплексной системы защиты информации касается класса защищенности 2А, поскольку, начиная с этого класса, начинается подключение средств из базиса полной функциональности.

При разработке модели считается, что угроза может обнаруживаться различными механизмами безопасности, реализованными в подсистемах защиты информации, которые работают либо последовательно, либо параллельно при многообразии функциональных спецификаций решающих правил.

В соответствии с требованиями руководящих документов для автоматизированных систем класса защищенности 2А выделяются следующие подсистемы защиты информации: подсистема управления доступом, подсистема регистрации и учета, криптографическая подсистема и подсистема обеспечения целостности данных.

В развёртке процесса функционирования комплексной системы защиты информации учитывается параллельная работа подсистемы управления доступом и подсистемы обеспечения целостности.

Для подсистемы управления доступом определяются следующие решающие состояния: угроза не обнаружена и не отражена; угроза не обнаружена и отражена; угроза обнаружена и отражена.

Согласно функциональной спецификации подсистема управления доступом и подсистема регистрации и учёта объединяются по последовательной схеме.

Подсистемой регистрации и учёта принимаются следующие решения: угроза обнаружена; угроза не обнаружена.

Криптографическая подсистема также последовательно интегрируется с подсистемой управления доступом. В базовой модели криптографическая подсистема представляется двумя последовательными процессами:

- шифрование конфиденциальной информации,
- использование сертифицированных криптографических средств.

Реакция на угрозу фиксируется в том случае, если воздействие угрозы обнаруживается хотя бы одной из подсистем. На рисунке 1 демонстрируется схема сопряжения результатов работы подсистемы управления доступом, криптографической подсистемы и подсистемы регистрации и учета.

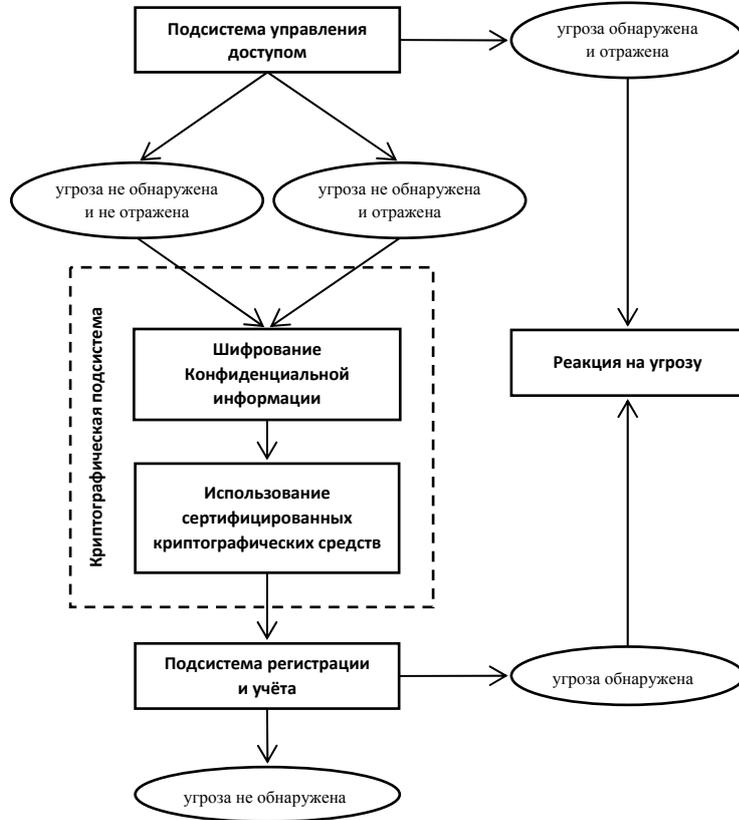


Рис. 1. Решения подсистемы управления доступом, криптографической подсистемы и подсистемы регистрации и учета

Каждый из подпроцессов в составе криптографической системы может либо выполняться, либо не выполняться. Подобное обстоятельство отражается соответствующими вероятностями переходов на графе модели. Подсистемой обеспечения целостности данных принимаются следующие решения: угроза не обнаружена и не отражена; угроза обнаружена и не отражена; угроза обнаружена и отражена. На рисунке 2 показывается схема принимаемых решений. При моделировании считается, что каждый процесс описывается плотностью вероятностей времени его выполнения. Для определения указанной характеристики могут применяться методы, раскрытые в [1]. Поглощающие состояния модели процессов обнаружения и отражения угроз системой защиты информации связываются с итоговыми решениями: активное обнаружение и отражение угрозы; пассивное обнаружение и отражение угрозы; активное обнаружение и неотражение угрозы; пассивное обнаружение и неотражение угрозы; необнаружение и неотражение угрозы. Построенная в соответствии с описанными прин-

ципами и концепцией объектно-ориентированного моделирования базовая расширенная модель приводится на рисунке 3. Разработанная базовая расширенная объектно-ориентированная модель является логической канвой для формирования модельно-аналитического интеллекта комплексных систем защиты информации по классу 2А.



Рис. 2. Схема функционирования подсистемы обеспечения целостности данных

Научная значимость представленной разработки заключается в расширении модельного пространства комплексных систем защиты информации. Практическая значимость определяется обеспечением возможности отображения архитектурных особенностей, действующих и разрабатываемых комплексных систем защиты информации.

Список используемых источников

1. **Генерация** системно-аналитического ядра безопасных информационных технологий / А. В. Птицын, Л. К. Птицына. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 263 с. – ISBN 978-5-7422-3143-1.
2. **Программное** обеспечение компьютерных сетей. Разработка программного обеспечения в базе функций библиотеки MPI для оценки динамических характеристик параллельных программ: учебн. пособие / Л. К. Птицына, Е. В. Дорофеева. – СПб.: Изд-во Политехн. университета, 2006. – 248 с. – ISBN 5-7422-1352-2.
3. **Аналитическое** моделирование комплексных систем защиты информации / А. В. Птицын, Л. К. Птицына. – Гамбург, Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 293 с. – ISBN 978-3-659-23299-2.

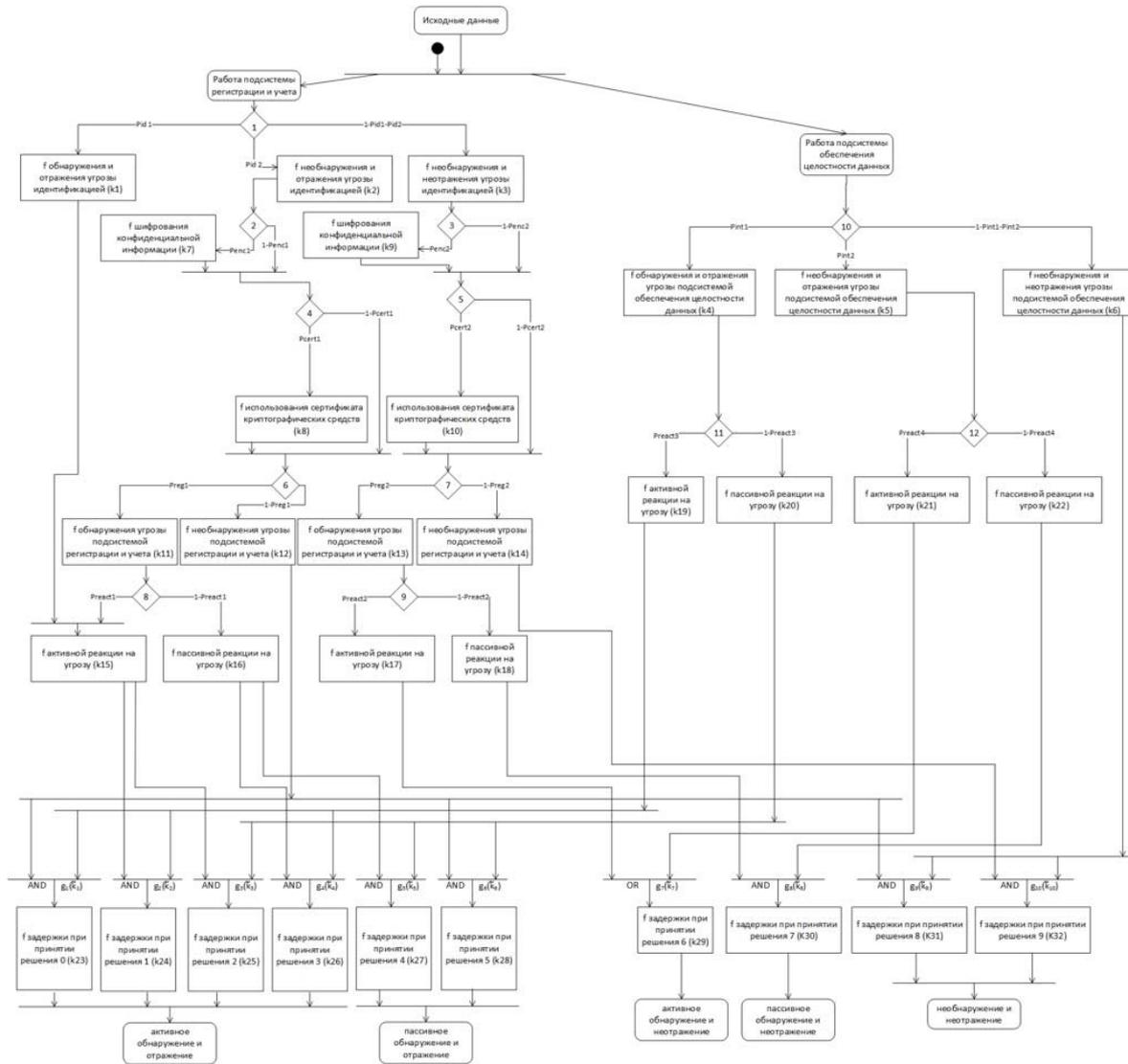


Рис. 3. Расширенная объектно-ориентированная модель

УДК 616-006.04; 517-929

Л. М. Баскин, Г. М. Жаринов

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ПРИ УЧЕТЕ ЭФФЕКТОВ ЗАПАЗДЫВАНИЯ

Показано, что учет нелинейной зависимости скорости роста и распада раковых клеток от объема опухоли, а также учет эффекта запаздывания в генерации и распаде может приводить к качественному изменению поведения системы, резкому изменению характерных времен роста опухоли, а при определенных условиях ее стабилизации или даже уничтожению.

рост опухолей, дифференциально – разностные уравнения, нелинейность.

В настоящее время считается доказанным, что скорость роста числа злокачественных *клеток* опухоли определяется балансом между скоростью их генерации и гибели [1]–[3]. В работах [1, 2] скорость роста опухоли определялась как результат наложения двух процессов – пролиферации новообразования и клеточных потерь. В [1] рассматривалась опухоль в форме сферы, в которой интегральная интенсивность процессов размножения и распада определялась, соответственно, соотношениями

$$\Lambda_{1,2}(R) = \int_0^R r^2 \alpha_{1,2}(r) dr, \quad (1)$$

где R – зависящий от времени радиус опухоли, Λ_1, Λ_2 – интегральная скорость пролиферации и потерь в опухоли, α_1, α_2 – интенсивность процесса размножения и гибели клеток, зависящая от расстояния до центра опухоли. Интегрирование проводится по радиусу сферической опухоли. В результате для скорости изменения радиуса опухоли в [1] получено соотношение

$$\frac{dR}{dt} = \frac{1}{R^2} \int_0^R r^2 (\alpha_1(r) - \alpha_2(r)) dr. \quad (2)$$

Выбирая различные выражения для интенсивностей α_1, α_2 , авторы определили зависимость $R(t)$, а затем и объема опухоли от времени.

Отметим, что предложенная модель справедлива только для сферически симметричной опухоли и весьма чувствительна к выбору зависимости $\alpha_{1,2}(r)$. Любое отклонение формы опухоли от сферической или отличие закона распределения $\alpha_1(r)$ от предложенного, будет нарушать линейность уравнения, и изменять закон роста.

В анализируемых моделях имеется еще одно неявное предположение. Подразумевается, что скорость изменения радиуса (и объема) опухоли в момент времени t определяется радиусом (и объемом) в этот же момент времени. На самом деле, данное предположение не выполняется. Очевидно, что скорость изменения объема в момент t определяется свойствами системы в более ранний момент времени, что обусловлено конечным временем реакции системы. При этом времена запаздывания τ_1, τ_2 для роста и распада в общем случае различны. Таким образом, уравнение, описывающее динамику изменения объема опухоли, должно относиться к классу дифференциально-разностных уравнений. По-видимому, численные значения τ_1, τ_2 не превосходят несколько суток [3]. Тем не менее, учет запаздывания может существенно изменить поведение системы на временах существенно превышающих τ_1, τ_2 [4]–[6].

Влияние нелинейности на скорость роста объема опухоли

В рамках предлагаемой модели для относительного изменения объема $v = V/V_0$ справедливо уравнение

$$\frac{\partial v(t)}{\partial t} = G(v(t - \tau_1)) - R(v(t - \tau_2)), \quad (3)$$

где G, R – скорость генерации и распада, соответственно, V_0 – начальный объем опухоли.

Предполагая аналитичность функций G и R , их можно разложить в ряд Тейлора, причем членов, независимых от v , в разложении не будет, так как в отсутствие злокачественных клеток процессы генерации и распада отсутствуют. Тогда уравнение (3) приобретет вид

$$\frac{dv(t)}{dt} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\partial^k G}{\partial v^k} \Big|_{v=0} \cdot v(t - \tau_1)^k - \frac{\partial^k R}{\partial v^k} \Big|_{v=0} \cdot v(t - \tau_2)^k. \quad (4)$$

Если ограничиться в разложении членами только первого порядка, то в отсутствие запаздывания поведение решения уравнения (2) тривиально: при $\partial G/\partial n > \partial R/\partial n$ происходит экспоненциальный рост величины $n(t)$, а при выполнении обратного неравенства экспоненциальное стремление $n(t)$ к нулю. Учет старших членов разложения и запаздывания дает гораздо больше типов поведения. В настоящей работе мы ограничимся учетом только линейных и квадратичных членов.

В первую очередь, рассмотрим случай отсутствия запаздывания. В этом случае решение уравнения (4) имеет вид

$$v(t) = \frac{\alpha}{(\alpha + \beta)e^{-\alpha t} - \beta}, \quad \alpha = \left(\frac{\partial G}{\partial n} - \frac{\partial R}{\partial n} \right) \Big|_{v=0}, \quad \beta = \left(\frac{\partial^2 G}{\partial n^2} - \frac{\partial^2 R}{\partial n^2} \right) \Big|_{v=0}. \quad (5)$$

Поведение решений (5) резко отличается от случая линейного приближения и зависит от соотношения величин α и β .

1. При $\alpha > 0, \beta > 0$ за конечное время $t_{\infty} = \alpha^{-1} \ln(1 + \alpha/\beta)$ величина $v(t) \rightarrow \infty$ – происходит «взрывной» рост объема опухоли.

2. При $\alpha > 0, \beta < 0$. В этом случае на больших временах $v(t) \rightarrow \alpha/\beta$ – объем стабилизируется.

3. При $\alpha < 0, \beta > 0$. Если $|\alpha| > \beta$, то величина $v(t)$ со временем стремится к нулю. При $|\alpha| < \beta$ происходит взрывной рост $v(t)$ в момент $t_{\infty} = |\alpha|^{-1} \ln(\beta/(\beta - |\alpha|))$.

4. При $\alpha < 0, \beta < 0$ происходит затухание $v(t)$ к нулевому значению.

Обратим внимание на то, что все вышесказанное можно применить не ко всей опухоли, а лишь к ее малой части с начальным объемом dV_0 . Если коэффициенты α и β различны для различных частей опухоли, то суммарный ее объем элементарно вычисляется путем интегрирования (5) по всему начальному объему. Причины, по которым эти коэффициенты зависят от положения элементарного объема могут быть связаны, например, с изменением кровоснабжения в различных частях опухоли. Обратим внимание на то, что в соседних областях опухоли возможны различные *типы* роста при малом изменении значений коэффициентов α, β . Это будет приводить к сильному изменению геометрии опухоли с течением времени.

Влияние запаздывания на скорость роста объема опухоли

Рассмотрим, теперь, влияние эффектов запаздывания на изменение объема. Разлагая правую часть уравнения (3) в ряд и ограничиваясь двумя членами разложения, получим

$$\frac{dv(t)}{dt} = [g_1 \cdot v(t - \tau_1) + g_2 \cdot v(t - \tau_1)^2] - [r_1 \cdot v(t - \tau_2) + r_2 \cdot v(t - \tau_2)^2]. \quad (6)$$

Для дифференциально-разностных уравнений необходимо задавать начальные значения на интервале $t \in [-\max(\tau_1, \tau_2), 0]$. Анализ показал, что поведение решения при малых τ_1 и τ_2 в значительной степени определяется средним значением начальных значений на этом интервале.

Рассмотрим, прежде всего, простейший линейный случай ($g_2 = r_2 = 0$). Даже в этом случае аналитическое решение исключительно громоздко. Поэтому приведем результаты численных расчетов (рис. 1). Все расчеты проведены для случая $g_1 = 1; r_1 = 0,99$, что в пределе $\tau_1 = \tau_2 = 0$ соответствует (5) с $\alpha = 0,01; \beta = 0$. При этих значениях параметров в отсутствие запаздывания имеет место экспоненциальный рост объема и, соответственно, количества злокачественных клеток. За время $t = 350$ их количество увеличивается в 40 раз (рис. 1, а). Учет времени τ_1 запаздывания генерации злокачественных клеток резко уменьшает скорость роста (рис. 1, б). Отметим, что такое влияние обнаруживается на временах $t \sim 1000$, существенно превосходящих время запаздывания $\tau_1 \approx 1$.

Запаздывание в скорости распада в рамках данной простейшей модели приводит к противоположному результату. Учет τ_2 вызывает переход к взрывному росту концентрации. Так, при $\tau_2 = 1$ вместо достаточно медленного экспоненциального роста наступает взрыв количества – при $t \sim 50$ эта величина стремится к бесконечности (рис. 1, в). При $\tau_1 = \tau_2 = 1$ зависимость $v(t)$ подобна случаю $\tau_1 = \tau_2 = 0$ (рис. 1, г).

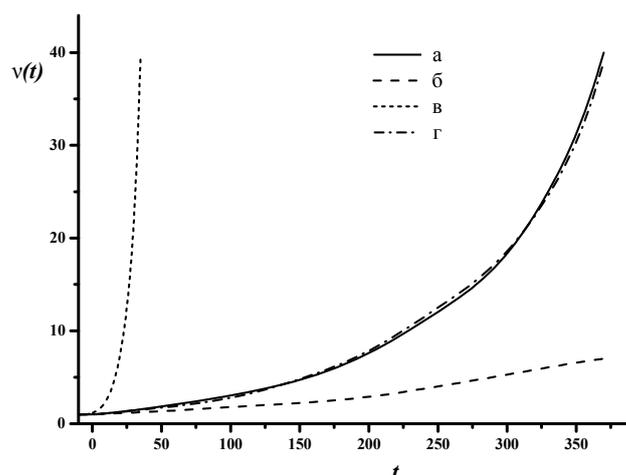


Рис. 1. Относительное изменение объема для линейного случая с учетом запаздывания:
 а) $\tau_1 = 0, \tau_2 = 0$; б) $\tau_1 = 1, \tau_2 = 0$; в) $\tau_1 = 0, \tau_2 = 1$; г) $\tau_1 = 1, \tau_2 = 1$.

Аналогичные результаты получены нами и для нелинейного случая. Ниже приведены результаты расчета для нелинейного уравнения (6) с численными значениями $g_1 = 1; r_1 = 0,99; g_2 = 0,2; r_2 = 0,201$. В пределе $\tau_1 = \tau_2 = 0$ вышеприведенное уравнение переходит в (3) с $\alpha = 0,01$ и $\beta = -0,001$. При $\tau_1 = \tau_2 = 0$ рост объема происходит по логистическому закону. Учет запаздывания $\tau_1 = 1$ вызывает резкое замедление скорости роста, а учет $\tau_2 = 0,5$ к взрывному росту.

Выводы

1. Учет квадратичных членов приводит к коренному изменению скорости роста количества злокачественных клеток. Возможны четыре варианта поведения – взрывной рост за конечное время, рост с выходом на насыщение, спад к ненулевому уровню, спад к нулю.

2. Учет времен запаздывания также приводит к существенному изменению скорости. При этом увеличение времени генерации клеток приводит к резкому уменьшению скорости роста опухоли. Даже небольшое увеличение сроков гибели злокачественных клеток вызывает взрывной рост их количества. Таким образом, изменяя время гибели и время генерации опухолевых клеток, можно существенно влиять на скорость роста опухоли.

3. Небольшие флуктуации значений коэффициентов по объему опухоли с течением времени неизбежно сделают структуру новообразования резко неоднородной.

Список используемых источников

1. Упрощенная модель роста солидной опухоли / Р. Э. Гут, Г. М. Жаринов, В. А. Нарбаев, Э. Якубов // Вопросы онкологии. – 2011. – Т. 57, № 1. – С. 63–66.
2. Упрощенная модель кинетики популяции опухолевых клеток / Р. Э. Гут, Г. М. Жаринов, Э. Якубов // Вопросы онкологии. – 2009. – Т. 55, № 1. – С. 83–88.
3. **Mathematical** models of a vascular tumor growth / T. Roose, S. J. Chapman, P. K. Moini // SIAM Review. – 2007. – Vol. 49. – P. 179–208.
4. **Differential-Difference** Equations / R. Bellman, K. L. Cook. – NY, London : Academic Press, 1963 – 480 p.
5. **Oscillation** Theory of Delay Differential Equations / I. Giöri, G. Ladas. – London: Clarendon Press, 1991 – 378 p.
6. **Delay** Differential Equations Recent Advances and New Directions / B. Balachandran, T. Kalmár-Nagy, D. E. Gilsinn (Editors). – Springer, 2009 – 341 p.

УДК 519.7

М. П. Белов, О. И. Золотов

СТРУКТУРЫ КАК ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ В КИБЕРНЕТИКЕ

Управленческая парадигма Мира, выдвинутая в трудах А. Г. Бутковского, открыла возможность распространения кибернетического принципа управления на структуры (объекты) неживой природы, изучаемые современной физикой.

кибернетика, система управления, парадигма.

Абстрактная теория структурных схем и блоков позволяет осуществить принципиальный шаг – перейти от формализма замкнутой системы управления состоянием к формализму замкнутой системы управления структурой. Обобщение на абстрактное описание всех входящих в систему блоков – блоков произвольной природы – открывает возможность аналитического исследования аспектов, связанных с управленческой парадигмой Мира [1].

Вначале представим блок-схему замкнутой системы управления структурой (рис.). Эта схема включает в себя следующие объекты. Оператор L_0 – оператор порождаемого природой внешнего управляющего воздействия – идеальная (эталонная) задающая структура, выражающая закон природы (уставка); L – оператор управляемой реальной структуры; E – оператор сигнала разности структур L_0 и L – ошибки регулирования, иначе – отклонения реальной структуры от идеальной (эталонной). Эта ошибка воспринимается создаваемой природой компенсирующей (управляющей) структурой или иначе – оператором обратной связи R_y , который, в свою очередь, вырабатывает структуру управляющего сигнала – опера-

тор U . Этот сигнал поступает на вход обобщённого аналога объекта управления – некоторой гипотетической структуры, представленной блоком R_0 . Его выход – оператор L_1 , суммируясь с оператором внешнего возмущающего воздействия L_6 , образует оператор управляемой структуры L – оператор реального (наблюдаемого) закона природы. Действие управляющего сигнала – оператора U направлено на уничтожение ошибки регулирования, точнее – на уменьшение нормы оператора E .

Выведем уравнение, связывающее означенные операторы.

Очевидно,

$$U = R_y E, \quad L_1 = R_0 U, \tag{1}$$

$$E = L_0 - L, \tag{2}$$

$$L_1 + L_6 = L. \tag{3}$$

Исключая из соотношений (1)–(3) операторы L_1, U и E , приходим к символическому (операторному) уравнению замкнутой системы управления структурой

$$R_0 R_y (L_0 - L) + L_6 = L. \tag{4}$$

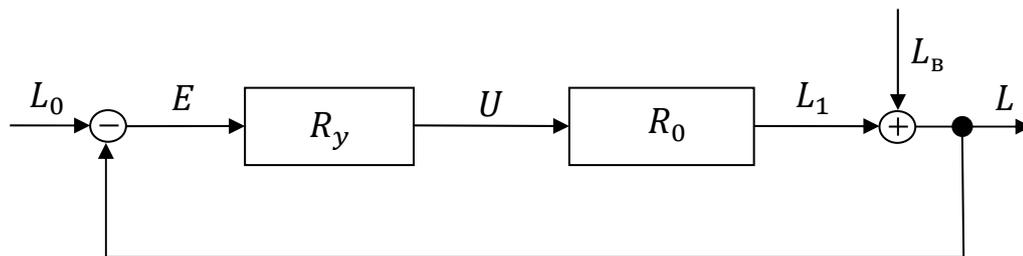


Рисунок. Блок-схема замкнутой системы управления структурой

Несмотря на внешнюю идентичность схем рисунка (см. выше) и рисунка 1 п. 2.7 в книге [2] и формализма описывающих их соотношений, мы тем не менее, пришли к нетривиальному обобщению классической системы автоматического управления, т. е. обобщению, содержащему новые качества.

Перечислим основные. Во-первых, данное обобщение позволяет рассматривать модели трансляции по каналам связей не только состояний, но и структур. Во-вторых, в обобщение (4) могут входить и неперестановочные между собой объекты – некоммутирующие структуры. В-третьих, объекты в (4) могут принадлежать, вообще говоря, разным по природе пространствам операторов (в предположении, что все операции в (4) и далее сохраняют при этом смысл). В-четвёртых, такая широта позволяет рассматривать механизмы сохранения практически любых структур, включая структуры фундаментальных законов физики. В-пятых, данное обобщение, рассматриваемое по отношению к своему классическому прототипу, в свою очередь (наряду с другими аспектами, освещёнными в книгах [3, 4]), с ещё одной, аналитической, стороны иллюстрирует переход

от управления состояниями к управлению структурами, и в не меньшей степени – проникновение концепций теории управления в теоретическую физику.

В частности, при L_0 не изменяющемся во времени, получаем схемное и аналитическое описание системы автоматической стабилизации структуры. Вспоминая одновременно словесную формулировку управленческой парадигмы Мира, заключаем, что в указанном важнейшем для нас классе случаев блок-схема рисунка и уравнение (4) суть не что иное, как блок-схема и аналитическое представление управленческой парадигмы Мира.

Разрешая, далее, уравнение (4) относительно L, E и R_y , получаем соответственно:

$$L = (I + R_0 R_y)^{-1} R_0 R_y L_0 + (I + R_0 R_y)^{-1} L_e, \quad (5)$$

$$E = (I + R_0 R_y)^{-1} L_0 - (I + R_0 R_y)^{-1} L_e \quad (6)$$

и

$$R_y = R_0^{-1} (L_0 - L_e - E) E^{-1}. \quad (7)$$

Уравнения (5) и (6) содержат четыре оператора связей по соответствующим каналам. Например,

$$(I + R_0 R_y)^{-1} R_0 R_y \quad (8)$$

– оператор связи по каналу от L_0 к L , и т. д.

Уравнение (7) показывает связь структуры управляющей обратной связи R_y со структурой ошибки E при известных L_0, L_e и R_0 . Если заранее задать E , то (7) покажет, какой для достижения этой ошибки потребуется оператор обратной связи R_y .

Вместе с тем, заметим, что конкретизация символического (абстрактного) выражения (7) может потребовать дополнительного исследования.

Из (7), далее с учётом (2) имеем

$$R_0^{-1} (L - L_e) = R_y E, \quad (9)$$

откуда

$$\|R_0^{-1} (L - L_e)\| = \|R_y E\|. \quad (10)$$

Тогда при весьма широких предположениях [1] должно выполняться неравенство

$$\|R_0^{-1} (L - L_e)\| \leq \|R_y\| \cdot \|E\|. \quad (11)$$

Отсюда следует, что уменьшение нормы $\|E\|$ возможно только за счёт возрастания нормы $\|R_y\|$. Даже оставляя в стороне вопрос о том, как природа справляется с проблемой устойчивости, вызываемой ростом $\|R_y\|$ (аналогом роста коэффициента усиления регулятора), приходим к заклю-

чению о невозможности достижения нормой $\|E\|$ идеального нуля – идеальной точности сохранения структуры. Действительно это означало бы достижение бесконечно большого значения нормы $\|R_y\|$, что невозможно, так как в реальном мире никакая физическая величина не принимает значение, равное бесконечности. Таким образом, структура ошибки E не может быть тождественно нулевой – вывод, который на основании других соображений указан в [1]. Одна из физических причин тождественной неаннулируемости E кроится, в стохастической природе ошибки регулирования, закономерностях соотношений неопределённостей. Другая физическая причина состоит в том, что скорость прохождения управляющего сигнала по каналу обратной связи не может, как понятно, превышать скорость света в вакууме. Это означает, что в реальности всегда имеется некоторое, хотя возможно и не большое, но принципиально никогда не нулевое запаздывание компенсации. Таким образом, всегда имеет место препятствие синхронному с отклонением парированию регулятором обратной связи этого отклонения и, следовательно, идеальному уничтожению последнего.

В связи со сказанным обратим ещё внимание на следующее.

Налицо глубокая аналогия между создаваемыми людьми способами автостабилизации состояний и механизмами сохранения структур в природе. Эта, открытая в [1], аналогия особенно поразительна, когда речь заходит о сохранении структур, представляющих собой фундаментальные законы физики. Опираясь на эту аналогию, мы построили представленный выше формализм. Но насколько далеко простирается сама эта аналогия?

Условимся любые характеристики, относящиеся к искусственным системам, помечать символом A . Совокупность искусственных систем будем называть множеством A . Все характеристики, относящиеся к естественным и при этом неживым системам, будем помечать символом B . Совокупность естественных систем будем называть множеством B .

В множестве A ошибка $[\Delta Q(t)]_A$ регулирования представляет собой отклонение реального состояния $Q_p(t)$ объекта (в данном случае – сосредоточенной системы) от заданного Q_u , т.е.

$$[\Delta Q(t)]_A = Q_p(t) - Q_u. \quad (12)$$

При этом само отклонение состояний (12) является движущим сигналом для созданной конструкторами системы автостабилизации, работающей на уничтожение этого отклонения.

В множестве B ошибка $[\Delta L(t)]_B$ регулирования представляет собой отклонение реальной структуры $L(t)$ объекта от эталонной или идеальной структуры L_0 , т. е.

$$[\Delta L(t)]_B = L(t) - L_0. \quad (13)$$

При этом само отклонение структур (13) служит движущим сигналом для созданной природой системы автостабилизации, т. е. для компенсиру-

ющего воздействия (поля, структуры), работающей на уничтожение этого отклонения.

Но, как известно, в множестве A в ряде случаев для достижения в каждый момент времени как можно меньшего отклонения (12) соответствующие системы автостабилизации состояния объекта конструируются так, чтобы управляющее воздействие оказывалось функцией не только величины и знака самого отклонения (12), но ещё его интегралов и производных.

Поступает ли таким же образом природа, уменьшая, например, аналогичным путём, насколько только возможно, значение в каждый момент времени некоторой нормы

$$J_B(t) = \|L(t) - L_0\|, \quad (14)$$

отражающей какой-то характерный показатель сохранения структуры? Конечно, в последнем случае речь должна идти о зависимости структуры управления от производных и интегралов структуры отклонения, т. е. об обобщении понятий производных и интегралов на операторы [1]. Всё это может быть включено в итоговый блок R_y .

Более того, не реализует ли природа оптимальное регулирование, создавая, например, такое компенсирующее воздействие в канале обратной связи, что

$$J_e(t) = \|L(t) - L_0\| = \min \quad (15)$$

в каждый момент времени t ?

Вместе с тем, нелишне ещё раз заметить, что инвариантность, т. е. тождественное по t аннулирование норм (14) и (15) недостижимо.

Итак, сохраняется ли в рассмотренных сейчас отношениях аналогия между A и B ?

Обобщая же, можно спросить: имеет ли место изоморфизм множеств A и B или же таковой выполняется только для каких-то их подмножеств?

Далее, как уже говорилось, причина, и механизм сохранения структур раскрываются утверждением о существовании и функционировании соответствующих, реализуемых самой природой, систем автоматической стабилизации. Ниже мы увидим, что приведённым здесь схемным и математическим отражением данного – основного! – утверждения, т. е. формализацией управленческой парадигмы Мира, выдвинутой в словесной форме в [1], – формализацией, включающей блок-схему (рис.) и уравнение (4), охватывается значительное многообразие различных структур. Всё вместе даёт основание назвать блок-схему (рис.) при

$$\frac{\partial L_0}{\partial t} \equiv 0 \quad (16)$$

«блок-схемой УПМ», а уравнение (4) при условии (16) – «основным уравнением управленческой парадигмы Мира» или, короче, «уравнением УПМ».

Список используемых источников

1. **К единой** геометрической теории управления/ А. В. Бабичев, А. Г. Бутковский, С. Похьолайнен. – М. : Наука, 2001. – 352 с. – ISBN 5-02-002557-7.
2. **Кибернетика** физики/ О. О. Фейгин, О. И. Золотов, Л. М. Пустыльников. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – 414 с. – ISBN 978-5-89160-092-8.
3. **Теория** управления. Управление структурами / Ю. В. Даринский, О. И. Золотов, Л. М. Пустыльников. – СПб. : «Элмор», 2012. – 275 с. – ISBN 5-7399-0181-2.
4. **Законы** физики как объекты управления. Управленческая парадигма Мира и физико-кибернетический принцип взаимности : монография / О. И. Золотов, Л. М. Пустыльников, О. О. Фейгин ; СПбГУТ. – СПб., 2014. – 221 с. – ISBN 978-5-89160-114-7.

УДК 621.396.2

К. В. Белоус, В. И. Курносков

ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Предложена четырехуровневая система показателей, позволяющая получить объективную оценку эффективности функционирования СС ЕСУ ОГВ в условиях РЭП на основе моделирования конкретных условий функционирования ее и ее элементов.

радиоэлектронное противодействие, сеть связи, жизненный цикл, органы государственной власти.

На всех этапах жизненного цикла сети связи Единой системы управления органов государственной власти (СС ЕСУ ОГВ) существует задача оценки (прогнозирования) эффективности её функционирования. Под эффективностью функционирования СС, применительно к условиям радиоэлектронного противодействия (РЭП), следует понимать её способность осуществлять передачу сообщений на протяжении определенного отрезка времени с требуемым качеством. Оценка эффективности функционирования СС на этапе планирования и оперативного управления применительно к последовательности работы службы связи ведомственных органов управления должна производиться с целью выбора варианта построения

(восстановления) сети связи способного с наибольшей вероятностью обеспечить требуемое качество передачи сообщений в конкретных условиях РЭП. На этапе эксплуатации адаптивная система управления СС для обеспечения требуемого качества передачи сообщений должна оценивать эффективность функционирования СС и её элементов в реальном масштабе времени. Под адаптивной системой следует понимать систему автоматического управления, которая сохраняет работоспособность в условиях непредвиденного изменения свойств управляемого объекта, цели управления или условий окружающей среды посредством смены алгоритмов своего функционирования или поиска оптимальных состояний [1].

Известно, что существенными свойствами процесса передачи сообщений, определяющими его качество, являются своевременность, достоверность и скрытность.

Анализ угроз безопасности СС ЕСУ ОГВ в рамках РЭП показал, что их реализация приводит к снижению показателей своевременности и достоверности передачи сообщений. Следовательно, целью оценки эффективности функционирования СС в условиях РЭП можно считать – определение степени соответствия качества процесса передачи сообщений требуемому по показателям своевременности и достоверности. Целесообразность выбора данных показателей подтверждается источниками специальной научно-технической информации.

Как известно, показатели качества, и в первую очередь, своевременность и достоверность, определяются устойчивостью сети связи, которая, в свою очередь, зависит от её живучести, технической надежности объектов связи и помехоустойчивости радиоэлектронных систем и средств.

Обеспечение помехоустойчивости осуществляется в рамках мероприятий радиоэлектронной защиты, задачей которой является обеспечение устойчивой работы радиоэлектронных систем и средств в условиях РЭП, что характеризуется их помехозащищенностью (ПЗ) [2].

Своевременная оценка ПЗ и живучести радиоэлектронных систем и средств позволяет получать органам управления связью различных уровней информацию о состоянии (об устойчивости функционирования), как элементов СС, так и ЕСУ ОГВ в целом в условиях РЭП.

Очевидно, что при противоборстве двух систем, таких как СС ЕСУ ОГВ и противодействующая система РЭП, более быстрая и объективная оценка своего состояния позволит иметь преимущество за счет уменьшения времени на принятие решения, т. е. уменьшения времени цикла управления.

Сложность оценки эффективности для всей СС ЕСУ ОГВ вызывает необходимость ее декомпозиции на элементы, в качестве которых выбираются направления и составляющие их линии связи, создаваемые в различных сетях связи. Причем, к направлениям связи предъявляются разные требования по устойчивости, зависящие от значимости информационных

направлений, обеспечиваемых ими. Они, в свою очередь, определяют требования к линиям связи.

При автоматизации процессов управления СС ЕСУ ОГВ проблемой является описание функционирования этой сети как сложной организационно-технической иерархической системы, что требует создания не одной, а целого комплекса математических моделей. При этом необходимо определить комплекс показателей и параметров, определяющих эффективность различных уровней СС ЕСУ ОГВ в условиях допустимых ограничений на значения этих параметров.

Другая проблема связана с выбором критерия «качества» принимаемого решения, который, с одной стороны, обладая общеизвестными свойствами критериев – соответствия цели, критичностью, устойчивостью и удобством вычисления, обеспечивал бы возможность учета как объективных, так и субъективных факторов, влияющих на решение. С другой стороны, позволял бы осуществлять объективные измерения степени разрешения встретившихся неопределенностей, т. е. давал объективную оценку «качества» принятого решения.

Следует отметить, что для правильной оценки функционирования СС ЕСУ ОГВ в условиях РЭП, состоящего из ряда составляющих (обнаружение, пеленгование, обработка данных, целенаведение и создание помех), требования к показателям эффективности приобретают исключительно важное значение, так как итоговая оценка требует использования совокупности показателей, число которых определяется содержанием решаемой задачи.

Как показывает анализ специальной литературы, показатели эффективности систем и средств связи с учетом их назначения и специфики работы в условиях РЭП должны удовлетворять следующим требованиям [3]:

- отражать сущность и обеспечивать возможность объективной оценки эффективности;
- позволять оценивать эффективность создаваемых систем и средств связи на всех этапах их жизненного цикла от научного поиска до снятия с эксплуатации;
- определять количественные значения (характеристики) эффективности в строгом соответствии с задачами, решаемыми средствами и системой связи;
- выполнение требований показателей эффективности должно обеспечить заданное качество функционирования систем связи и их элементов в условиях РЭП;
- позволять оценивать эффективность средств и систем связи в различных условиях их функционирования;
- быть простыми и иметь определенный физический смысл;
- позволять сравнивать эффективность различных средств и систем связи.

Количество показателей не должно усложнять задачу определения эффективности средств и систем связи. Вместе с тем, их количество должно быть достаточным для оценки функционирования радиоэлектронных средств (РЭС) при воздействии преднамеренных помех. Показатели должны позволять производить как ориентировочную оценку эффективности средств и систем связи, так и более детальную.

Оценку эффективности сетей связи при отработке технических решений на соответствующих этапах их разработки, испытаний и эксплуатации можно проводить с использованием показателей, характеризующих помехозащищенность их составляющих (каналов, линий, направлений и других элементов).

Одним из основополагающих принципов исследования сложных организационно-технических систем является принцип декомпозиции, при котором исследуемая система разбивается на ряд более простых составляющих, преследующих локальные цели.

В соответствии с единой методологической концепцией построения информационных систем, предусматривающей рассмотрение любой сети обмена информацией с позиций ЭМВОС СС ЕСУ ОГВ может быть представлена сложной иерархической системой с семью уровнями описания групп протоколов ЭМВОС.

Эффективность СС ЕСУ ОГВ, применительно к условиям РЭП, должна рассматриваться, по крайней мере, на четырех уровнях взаимодействия: физическом, канальном (уровне звена данных), сетевом и транспортном.

Анализ существующих на сегодняшний день показателей качества сетей специальной связи (ССС), применительно к условиям комплексного воздействия на них средств РЭП, и свойств элементов сети связи влияющих на своевременность и достоверность передачи сообщений позволил сделать вывод о целесообразности использования при оценке эффективности различных уровней показателей, таких как: энергетическая и временная помехоустойчивость РЭС; коэффициент устойчивости радиолинии (системы передачи); связность направления связи; связность сети специальной связи. Здесь связность СССР является обобщенным показателем качества, позволяющим проводить сравнительный анализ и оптимизацию сетей связи различной структуры.

Важным достоинством предлагаемого показателя является его относительная простота, чувствительность к показателям нижестоящих уровней, а также вполне ясный физический смысл. Традиционно связность СССР представляет собой средневзвешенную по важности направлений связи (НС) вероятность сохранения хотя бы одной информационной цепи заданного качества между (УС ПУ) в условиях РЭП.

Однако если под связностью понимать вероятность сохранения в условиях РЭП на протяжении определенного времени минимально необходимого числа информационных цепей между УС ПУ, которое обеспечи-

вает требуемую пропускную способность в НС для своевременной и достоверной передачи сообщений одного вида, то связность можно рассматривать как показатель эффективности функционирования СС ЕСУ ОГВ на сетевом и транспортном уровнях.

Таким образом, предложенная четырехуровневая система показателей позволяет получить достаточно объективную оценку эффективности функционирования СС ЕСУ ОГВ в условиях РЭП на основе моделирования конкретных условий функционирования ее и ее элементов. Для оценки частных показателей эффективности в данном случае необходимы четыре типа моделей, отражающих описание каждого из уровней рассмотрения.

Список используемых источников

1. **Методы** комплексного контроля безопасности информации на объектах телекоммуникационных систем органов государственного управления : монография / В. В. Масановец, А. П. Фесун, О. Г. Никифоров; под общ. редакцией В. В. Масановца, – М. : Управление делами Президента Российской Федерации, 2009 – 368 с. – ISBN:5-02-006773-3.

2. **Технические средства** и методы защиты информации : учеб. пособие для ВУЗов / А. П. Зайцев, А. А. Шелупанов, Р. В. Мещеряков и др.; под редакцией А. П. Зайцева, А. А. Шелупанова. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Горячая линия-Телеком, 2009. – 616 с.: ил. – ISBN:978-5-9912-0233-6.

3. **Устойчивость** военной связи в условиях информационного противоборства. / Е. Е. Исаков. – СПб. : изд-во Политехн. ун-та, 2009 – 400 с. – ISBN:978-5-7422-2254-5.

УДК 621.391

К. В. Белоус, В. И. Курносков

К ВОПРОСУ О НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ

В настоящее время актуальной задачей является интеграция сетей связи различных ведомств, органов государственной власти и региональных администраций. Совершенствование информационного взаимодействия ведомств между собой создаёт условия для повышения эффективности использования инфокоммуникационных возможностей органов государственного управления при совместном проведении специальных мероприятий.

сети связи, единая система управления, автоматизированная система управления связью, внешние возмущающие факторы, показатели качества специальной связи.

Направления развития сетей связи Единой системы управления органов государственной власти (СС ЕСУ ОГВ) определяются направлениями развития и совершенствования ЕСЭ РФ. В ближайшей перспективе развитие СС должно осуществляться с учетом того, что они предназначены для действий как автономно, так и в составе ведомственных инфотелекоммуникационных инфраструктур [1].

В этом аспекте наиболее актуальным становится решение ряда организационных и технических задач, таких как:

- интеграция действий различных ведомств, органов государственной, региональной и местной администраций;
- совершенствование и обеспечение выхода на качественно новый уровень информационного взаимодействия ведомств между собой, а также коренного повышения эффективности использования инфотелекоммуникационных возможностей органов государственного управления, в том числе при совместном проведении специальных мероприятий.

Одним из путей практической реализации перечисленного комплекса организационных и технических вопросов, в части обеспечения качественного информационного обмена и взаимодействия органов управления, является формирование единого информационного поля, способного поддерживать выполнение цикла управления в масштабе времени, близком к реальному, и обеспечивать качественное взаимодействие на всех уровнях в сложных условиях радиоэлектронной обстановки. Так, например, в последнее десятилетие в соответствии с основными положениями, изложенными в проекте комплексной целевой программы создания Единой системы управления «Созвездие-М» проводился комплекс НИОКР по развертыванию многофункциональной системы связи, навигации и опознавания, которая по своему замыслу и должна стать технической основой для формирования единого информационного поля, общедоступного для всех элементов органов управления [2]. Это означает, что перспективная СС ЕСУ ОГВ должна иметь в своем составе, наряду с таким традиционным элементом, как сеть командной связи (СКС) развертываемой на основе прямых разнородных линий связи между пунктами управления, также и новые функционально-структурные элементы: автоматически коммутируемую сеть связи общего пользования (ССОП), сеть навигации и опознавания (СНО), автоматизированную систему управления связью (АСУС), которые в своей совокупности обеспечат внедрение в практику работы органов управления новых информационных технологий и расширят перечень предоставляемых услуг оперативному составу пунктов управления [3].

Сеть связи общего пользования создается в дополнение к сети командной связи и предназначена для обеспечения информационного обмена по управлению преимущественно в период подготовки к проведению специальных мероприятий, в ходе информационного межведомственного вза-

имодействия и др. В перспективе по ССОП и СНО может передаваться до 20 % сообщений, передающихся по СКС [4].

ССОП, СНО, АСУС создаются на основе технических и программных средств автоматической коммутации каналов и пакетов, цифровых средств радиорелейной, проводной (в том числе волоконно-оптической) связи, а также средств радиодоступа мобильных абонентов.

Учитывая имеющийся опыт практического освоения новых видов услуг связи, предоставляемых в ЕСУ ОГВ, следует отметить, что значительный эффект в повышении качества управления, особенно при организации информационного взаимодействия, дает развертывание сетей подвижной радиосвязи (СПР). При этом, информационное взаимодействие абонентов в СПР может обеспечиваться следующими способами:

- путем предоставления абонентских станций должностным лицам (ДЛ);
- посредством обеспечения информационно-технической совместимости коммутационных средств СПР и сетей связи взаимодействующих органов.

Использование на узлах связи аппаратно-программных средств автоматической коммутации каналов и пакетов определяет построение перспективной ССОП с распределенной структурой. Ее основу составляют опорные мобильные узлы связи, развертываемые в районе проведения специальных мероприятий, соединенные между собой цифровыми радиорелейными и проводными линиями связи и образующие так называемую базовую сеть связи общего пользования (БССОП). Доступ абонентов УС пунктов (органов) управления (ПУ) к БССОП осуществляется по линиям привязки или по сети радиодоступа подвижных объектов (СРПО).

Система связи с распределенной структурой, в отличие от существующей радиально-узловой, имеет ряд существенных преимуществ. К основным из них следует отнести:

- уменьшение числа аппаратных на узлах связи пунктов управления, что обеспечивает повышение мобильности пунктов управления;
- повышение разведзащищенности и живучести системы связи за счет рассредоточенного размещения элементов системы связи и равномерном распределении радиорелейных излучающих средств в районе проведения специальных мероприятий;
- повышение устойчивости системы связи, за счет возможности организации связи по обходным направлениям.

Новое организационно–техническое построение, наличие функции автоматической коммутации и возможность оперативного управления ресурсами СС ЕСУ ОГВ [2] приводит к тому, что сложность выполнения функций сетевого управления связи вступает в противоречие с обеспечением эффективности функционирования СС. В свою очередь эффективность в значительной мере обуславливается устойчивостью СС, которая суще-

ственно зависит от уровня помехоустойчивости и живучести ее элементов. В связи с этим возникает необходимость разработки комплекса мероприятий, связанных с оценкой и поддержанием показателей устойчивости как элементов сети, так и сети в целом. Если сеть не обладает необходимой устойчивостью, то в условиях воздействия на нее внешних возмущающих факторов (ВВФ), другие показатели ее качества могут потерять свое значение, т. к. при низкой устойчивости сеть связи не сможет в полной мере выполнять свои функции. Показателями качества специальной связи и их составляющими для рассматриваемого случая могут являться: время установления соединения, соответственно ручное, автоматическое и полуавтоматическое; вероятность своевременного установления телефонной связи; время ожидания; время, затраченное оператором на непосредственное составление соединения абонента; время, затраченное для набора номера вызываемого абонента; время ожидания соединения абонентов; время передачи сообщения, соответственно по сети передачи данных и локальной вычислительной сети; вероятность своевременности доведения информации до абонента; время, затраченное на вручение абонентом сообщения оператору до начала обработки; время обработки сообщения для передачи по каналу связи; время передачи сообщения до пункта приема; время обработки сообщения в пункте приема; время, затраченное на доставку и вручение сообщения адресату; слоговая разборчивость (артикуляция); количество правильно принятых и количество переданных элементов речи, соответственно; вероятность опознавания передаваемых образов; число правильно опознанных и число переданных образов, соответственно; вероятность ошибочного приема; число ошибочно принятых и число переданных элементов сообщения, соответственно; безопасность связи; вероятность дешифрования перехваченного сообщения; вероятность несанкционированного доступа; вероятность ввода ложной информации; система обеспечения информационной безопасности; коэффициент засекречивания каналов гарантированной стойкости; количество каналов засекреченных и общее количество каналов, соответственно.

Одним из мероприятий по обеспечению устойчивости функционирования, является управление частотными и сетевыми ресурсами, которое существенно зависит от способов радиоэлектронной защиты, методов оценки развед- и помехозащищенности СС ЕСУ ОГВ и её элементов. Кроме того, традиционно остается актуальным вопрос помехоустойчивости радиосредств.

В условиях современной концепции сетецентрического противоборства со странами НАТО, в первую очередь имея ввиду радиоэлектронную борьбу, радиоэлектронному воздействию подвергаются именно системы управления. Следовательно, облик создаваемой СС ЕСУ ОГВ, технические характеристики её средств напрямую зависят от возможностей противодействующей стороны нарушить нормальную работы системы управления.

Список используемых источников

1. **Инфокоммуникационные сети:** классификация, структура, архитектура, жизненный цикл, технологии. Энциклопедия «Инфокоммуникационные сети». Книга 1. / С. П. Воробьев, А. Е. Давыдов, В. И. Курносков, Н. Н. Миньдюков. – М. : Наука, 2014. – 1021 с. – ISBN 978-5-02-025330-8.
2. **Основы управления и обеспечения безопасности связи и информации в инфокоммуникационных сетях.** Энциклопедия «Инфокоммуникационные сети». Книга 2 / А. Н. Буренин, А. Е. Давыдов, В. И. Курносков, Н. Н. Миньдюков. – М. : Наука, 2014. – 946 с. – ISBN 978-5-02-025330-8.
3. **Инфокоммуникации.** Толковый словарь терминов и сокращений / В. Е. Кузнецов, О. А. Кривцов, А. М. Лихачёв, В. В. Масановец. – М. : Управление делами Президента Российской Федерации, 2012. – 904 с. – ISBN 978-5-8443-0105-6.
4. **Системы и сети передачи информации:** учебник / В. В. Ломовицкий, А. И. Михайлов, К. В. Шестак [и др.]; под общей редакцией В. М. Щекотихина. – Орел : Академия ФСО России, 2009. – 573 с.

УДК 621.391

К. В. Белоус, И. А. Кускова

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И СТРАТЕГИЙ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА МУЛЬТИСЕРВИСНУЮ СЕТЬ СВЯЗИ

Особенностями ведомственных сетей связи является предъявление повышенных требований к своевременности доставки сообщений, достоверности и безопасности. Одной из особенностей структурного построения МСС является жесткое закрепление каналов в сетях между информационными направлениями. Известно, что системы, построенные на таких принципах, не обладают способностью оперативно и гибко адаптироваться к реально складывающейся обстановке в ходе радиоэлектронного противодействия.

мультисервисная сеть, сетецентрическое воздействие, радиоэлектронное противодействие.

Основными требованиями, предъявляемыми ведомственными системами управления (ВСУ) к мультисервисным сетям связи (МСС), являются: своевременность; достоверность; безопасность. Выполнение данных требований особенно в сложных условиях сетецентрического воздействия (СЦВ) диктует необходимость строить МСС на базе комплексного использования всех видов и родов связи.

МСС является составной частью и технической основой ВСУ и предназначена для предоставления ей канальных и коммуникационных ресурсов, а также различных видов услуг связи с целью обеспечения непрерывного, оперативного и безопасного управления объектами и ресурсами,

в любых условиях эксплуатации, внешних возмущающих воздействий (ВВФ) и применения средств радиоэлектронного противодействия (РЭП) [1].

РЭП представляет собой комплекс мероприятий и действий, направленных на снижение эффективности РЭС противника в информационном конфликте вплоть до полного нарушения работы. Для противодействия ставятся помехи радиоэлектронным системам и средствам противника, применяются ложные радиолокационные цели и ловушки, изменяются условия распространения электромагнитных волн. Зачастую к РЭП относят и средства поражения объектов противника, имеющих в своем составе и использующих РЭС. В случаях, когда применение противодействия приводит к полному нарушению работы радиоэлектронных средств противника, оно именуется подавлением РЭС. Когда говорят о поражении РЭС, имеют в виду не только огневое поражение в результате применения оружия, но и функциональное поражение мощным электромагнитным полем. Такое воздействие приводит к выходу из строя или как минимум к необратимому изменению характеристик элементов РЭС. Помимо РЭП к структуре проблем РЭБ относится так же радиоэлектронная разведка (РЭР), радиоэлектронная маскировка (РЭМ) и радиоэлектронная защита (РЭЗ) (рис.) [4].

Проблема РЭБ характеризуется широтой, глубиной и многообразием. В конфликтное взаимодействие вовлечены информационные системы всех известных классов: передачи и извлечения информации, радиуправления и разрушения информации. Эти системы работают во всех освоенных к настоящему времени диапазонах волн – от сверхдлинных радиоволн и инфранизкочастотных колебаний земной коры до волн ультрафиолетового излучения – и используют все известные в технических приложениях физические поля (электромагнитные, акустические, сейсмические и др.).

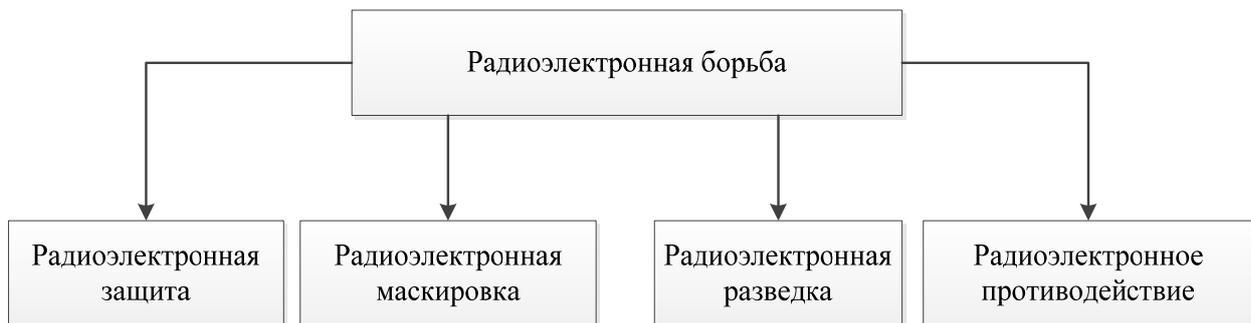


Рисунок. Структура проблемы РЭБ

Основными целевыми задачами, решаемыми при строительстве и эксплуатации МСС являются:

– поддержание функциональной готовности и достигнутого уровня технических характеристик (ТХ) действующей МСС для выполнения задач

по предназначению в условиях предельной выработки ее технического ресурса;

- оснащение МСС перспективными средствами связи и обеспечение поставки перспективных средств связи с поэтапным наращиванием основных ТХ, видов и услуг МСС.

Реализация задач должна проводиться поэтапно с учетом целевых программ создания ведомственных систем связи.

Уровень эксплуатационной готовности МСС в значительной степени определяется каналным и узловым ресурсом. Это обусловлено повышенными требованиями к живучести и наличием мобильной составляющей МСС, способной функционировать в условиях противодействия и в первую очередь РЭП. Анализ общих характеристик узловых ресурсов ведомственной МСС, а также общих характеристик каналных ресурсов МСС показывает, что более 53 % каналов представляют собой радиоканалы. Это вполне отвечает тенденции увеличения доли подвижных узлов связи в общем узловом ресурсе системы.

Одной из особенностей структурного построения МСС является жесткое закрепление каналов в сетях между информационными направлениями. Известно, что системы, построенные на таких принципах, не обладают способностью оперативно и гибко адаптироваться к реально складывающейся обстановке в ходе радиоэлектронного противодействия.

Из изложенного следует, что МСС как объект исследования представляет собой сложную радиоэлектронную информационную систему с многослойной структурой.

В современной концепции СЦВ считается, что более 40 % эффективности в достижении абсолютного превосходства над источниками ВВФ приходится на долю средств РЭП. Учитывая высокую долю радиосредств, используемых в МСС, РЭП может нанести еще большее разрушающее воздействие на информационную систему ВСУ.

Для этих целей, например, в США основу специального наблюдения составляет глобальная система радио- и радиотехнической разведки, стационарные центры которой расположены во всех частях земного шара. Только в европейской зоне насчитывается свыше 2000 стационарных и подвижных постов, способных вести наблюдение одновременно за 4600 радиосредствами, работающими в диапазонах от 3 кГц до 40 ГГц [3].

Непосредственное наблюдение ведется с целью вскрытия радиолиний и выработки целеуказаний для радиоэлектронного подавления. Для постановки помех помимо специально выделенных средств радиоподавления может быть использована часть мощных передатчиков, применяемых для радиосвязи и радиовещания [2].

Обладея мощным арсеналом средств воздействия на МСС, противодействующие силы будут действовать целенаправленно в соответствии со следующими стратегиями:

- выведение из строя узлов сети с наибольшими коэффициентами связности;
- выведение из строя ветвей связи с наибольшей интенсивностью обмена информацией;
- выведение из строя узлов сети с совмещенными центрами управления сетью;
- подавление ветвей в сети, приводящее к нарушению связности сети;
- подавление с определенной периодичностью наиболее уязвимых (доступных) ветвей связи;
- подавление с определенной периодичностью наиболее загруженных ветвей связи;
- подавление по одной ветви, исходящей из каждого узла связи;
- массированное подавление элементов сети и др.

Таким образом, из вышесказанного вытекают жесткие требования к живучести МСС и ее быстродействию, а это обуславливает дальнейшее совершенствование элементов МСС и особенно ее системы оперативного управления потоками данных.

Список используемых источников

1. **Инфокоммуникационные** сети: классификация, структура, архитектура, жизненный цикл, технологии / Энциклопедия «Инфокоммуникационные сети». Книга 1 / С. П. Воробьев, А. Е. Давыдов, В. И. Курносков, Н. Н. Миндюков. – М. : Наука, 2014. – 1021 с. – ISBN: 978-5-02-025330-8.
2. **Основы** управления и обеспечения безопасности связи и информации в инфокоммуникационных сетях / Энциклопедия «Инфокоммуникационные сети». Книга 2 / А. Н. Буренин, А. Е. Давыдов, В. И. Курносков, Н. Н. Миндюков. – М. : Наука, 2014. – 946 с. – ISBN: 978-5-02-025330-8.
3. **Методы** комплексного контроля безопасности информации на объектах телекоммуникационных систем органов государственного управления: монография / В. В. Масановец, А. П. Фесун, О. Г. Никифоров; под общ. редакцией В. В. Масановца, – М. : Управление делами Президента Российской Федерации, 2009. – 368 с. – ISBN:5-02-006773-3.
4. **Радиоэлектронная** борьба / А. И. Куприянов. – М. : Вузовская книга, 2015. – 360 с. : ил. – ISBN:978-5-9502-0653-5.

УДК 65.011.56

М. В. Буйневич, А. В. Погожева

**МЕРОПРИЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ
И СИСТЕМАТИЗИРУЮЩИЕ БАЗОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ
ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

Рассматриваются мероприятия, которые необходимо выполнить для построения архитектуры бизнеса, осознанного выбора варианта автоматизации бизнес-процессов и соответствующего программного обеспечения.

автоматизации бизнес-процессов, базовые параметры, систематизация, выбор программного обеспечения.

На сегодняшний день для огромного числа разноплановых организаций актуальна задача, эквивалентная вопросу: «Как провести автоматизацию бизнес-процессов рационально, с минимальными затратами и без ущерба для деятельности компании?» [1]. И, как правило, в большинстве случаев будет выбран один из двух, лежащих на поверхности, вариантов решения со следующими жаргонными названиями:

1) «Хочу эту программу» – автоматизация бизнес-процессов при отсутствии предварительного серьезного проектирования на основе известных руководству программ без разбора их особенностей функционирования (применительно для конкретной организации), опираясь только на рейтинг программного обеспечения и его стоимость. В результате получаются плохо-гармонизированные программные комплексы, «тяжелые» для применения и доработки. При этом замена в дальнейшем этих программ на другие может оказаться чрезмерно дорогой.

2) «Большой космос» – обращение в «консалтинговую» компанию с внушительным набором «теоретиков» для формирования схем бизнес-процессов и технического задания на проектирование и разработку программного обеспечения. В результате за очень солидную сумму получается гигантский набор нечитаемой и не применимой на практике (как в момент проведения автоматизации, так и в дальнейшем) документации.

Комментарий. Безусловно, не все консалтинговые компании относятся к данному роду; тем не менее, профессионалы встречаются крайне редко. В данном случае имеются в виду компании, желающие обогатиться за счет неосведомленности клиента в части определения качества и стоимости предоставляемых услуг.

На поверку оба рассмотренных варианта, как правило, получаются недееспособными и дорогостоящими. Возможным решением задачи автоматизации бизнес-процессов может быть совмещение этих двух вариантов

с учетом их достоинств. Так, необходимо учесть, как конкретные ресурсы и особенности организации (практическое направление, нашедшее отражение в первом варианте), так и систематизацию базовых параметров архитектуры с последующим ее созданием (теоретическое направление, свойственное второму варианту). Также потребуются учесть перспективы развития организации в целом.

Применим для этого методику М. Рыбакова [2] по переводу бизнеса от «спонтанного к непрерывно-совершенствуемому», составив минимально-необходимый набор основополагающих вопросов. Ответы на них определяют основные параметры архитектуры бизнеса (а, значит, программного обеспечения) и направления дальнейшего развития организации. Так, для достижения результата необходимо ответить на следующие вопросы: Первый – какие у нас цели? Второй – что мы имеем? Третий – что нам нужно? Четвертый – каковы планы по развитию?

Рассмотрим набор мероприятий по каждому вопросу. Ответ на Первый вопрос складывается из трех следующих составляющих.

1) Определение целей организации (и своих собственных в рамках организации), как планируемого результата деятельности, к которому движется компания. Согласно [2] хорошо сформулированная цель должна соответствовать следующим критериям: краткая, измеримая, достижимая, значимая, ограниченная во времени. Более того, целей может быть несколько, расположенных иерархически.

2) Определение преимуществ конкурентов и своих недостатков. Необходимо выявить основных конкурентов, узнать их сильные стороны и понять, что необходимо вывести на должный уровень в своей организации. Также требуется определить критичность своих недостатков и понять, стоит ли тратить усилия на их устранение.

3) Определение своих преимуществ и недостатков конкурентов. Необходимо понять, почему клиент захочет выбрать нашу компанию и почему он может отказаться от конкурентов. Необходимо определить, какие сильные стороны компании можно и нужно развивать и чего ни в коем случае нельзя допустить.

В итоге ответ на Первый вопрос получается в виде ранжированных списков и схем целей (в т. ч. подцелей), конкурентов, их сильных и слабых сторон, собственных преимуществ и недостатков, которые помогут выбрать приоритетные направления и правильно сформулировать задачи в будущем.

Ответ на *второй* вопрос состоит из двух основных компонентов.

1) Описание бизнес-процесса (и его детализация) как стандартного набора действий, который выполняется в компании для получения заданного результата (см. 1-ю составляющую Первого вопроса). Согласно [2] бизнес-процесс должен быть описанным, оптимальным и действительно выполняемым на практике согласно описанию. Правильно сформулиро-

ванный бизнес-процесс дает четкое понимание того, как работает компания, стандартизацию процессов (и, следовательно, одинаковое понимание и выполнение процессов), повышение качества работ, уменьшение зависимости бизнеса от человеческого фактора, снижение издержек и рост прибыли. То есть, бизнес-процессы компании гораздо важнее оргструктуры, так как именно они определяют работу организации.

2) Описание текущих проектов (и формата их ведения) как набора мероприятий по достижению уникальной цели в условиях заданных ограничений: сроки, бюджет, люди и т. д. Проект является временным явлением жизни организации, для которого определяются цели и выделяются ресурсы. Следует различать инвестиционные и организационные проекты; в одни вкладывают средства, которые должны вернуться прямой прибылью, а другие направлены на косвенную отдачу (например: ребрендинг, внедрение системы документооборота и т. п.).

В итоге получаем ответ на *второй* вопрос в виде схем работы организации и архитектуры бизнеса, а также систему контроля выполнения процессов с набором необходимой отчетности и систему управления проектами (реестр проектов, ролевую структуру с полномочиями и ответственностью каждого участника, методологию управления проектами).

Третий вопрос относится к формированию оргструктуры и мотивационных политик. Основная задача оргструктуры – сделать так, чтобы процессы протекали в ней максимально эффективно: не возникали барьеры между подразделениями и сотрудниками, «вертикальные колодцы» и др.

Комментарий. «Вертикальные колодцы» – это излишнее включение руководства в ход бизнес-процесса. В итоге последний будет кардинально осложнен, замедлен, наполнен излишними стыковками и ошибками.

Оргструктура обязательно должна идти от бизнес-процессов – тогда она будет просто «территорией, по которой они протекают» [2]. После того, как готова оргструктура, можно приступать к формированию мотивационных политик сотрудников, которые раскроют их потенциал и повысят их эффективность работы, а также заинтересованность к поддержанию в актуальном состоянии бизнес-процессов и активному ведению проектов.

Таким образом, ответ на Третий вопрос представляется в виде схемы оргструктуры и должностных инструкций.

И наконец, ответ на Четвертый вопрос возможен при помощи следующих механизмов: оценка удовлетворенности клиентов, работа с недовольствами и рекламациями клиентов, бенчмаркинг, статистический анализ, создание системы совершенствования бизнеса и т. п.

Результаты ответов на все четыре вопроса создадут базовые параметры автоматизированной системы, архитектуру бизнеса и программного обеспечения, план ее развития. После этого можно приступить к организации процесса непрерывного совершенствования бизнеса [3]. При этом, выбор как специализированного программного обеспечения с необходимым

набором возможностей, так и стандартных офисных программ с достаточным функционалом будет полностью обоснованным.

Список используемых источников

1. **Архитектура** информационной системы при модульном (комбинированном) подходе к автоматизации бизнес-процессов / А. В. Погожева // Вестник СПбГЭУ. Серия «Технические науки». – 2014. – № 8 (75). – С. 130–134.
2. **Как** навести порядок в своем бизнесе. Практикум / М. Рыбаков. – М. : ИКАР, 2014. – 384 с.
3. **Цель:** Процесс непрерывного совершенствования / Э. Голдрат, Дж. Кокс. – М. : Попурри, 2007. – 284 с.

УДК 621.317.799 + 004.421

А. В. Ваганов

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ТОКСИЧНОСТИ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Функционирование автоматизированной системы контроля токсичности (биологической вредности) различных жидких дисперсных сред, построенной на основе программируемых аналоговых интегральных схем, осуществляется на основе предложенного алгоритма.

автоматизированная система контроля, структурная схема, алгоритм функционирования.

Разрабатываемая автоматизированная система контроля токсичности биологических жидких дисперсных сред (ЖДС): кровь, плазма, сыворотка и т. п., использующая в качестве тест-организма разновидность простейших – инфузории, позволит перейти от ручных методов к автоматизации контроля.

Система контроля токсичности построена по принципу импульсного фотометра-турбидиметра с высоким амплитудным разрешением [1]. В основу системы положено измерение концентрации подвижных инфузорий в исследуемой пробе при помощи оптико-электронного измерительного преобразователя (ОЭИП) [2]. Информативным параметром токсичности ЖДС является уменьшение величины полезного сигнала на выходе ОЭИП практически до нуля в течение времени наблюдения $T_{наб}$.

Импульсный режим позволяет реализовать принцип синхронного детектирования сигнала, при котором значительно снижается влияние внешних помех на измерительный тракт (оптических, электрических). Высокое

амплитудное разрешение обуславливает возможность обнаружения частиц с малой оптической плотностью, но предполагает использование источника с высокой силой излучения.

В связи с тем, что максимальная частота полезного сигнала не превышает нескольких десятков герц, реализация системы может быть осуществлена на базе устройств с коммутируемыми конденсаторами (SC). Актуальность применения подобных устройств в низкочастотных аналоговых системах рассмотрена в [3, 4].

С учетом вышеизложенного составлена структурная схема системы контроля (рис. 1), где: 1 – источник излучения (ИИ), управляемый сигналом $U_{ин}$ с помощью ключа S ; 2 – термостатируемая кювета; 3 – фотоприемное устройство (ФПУ); 4 – фильтр низких частот (ФНЧ); 5 – коммутируемый фильтр высоких частот (ФВЧ); 6 – усилитель-выпрямитель (УВ); 7 – термостат; 8 – стабилизатор силы излучения ИИ (ССИ); 9 – пороговый детектор (ПД); 10 – микроконтроллер; 11 – светодиодный индикатор.

Участки схемы 4–9 образуют блок обработки и регулирования (БОиР). В его задачи входит стабилизация температуры кюветного модуля, стабилизация мощности излучения ИИ, а также выделение информативного параметра, определяющего степень токсичности ЖДС. Составной частью ПД является встроенный компаратор микроконтроллера со входами $AIN0$ и $AIN1$. Тактирование БОиР осуществляется сигналом от микроконтроллера U_m .

Участки схемы 4 и 5 образуют блок выделения полезного сигнала (БВПС) от пересечения клетками инфузорий контролируемого объема ИП [2].

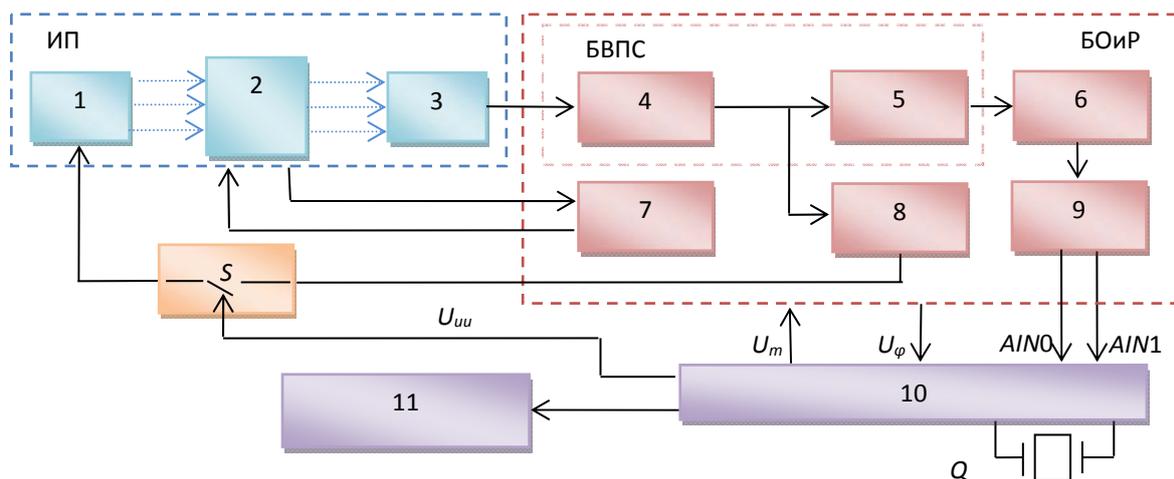


Рис. 1. Структурная схема системы контроля токсичности ЖДС

Режим синхронного детектирования полезного сигнала (рис. 2) реализуется в системе путем соответствующей синхронизации двух импульсных сигналов $U_{ин}$ и U_{ϕ} . В свою очередь, сигнал U_{ϕ} синтезируются внутри БОиР из U_m . Формируемые микроконтроллером временные задержки $t_{зд1}$ и $t_{зд2}$

относительно первой рабочей фазы импульсов U_ϕ , обозначенной на рисунке 2 как $\phi 1.1$, служат для управления скважностью и шириной импульсов ИИ, а так же их центровки относительно другой рабочей фазы U_ϕ , обозначенной как $\phi 1.2$. Такой алгоритм обеспечивает выделение полезного сигнала БВПС, осуществляя «захват» и хранение значения амплитуды сигнала от ФПУ коммутируемым ФНЧ синхронно с каждым импульсом ИИ.

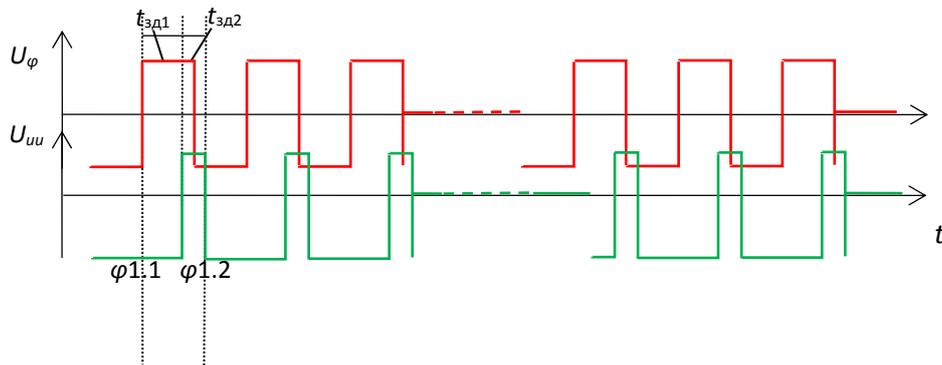


Рис. 2. Управляющие сигналы для БОиР

Реализация термостатирования кюветного модуля является классической задачей и в настоящей статье не рассматривается.

Структурная схема БОиР, реализованная на базе SC-устройств – программируемых аналоговых интегральных схем (ПАИС) фирмы Analog Devices, показана на рисунке 3. Для построения БОиР системы контроля токсичности необходимо использовать несколько ПАИС-чипов. Это связано с ограничением числа элементов, входящих в состав конфигурируемых аналоговых блоков (КАБов) ПАИС.

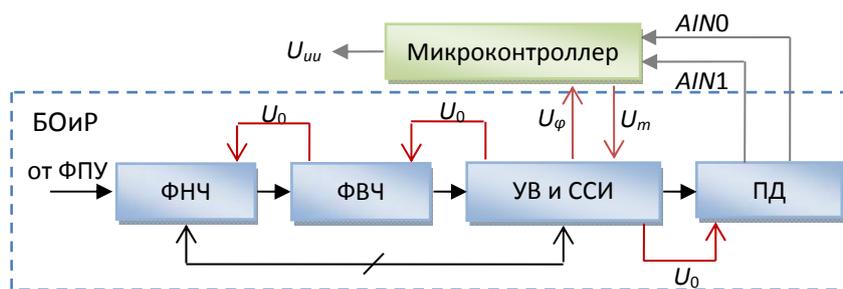


Рис. 3. Структурная схема БОиР на ПАИС-чипах фирмы Analog

В предложенном варианте БОиР особенностью является реализация фильтров низких частот блоков БВПС и ССИ на одном ПАИС-чипе. Это вызвано схемотехническими особенностями организации ФНЧ на ПАИС для обработки низкочастотного сигнала, в частности, необходимостью тактирования данного чипа более низкой частотой по сравнению с остальными. Сигнал U_0 с частотой f_0 вырабатывается из U_m и является синхронизирующим для всех ПАИС-чипов. Внутри каждого ПАИС-чипа возможно

формирование собственной частоты тактирования из U_0 путем деления f_0 на коэффициент от 1 до 510.

С учетом вышесказанного был разработан алгоритм для микроконтроллера, представленный на рис. 4. и предназначенный для управления системой контроля токсичности ЖДС.

В начале работы алгоритма происходит инициализация портов, таймеров и компаратора, а также настройка прерываний. Таймер $T1$ формирует U_m для тактирования ПАИС-чипов БОиР. Таймер $T2$ формирует импульсы управления для ИИ по сигналу U_ϕ . Таймер $T3$ в начале работы алгоритма формирует одноминутную задержку начала исследования для завершения переходного процесса в ССИ ИИ и «успокоения» взвеси инфузорий в пробе.

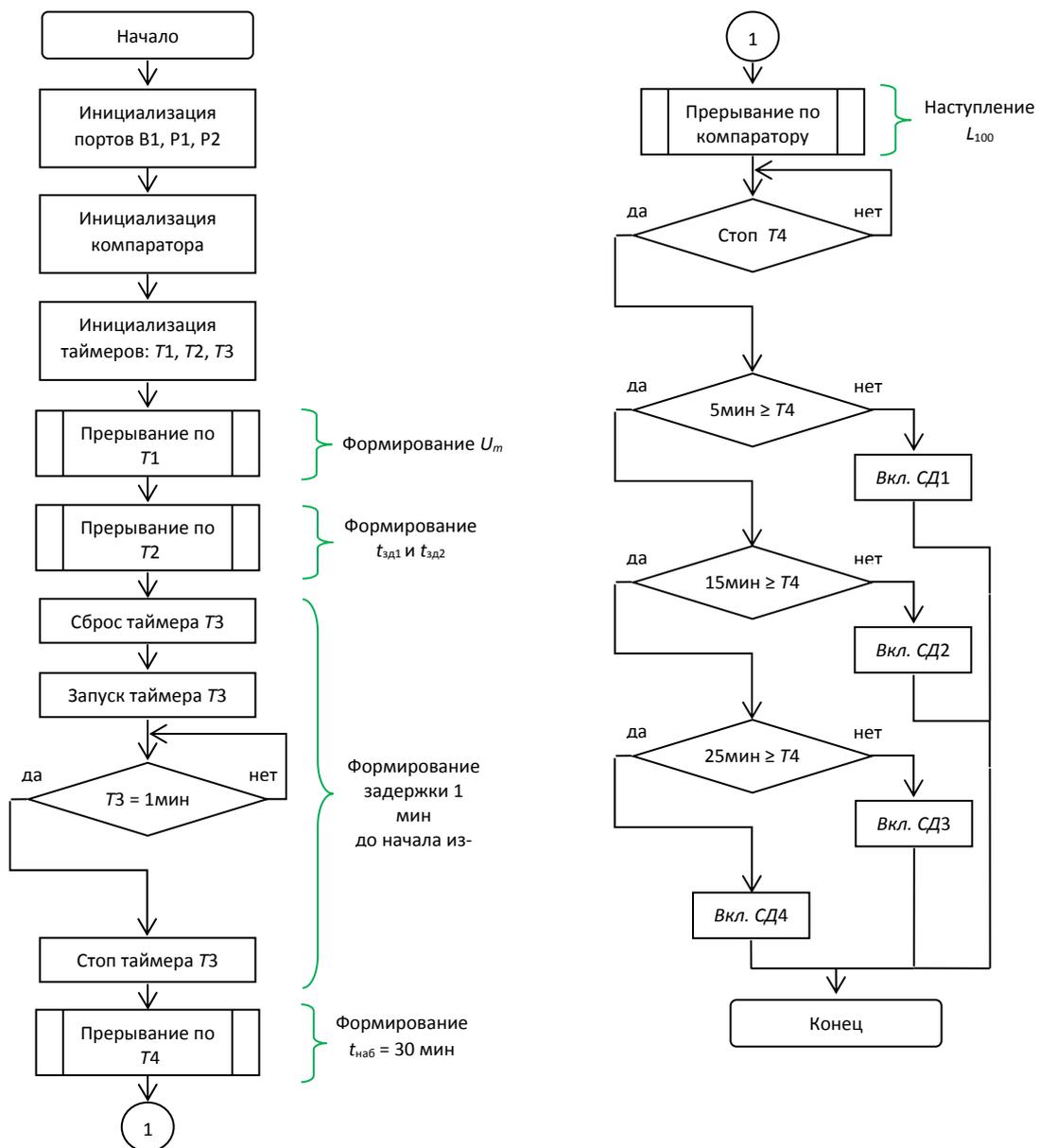


Рис. 4. Алгоритм функционирования модели системы измерения токсичности ЖДС

В ходе эксперимента данный таймер так же формирует одностороннюю задержку для определения времени наступления концентрации живых инфузорий в пробе близкой к нулевой (L_{100}). Таймер $T4$ отсчитывает время до наступления L_{100} . Окончание эксперимента (останов таймера $T4$) предполагается в 2-х случаях: истечении времени наблюдения ($T_{наб} = 30$) минут от начала эксперимента или выполнения условия $A_{IN0} - A_{IN1} > 0$ в течение 1 минуты. После останова таймера $T4$ производится анализ отрезка времени, прошедшего с начала эксперимента. Если данный отрезок менее 5 минут, то загорается светодиод № 1 с надписью «остро токсично», если отрезок времени не более 15 минут, то включается светодиод № 2 с надписью «токсично». Для интервала времени 25 засвечивает светодиод № 3 с надписью «слабо токсично». Если время эксперимента составило более 25 минут, то горит светодиод № 4 «не токсично». Работа алгоритма завершена.

Построение рассмотренной системы контроля токсичности ЖДС на основе современных программируемых аналоговых интегральных схем и программируемых микроконтроллеров, позволит упростить реализацию и настройку такой системы, а также значительно повысить эффективность проводимых исследований.

Список используемых источников

1. **Проблемы** построения оптической модели взвеси инфузорий в сыворотке крови / А. В. Ваганов, И. С. Захаров, А. В. Пожаров // Известия СПбГЭТУ. – 2006 – № 3 – С. 45–48.
2. **Моделирование** опто-электронного измерительного преобразователя для исследования токсичности биологических жидких дисперсных сред / А. В. Ваганов // V международный научный конгресс «Нейробиотелеком-2012», Санкт-Петербург, Россия, 6–7 декабря 2012 г. – С. 200–203.
3. **Структура** автоматизированного измерителя токсичности жидких дисперсных сред / А. В. Ваганов // III международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014 г. – С. 412–416.
4. **Программируемые** аналоговые схемы Anadigm. Проекты, примеры применения / А. Щерба // Компоненты и технологии. – 2012. – № 12. – С. 140–143.

Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, доцентом Г. В. Верховой.

УДК 621.317.799 + 001.891.573

А. В. Ваганов

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА ВЫДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОГО ПАРАМЕТРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТОКСИЧНОСТИ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Для реализации автоматизированной системы контроля токсичности (биологической вредности) различных жидких дисперсных сред предложена и исследована модель устройства, предназначенного для выделения из выходного сигнала оптоэлектронного измерительного преобразователя полезной (информативной) составляющей.

тест-критерий, модель, информативный параметр, автоматизированная система контроля.

Для создания автоматизированной системы контроля токсичности (АСКТ) биологических жидких дисперсных сред (ЖДС), описанной в [1, 2], необходимо разработать модель устройства выделения информативного параметра, характеризующего степень этой токсичности для исследуемой пробы. Важной составляющей такого устройства является блок выделения полезного сигнала.

Согласно [3] формирование полезного сигнала, связанного с концентрацией подвижных инфузорий в пробе, происходит в результате пересечения простейшими площади поверхности $S_{кон}$, контролируемой оптоэлектронным измерительным преобразователем (ОЭИП), модель которого представлена на рисунке 1. ОЭИП состоит из источника излучения (ИИ) и фотоприемного устройства (ФПУ).

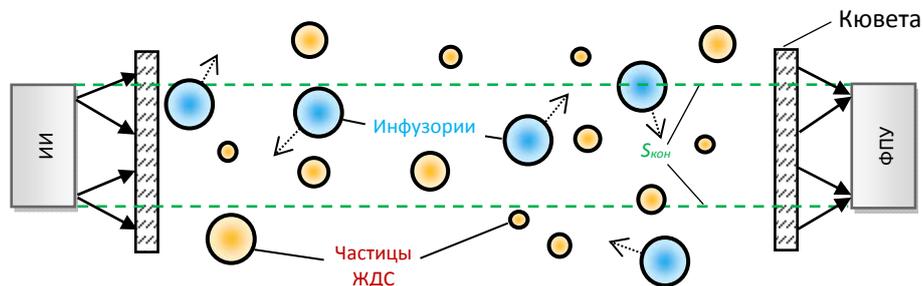


Рис. 1. Модель ОЭИП системы контроля токсичности ЖДС

В результате таких пересечений на выходе ФПУ формируется электрический сигнал, описываемый следующим выражением:

$$U_c = \Lambda_u \cdot U_u \cdot K_{\omega, \phi}(t) = C_u^V \cdot K_{ин} \cdot U_u \cdot K_{\omega, \phi}(t), \tag{1}$$

где: Λ_u – значение интенсивности потока частиц, учитывающее «входящие» и «выходящие» клетки инфузорий, U_u – амплитуда полезного сигнала положительной или отрицательной полярности на выходе ОЭИП от пересечения $S_{кон}$ одной клеткой инфузории, $K_{\omega, \phi}(t)$ – нормирующий множитель для амплитуды U_u , $K_{ин}$ – коэффициент, учитывающий геометрию датчика и свойства живой клетки.

Из выражения (1) следует, что величина U_c прямо пропорциональна концентрации живых (подвижных) инфузорий, а также коэффициенту $K_{ин}$, учитывающего геометрию датчика и свойства живой клетки: среднее расстояние перемещения – l_{u0} и частоту смены направления движения – f_u .

При воздействии токсиканта, содержащегося в ЖДС, происходит уменьшение концентрации живых клеток инфузорий в пробе с соответствующим уменьшением значений l_{u0} и f_u . Таким образом, тест-критерием токсичности ЖДС можно считать снижение числа пересечений инфузориями $S_{кон}$, и как следствие, уменьшение Λ_u и U_c . Следовательно, информативным параметром токсичности ЖДС следует считать уменьшение величины полезного сигнала на выходе ОЭИП практически до нуля ($U_c \rightarrow 0$) в течение времени наблюдения $T_{наб}$.

Исследуемая проба содержит кроме инфузорий так же частицы самой ЖДС. Данные частицы могут перемещаться по объему конвекционными потоками и пересекать $S_{кон}$, что неизбежно приведет к появлению на выходе ФПУ сигнала-помехи в полосе частот $\Delta f_{пом}$. Тогда итоговое выражение, описывающее сигнал на выходе ОЭИП, запишем в виде:

$$U_{\text{оэип}} = U_c(\Delta f_c) + U_{\text{пом}}(\Delta f_{\text{пом}}), \quad (2)$$

где: $U_c(\Delta f_c)$ и $U_{\text{пом}}(\Delta f_{\text{пом}})$ – составляющие сигнала на выходе ФПУ, обусловленные пересечением $S_{кон}$ инфузориями и частицами среды соответственно; Δf_c и $\Delta f_{\text{пом}}$ – диапазоны частот полезного и сигнала-помехи соответственно.

С учетом выше сказанного, для выделения полезного сигнала, содержащего информативную составляющую токсичности ЖДС, предполагается в ходе исследования контролировать величину сигнала на выходе ФПУ, измеренную через равные интервалы времени (дискретно) в полосе частот полезного сигнала Δf_c :

$$\Delta U_{\text{оэип}} = U_{\text{оэип}}(\Delta f_c, t) - U_{\text{оэип}}(\Delta f_c, t + \Delta t), \quad (3)$$

где: Δt – временной интервал между наблюдениями.

С учетом полученных выше зависимостей, была синтезирована структурная схема АСКТ, представленная на рисунке 2, где: 1 – источник излучения (ИИ); 2 – термостатируемая кювета; 3 – фотоприемное устройство (ФПУ); 4 – фильтр низких частот (ФНЧ); 5 – фильтр высоких частот (ФВЧ), коммутируемый сигналом с частотой F_{ϕ} ; 6 – усилитель-

выпрямитель (УВ); 7 – микроконтроллер, вырабатывающий тактовую частоту F_m .

Участки схемы 4, 5, 9 образуют блок обработки и регулирования (БОиР), а участки 4 и 5 – блок выделения полезного сигнала (БВПС). Сигнал с частотой F_ϕ синтезируется из F_m внутри БОиР.

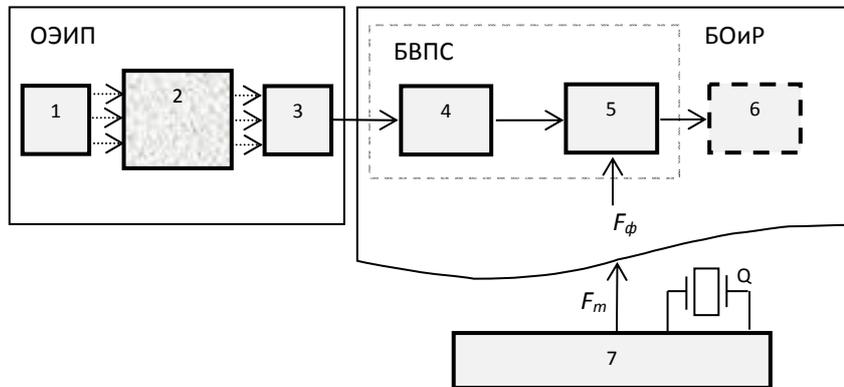


Рис. 2. Структурная схема системы контроля токсичности ЖДС

Для формирования полосы пропускания АСКТ равной Δf_c в БВПС входят ФНЧ и ФВЧ. В рассматриваемой системе контроля использована модель ФНЧ с амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ), вычисляемой по следующей зависимости:

$$A_{\text{фнч}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{c \max}}\right)^{2n}}}, \quad (4)$$

где: $f_{c \max}$ – частота среза ФНЧ, равная максимальной частоте полезного сигнала; n – порядок фильтра.

В качестве ФВЧ выбрана модель интегрирующего звена 1-го порядка [4], содержащая два элемента задержки сигнала (z^{-1}) на один период (такт) генератора с частотой F_ϕ , как показано на рисунке 3. Это обусловлено необходимостью соблюдения условия (3), то есть формирования сигнала на выходе БВПС дискретизированного по времени с шагом Δt .

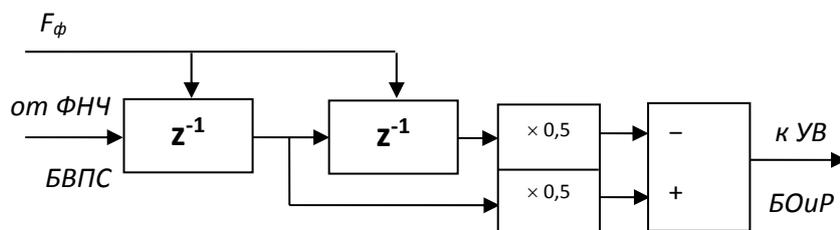


Рис. 3. Структурная схема ФВЧ БВПС

В общем виде передаточная функция ФВЧ БВПС описывается выражением:

$$G_{\text{ФВЧ}} = \frac{z^{-1} - z^{-2}}{2} = \frac{e^{-j\omega \cdot T_{\Phi}} \cdot (1 - e^{-j\omega \cdot T_{\Phi}})}{2}, \quad (5)$$

где: $T_{\Phi} = 1 / F_{\Phi}$ – период тактового генератора с частотой F_{Φ} , поступающей в БВПС.

После преобразования (5) получим зависимость для АЧХ ФВЧ:

$$A_{\text{ФВЧ}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\left(\cos\left(\frac{2\pi \cdot f}{F_{\Phi}}\right) - \cos\left(\frac{4\pi \cdot f}{F_{\Phi}}\right) \right)^2 + \left(\sin\left(\frac{4\pi \cdot f}{F_{\Phi}}\right) - \sin\left(\frac{2\pi \cdot f}{F_{\Phi}}\right) \right)^2 \right), \quad (6)$$

где: F_{Φ} – тактовая частота сигнала, поступающего в БВПС.

В качестве элементной базы для реализации исследуемой модели БВПС наилучшим образом подходят программируемые аналоговые интегральные схемы (ПАИС) [5].

Итоговая АЧХ всего БВПС определяется произведением:

$$A_{\text{БВПС}} = A_{\text{ФНЧ}} \cdot A_{\text{ФВЧ}}, \quad (7)$$

где: $A_{\text{ФНЧ}}$ и $A_{\text{ФВЧ}}$ – амплитудно-частотные характеристики ФНЧ и ФВЧ соответственно.

На основе зависимости (7) был проведен вычислительный эксперимент полученной модели БВПС по исследованию АЧХ БВПС. Результат эксперимента показан на рисунке 4. Для обеспечения АЧХ БВПС, соответствующей диапазону полезного сигнала $\Delta f_c = 0,1 - 10$ Гц, значение F_{Φ} было выбрано равным 10 Гц, а частота среза ФНЧ равной 7,5 Гц [4]. Моделирование произведено для порядка ФНЧ ($n = 4$), так как реализация фильтров более высоких порядков потребует увеличения количества ПАИС-чипов.

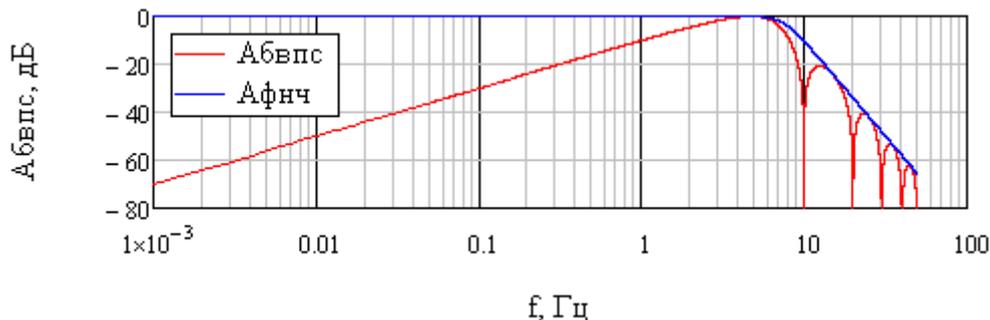


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика БВПС

Из рисунка 4 следует, что модель БВПС обеспечивает ослабление сигнала поступающего с выхода ФПУ с частотой $f < 0,1$ Гц на величину – 30 дБ, а для условия $10^{-3} > f > 40$ Гц – более чем на –60 дБ.

Основываясь на результатах эксперимента можно сделать следующий вывод: рассматриваемая в данной статье модель устройства обеспечивает выделение полезного сигнала и предварительную его фильтрацию в полосе частот Δf_c , а также надежное удаление постоянной составляющей и подавление наводок от сети 50 Гц. Указанная модель БВПС может быть положена в основу блока выделения информативного параметра автоматизированной системы контроля токсичности биологических ЖДС.

Список используемых источников

1. **Подходы** к исследованию токсичности коллоидно-дисперсных сред / А. В. Ваганов, И. С. Захаров, А. В. Пожаров // Известия СПбГЭТУ. – 2007 – № 1 – С. 38–41.
2. **Моделирование** рассеивающих свойств жидких дисперсных сред с целью создания измерителя токсичности на основе ОЭИП / А. В. Ваганов // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 444–446.
3. **Моделирование** опто-электронного измерительного преобразователя для исследования токсичности биологических жидких дисперсных сред / А. В. Ваганов // V международный научный конгресс «Нейробиотелеком-2012», Санкт-Петербург, Россия, 6–7 декабря 2012 г. – С. 200–203.
4. **Полупроводниковая** схемотехника / У. Тице, К. Шенк; пер. с нем. – М. : ДМК-пресс, 2007. – 941 с.
5. **Программируемые** аналоговые схемы Anadigm. Проекты, примеры применения / А. Щерба // Компоненты и технологии. – 2012. – № 12. – С. 140–143.

Статья представлена заведующей кафедрой, доктором технических наук, доцентом Г. В. Верховой.

УДК 004.7:004.422.8

В. О. Веселов, Л. К. Птицына

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СРЕДСТВ В АКТИВНЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СРЕДАХ

Предложен новый подход к аналитическому моделированию сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах. Формализовано описание активных инфокоммуникационных сред. Выделено три типа активизации инфокоммуникационных сред. Представлены базовые компоненты расширенных объектно-ориентированных моделей сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах. Раскрыт метод аналитического определения качества программных комплексов сервис-ориентированной архитектуры.

сервис-ориентированная архитектура, сервис-ориентированное средство, интеграция, инфокоммуникационная среда, модель, анализ, метод.

При необходимости обеспечения высокого качества профессиональной деятельности в инфокоммуникационных средах и устойчивой конкурентоспособности корпорации анализируются возможности и эффективность альтернативных вариантов интеграции сервис-ориентированных средств. Для проведения анализа формируются модели альтернативных вариантов интеграции сервис-ориентированных средств согласно принципам и формализациям, представленным в [1]. Каждая сформированная модель используется для определения системно-аналитической основы, обеспечивающей решение задачи выбора рационального варианта интеграции сервис-ориентированных средств [2]. При определении системно-аналитической основы реализуется метод анализа интеграции сервис-ориентированных средств, расширенная модификация которого раскрывается в [3]. Однако, как при построении моделей, так и при анализе рассматриваются формальные описания, присущие пассивным инфокоммуникационным средам. В анализируемых ситуациях пассивность касается взаимодействия инфокоммуникационной среды и программного комплекса, представляющего собой интеграцию сервис-ориентированных средств. Для достаточно представительного множества приложений выдвигаемая концепция согласуется с реальными условиями деятельности в инфокоммуникационных средах. Подобные условия, как правило, наблюдаются при полной автоматизации профессиональной деятельности в инфокоммуникационных средах. При реактивных схемах взаимодействия инфокоммуникационных сред и программных комплексов, разработанных согласно концепции сервис-ориентированной архитектуры, проблема аналитического моделирования альтернативных вариантов интеграции сервис-ориентированных средств остаётся открытой. В связи с этим актуализируется задача аналитического моделирования интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах.

В основу предлагаемого подхода закладываются принципы объектно-ориентированного моделирования. В соответствии с профилированием функциональных спецификаций программных комплексов, представляющих собой различные варианты интеграции сервис-ориентированных средств, для отображения их ключевых свойств выбирается класс диаграмм деятельности.

Вводимое концептуальное представление об активности инфокоммуникационных сред по отношению к интеграции сервис-ориентированных сред базируется на следующих положениях:

- воздействия инфокоммуникационной среды имеют стохастическую природу;

– по характеру воздействия инфокоммуникационной среды различаются типовые варианты:

1) после некоторого действия, присущего процессу функционирования интегрированного программного комплекса, активизируется вероятный альтернативный вариант его реализации, не предусматривающий возврат к выполнению одного из предыдущих действий (воздействие первого типа);

2) после некоторого действия, присущего процессу функционирования интегрированного программного комплекса, активизируется вероятный возврат к его реализации (воздействие второго типа);

3) после некоторого действия, присущего процессу функционирования интегрированного программного комплекса, активизируется вероятный возврат к реализации одного из предыдущих действий (воздействие третьего типа).

Вводимые положения отображаются в изменениях характеристического пространства расширенных объектно-ориентированных моделей интеграции сервис-ориентированных средств, построение которых осуществляется согласно методике, предложенной в [3]. Для описания i -го воздействия любого типа вводится соответствующая вероятность. Каждое вероятное воздействие первого типа дополнительно описывается номером действия, которому предшествует активизация коммуникационной среды, и номером последнего действия, связанного с активизацией альтернативных действий в привязке к соответствующему вероятностному элементу. Каждое вероятное воздействие третьего типа дополнительно характеризуется номером действия, за которым следует активизация коммуникационной среды, и номером действия, к которому осуществляется возврат в привязке к соответствующему вероятностному элементу.

При подобных изменениях характеристического пространства расширенная объектно-ориентированная модель интеграции сервис-ориентированных средств в активной инфокоммуникационной среде описывается с помощью следующих характеристик, функций и параметров:

– $u_i(k_i), k_i = 1, 2, \dots, K_i$ – плотность распределения вероятностей k_i дискретного времени выполнения i -го действия при функционировании интегрированного комплекса, K_i – верхняя граница дискретного времени выполнения i -го действия, I – общее число действий, для каждого из которых соблюдается следующее условие:

$$\sum_{k_i=1}^{K_i} u_i(k_i) = 1, i = 0, 1, 2, \dots, I;$$

– $p_{j,l}, j = 1, 2, \dots, J; l = 1, 2, \dots, L_j$ вероятности выбора альтернативных вариантов реализации процесса функционирования интегрированного ком-

плекса, которые удовлетворяют условию полной группы несовместных событий:

$$\sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} = 1, j = 1, 2, \dots, J,$$

где j – номер узла решения; L_j – число альтернативных вариантов поведения после решения j , J – число узлов решения;

– матрица инцидентий для узлов разъединения и узлов соединения \mathbf{A} размера $(n \times n)$, где n – общее число узлов разъединения и узлов соединения; $a_{i,j} = 0$, если узлы не связаны через узлы действий; $a_{i,j} = 1$, если j -ому узлу предшествуют узлы действий, следующие в последовательности узлов после i -ого узла; $a_{i,j} = -1$, если узлы действий, предшествующие i -ому узлу, следуют после j -ого узла;

– спецификации всех узлов соединений, характеризующих взаимодействие действий в процессе функционирования интегрированного комплекса;

– \mathbf{G} вектор, характеризующий вероятную активность инфокоммуникационной среды первого типа;

– номера действий, которым предшествует активизация воздействия коммуникационной среды первого типа, и номера последних действий, связанных с активизацией альтернативных действий в привязке к каждому элементу вектора \mathbf{G} ;

– \mathbf{R} вектор, характеризующий вероятную активность инфокоммуникационной среды второго типа;

– номера действий, с которыми связана активность коммуникационной среды второго типа в привязке к каждому элементу вектора \mathbf{R} ;

– \mathbf{Q} вектор, характеризующий вероятную активность инфокоммуникационной среды третьего типа;

– номера действий, за которыми следует активизация коммуникационной среды третьего типа, и номера действий, связанных с возвратом в привязке к каждому элементу вектора \mathbf{Q} .

Для анализа интеграции сервис-ориентированных средств в активной инфокоммуникационной среде предлагается метод, определяемый следующими преобразованиями:

1. Выделение в модели множества действий, связанных с активностью инфокоммуникационной среды второго типа и формирование эквивалентной модели в виде конечной цепи Маркова с поглощающим состоянием в матричной форме для каждого i -го действия из выделенного множества. Нахождение плотности распределения вероятностей времени выполнения i -го действия при активизации инфокоммуникационной среды второго типа. Замена каждого действия из выделенной группы новым узлом укруп-

нённного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

2. Выделение в расширенной объектно-ориентированной модели последовательностей узлов действий, замена каждой последовательности новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения. Нахождение в расширенной объектно-ориентированной модели группы узлов альтернативных действий, замена каждой найденной группы новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

3. Выделение последовательностей узлов новых более сложных действий, замена каждой выделенной последовательности новым узлом укрупненного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

4. Выделение узлов, представляющих действия, связанные с активизацией инфокоммуникационной среды по первому типу, замена каждой найденной группы новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения с использованием элементов вектора G .

5. Выделение в модели групп узлов параллельных действий, замена каждой группы новым узлом укрупненного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

6. Формирование последовательности узлов укрупненных действий и определение плотности вероятности их выполнения.

7. Выделение в модели групп узлов укрупнённых действий, связанных с активизацией инфокоммуникационной среды по третьему типу и формирование для каждой группы эквивалентной модели в виде конечной цепи Маркова с поглощающим состоянием в матричной форме. Нахождение плотности распределения вероятностей времени выполнения действий, связанных с воздействием инфокоммуникационной среды по третьему типу. Замена выделенной группы новым узлом укрупненного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения. Подобные преобразования осуществляются для каждой группы действий, связанных с активизацией инфокоммуникационной среды по третьему типу.

8. Формирование последовательности узлов укрупненных действий и определение плотности вероятности времени их выполнения.

9. Определение математического ожидания, дисперсии дискретного времени выполнения деятельности в активной инфокоммуникационной среде и риска срыва временного регламента.

Благодаря предлагаемому методу обеспечивается возможность аналитического определения качества интеграции сервис-ориентированных

средств в активных инфокоммуникационных средах. Представленная функциональность раскрытых формализаций предопределяет их новизну.

Прикладная значимость разработанных формализаций заключается в обеспечении целевого проектирования рациональных схем интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах.

Список используемых источников

1. **Программное** обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка VPEL : учеб. пособие / Л. К. Птицына, Н. Г. Смирнов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 105 с. – ISBN 978-5-7422-2951-3.

2. **Системно-аналитическая** основа интеграции сервис-ориентированных средств / Л. К. Птицына, Н. Г. Смирнов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – № 5. – С. 31–36.

3. **Разработка** и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях / Л. К. Птицына, Н. Г. Смирнов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – № 6.1 (138). – С. 71–81.

УДК 303.732

М. Ю. Волщук, А. Ю. Иванов

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ

Настоящий период характеризуется широким проникновением в деятельность человека цифровых устройств, повсеместным использованием информационных систем в различных сферах. Все большее внимание уделяется формализации требований при создании инфотелекоммуникационных систем. Корректно выполненная формализация предметной области заказчика позволяет сократить количество итераций при проектировании, а также сократить объем ресурсов, затрачиваемых на разработку инфотелекоммуникационных систем.

формализация требований, предметная область, заказчик, жизненный цикл, функциональная модель, инфотелекоммуникационная система.

На сегодняшний день информационные системы (ИС) стали весьма сложными образованиями. Их можно сравнить с живыми организмами, характеризующимися взаимосвязанной работой различных подсистем (нервная система, система кровообращения и т. п.). Здоровье и работоспособность организма зависят от слаженной работы отдельных подсистем. Соответственно, все более очевидным требованием при проектировании,

разработке и вводе в действие ИС становится требование обеспечения интеграции между разнородными системами. Несмотря на кажущуюся простоту данного вопроса, его решение не является простым и затрагивает все этапы жизненного цикла информационных систем.

Существенной задачей является поиск методологических и прикладных решений для визуализации процесса подготовки функциональной модели ИС в динамике.

Любая информационная система предназначена для выполнения функций по сбору, обработке, хранению, передаче и представлению данных в соответствии с требованиями для конкретного объекта информатизации.

Следует выделить четыре основных компонента, из которых состоит любая информационная система:

- технический комплекс;
- информационное обеспечение;
- математическое и программное обеспечение;
- сетевая инфраструктура.

Жизненный цикл системы включает в себя все этапы ее развития: от возникновения потребности в ней до полного прекращения его использования вследствие морального старения или потери необходимости решения соответствующих задач [1].

При инициации процесса создания информационной системы следует определиться с составом работ и порядком их проведения. В информационных системах часто оперируют понятием разработки, подразумевая обычно программное обеспечение. По нашему мнению, такая трактовка сильно сужает представление участников процесса в понимании конечной цели проекта. Подобный подход замыкает взгляды участников на разработке только программного обеспечения, не способствуя влиянию участников процесса на смежные части информационной системы.

Условимся оперировать понятием «проектирование информационной системы», вкладывая более широкий смысл, чем только разработка программного обеспечения. Для определения этапов работ при проектировании и реализации системы за основу взят перечень, приведенный в ГОСТ 34.601-90 «Автоматизированные системы. Стадии создания» (рис. 1) [1]. Стандарт предусматривает следующие стадии и этапы создания системы:

Сложность системы, ее масштаб влияют на объем работ по проектированию информационной системы. Соответствующим образом это влияет и на объем проектов и сроки ввода в действие и т. д.

Ряд этапов может объединиться или некоторый этап может разбиваться на более детализированные операции. Эти действия зависят от конкретных условий реализации. Тем не менее, подход к разработке интегрированных информационных систем должен быть упорядоченным, последовательным, а изменяться должен только масштаб системы.

1. Формирование требований
2. Разработка концепции системы
3. Подготовка технического задания на систему
4. Подготовка эскизного проекта на систему
5. Подготовка технического проекта на систему
6. Подготовка рабочей документации
7. Ввод в действие системы
8. Сопровождение системы

Рис. 1. Стадии создания информационной системы

Однако некоторые этапы, такие формирование требований и разработка концепции системы, являются отправной точкой в построении информационных систем. Сбор и формализация требований – это по-прежнему самым значимый этап т. к., именно он определяет конечный результат в том плане, что чем понятнее требования, тем качественнее будет спроектирована информационная система.

В общем смысле формализация требований представляет собой описание содержательной (семантической) информации формальными средствами, в частности, описание предметной области (системы) и ее свойств набором показателей (параметров), т. е. перевод информации из ее вербального представления в математическое.

Проектирование является своеобразной технологией, которая включает в себя структуру, принципы и нормы деятельности субъектов, объект, а также модели и методы по реализации проектной деятельности.

На рисунке 2 представлен перечень этапов, выполнение которых является обязательным при проектировании информационных систем. Объем каждого этапа в свою очередь зависит от масштаба разрабатываемой системы.

1. Системный анализ предметной области
2. Эскизное (предварительное) проектирование
3. Детальное (техническое) проектирование
4. Кодирование, тестирование, отладка и документирование
5. Интеграция (совместное использование модулей) и комплексная отладка
6. Испытания и документирование
7. Поддержка эксплуатации
8. Сопровождение

Рис. 2. Перечень этапов по проектированию информационной системы

Если сравнить перечень этапов, приведенный на этом рисунке, со стадиями разработки, приведенными ранее (рис. 1), то становится очевидным факт совпадения. Отличие в том, что этап «Системный анализ предметной области» охватывает стадию формирования требований, определения концепции системы (фактически уже здесь определяются функции системы) и подготовку технического задания. Такое деление можно выполнять и при разработке информационной системы, но в первую очередь исходя из экономических и договорных соображений при исполнении коммерческих работ.

Кроме того, этап технического проектирования охватывает стадии подготовки и проектной и рабочей документации, а также частично ввод в действие из перечня (рис. 1). При этом добавляются этапы, связанные непосредственно с кодированием, тестированием программного обеспечения и его документированием, а также опытной эксплуатации на площадке Заказчика системы.

Именно данные работы являются отличительной особенностью разработки информационных систем и требуют специальных знаний и специальных методов управления проектной деятельностью при проектировании.

Функциональное проектирование предметной области, а также сбор и формализация требований являются основой при реализации исходных требований к инфотелекоммуникационным системам.

В сущности, при проектировании ИС на этапах системного анализа предметной области, эскизного проектирования и детального проектирования речь идет об одном и том же – о функционале проектируемой системы с различным уровнем детализации

В настоящее время, с учетом увеличивающейся интеграции разнородных информационных систем, данный аспект представляет основную сложность и заключается в том, чтобы выразить одинаковым образом требования, как для специалистов предметной области, так и для специалистов в области IT-технологий.

Известны следующие инструменты описания предметной области в терминах специалистов IT:

- методология IDEF0\IDEF3 [2];
- ARIS [3];
- Архимейт.

Каждый из перечисленных инструментов предлагает свой подход к описанию предметной области, который не всегда понятен для специалистов-предметников.

Существующие тенденции в сфере анализа и формализации предметной области заключаются в необходимости совмещения функциональной и информационной моделей, а также визуального представления их функционирования.

По нашему мнению, проблема визуализации процессов подготовки функциональной модели является наиболее важной и недостаточно изученной. Следовательно, данное направление становится наиболее актуальным.

Список используемых источников

1. **ГОСТ 34.601–90.** Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Введ. 1992–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 27 с.
2. **Р 50.1.028-2001.** Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – Введ. 2002-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 53 с.
3. **Моделирование** бизнес-процессов / А. В. Шеер. – М. : Весть, 2000. – 53 с. – ISBN 5-89163-049-4.

УДК 654.739

В. В. Громов

КОРПОРАТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ, НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ РОССИИ

Сейчас существует огромное количество корпоративных компьютерных сетей, на основе которого клиент-серверную модель. Этот документ описывает, как создать модель из федеральной информационной системы Госавтоинспекции в период с 1992 по 2006 годы.

корпоративных компьютерных сетей, клиент-серверная модель.

В 1992–1997 гг. в Российскую Федерацию начали поступать большими партиями первые зарубежные образцы ЭВМ, которые закупались различными предприятиями и органами Государственной власти. Поставляемая вычислительная была в основном оснащена процессорами семейства Intel, DEC, Motorola в некоторых исключительных случаях поставлялись сложные многомашинные комплексы, оснащенные процессорами IBM, Siemens, SUN и др.

Отдельные образцы вычислительной техники поставлялись в различные учреждения, предприятия оборонно-промышленного комплекса, органы исполнительной и Государственной власти для организации современных баз данных и обеспечения функционирования госучрежде-

ний. Многие различные регистрационные документы в 80–90-х гг. XX века заполнялись рукописно, что естественно вело образованию огромных очередей при оказании Государственных услуг. Автоматизация процессов оказания Государственных услуг, создание электронных баз данных вместо картотек – первоочередные задачи которые решались при введении процесса автоматизации на любом предприятии или органе исполнительной, государственной власти.

Не исключением стало и поставка современных вычислительных комплексов в подразделения МВД РФ. По мере развития информационных технологий, повышения уровня оснащённости подразделений ГИБДД средствами вычислительной техники, создания различных вариантов удаленного доступа к базам данных, были проведены работы по созданию Федеральной информационной системы ГИБДД (ФИС ГИБДД), ведению и использованию в деятельности ГИБДД различных централизованных учетов. Принципами, в соответствии с которыми разрабатывались автоматизированные информационные системы, являются: открытость, технологичность, интегральность, совместимость, доступность, оперативность.

Назначением федеральной информационной системы Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ФИС ГИБДД) является обеспечение функционирования иерархической интегрированной информационной сети, объединяющей абонентские, региональные, межрегиональные и федеральный уровни с предоставлением потребителям полных, достоверных и актуальных сведений о субъектах учета, зарегистрированных в Российской Федерации, организацией доступа пользователей к информации на региональном, межрегиональном и федеральном уровнях¹.

Целью функционирования системы является организация единого информационного пространства ГИБДД МВД России в рамках Федерации, упорядочение информационных потоков, повышение качества, эффективности и оперативности деятельности подразделений ГИБДД. Эффективность работы подразделений ГИБДД во многом зависит от применяемых в их деятельности автоматизированных информационных систем².

Структурно ФИС ГИБДД представляется как сложная многоуровневая корпоративная система, включающая разнородные территориально-распределенные региональные и межрегиональные информационные подсистемы ГИБДД, каждая из которых должна включать определенный набор решаемых задач (рис. 1)³.

¹ Организация информационного взаимодействия разнородных региональных сетей ГИБДД (На примере межрегионального центра «Северо-Запад»): дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13: защищена 15.06.2004 : утв. 12.11.2004 / Громов Владислав Витальевич. – М., 2004. – 147 с. – Библиогр.: с. 115–122.

² Там же.

³ Там же.

В состав ФИС ГИБДД 12 оперативных учетов, четыре из которых приведены ниже:

- учет и регистрация транспортных средств в ГИБДД («Автомобиль»);
- учет и регистрация выдачи водительских документов («Водитель»);
- учет административных нарушений правил дорожного движения («Адмпрактика»);
- учет дорожно-транспортных происшествий («ДТП»).

Все объекты учета в ФИС ГИБДД организованы в виде базы данных (БД) с использованием СУБД «ADABAS C» и содержат обязательный перечень свойственных им атрибутов по каждому учету, причем используемые программные средства СУБД обеспечивают доступ к обязательным атрибутам в реальном режиме времени. Для оптимизации доступа к данным отдельные атрибуты объектов учета представлены в виде кодов. Расшифровка используемых кодов осуществляется с применением справочников-кодификаторов, входящих в состав информационных подсистем ФИС ГИБДД всех уровней. Кодирование, используемое в справочниках на федеральном уровне системы, идентично кодированию на всех уровнях ФИС ГИБДД. Справочники, применяемые только на региональном уровне, могут содержать различные способы кодирования и дополняют федеральные, при использовании на региональном уровне⁴.

Основными функциями системы информационного обеспечения являются формирование и ведение специализированных автоматизированных учетов, формируемых подразделениями ГИБДД, а также ведение и использование централизованных учетов ГИЦ МВД России.

Объектами автоматизации межрегионального сегмента является совокупность подразделений следующих уровней:

- межрегионального;
- регионального;
- абонентского.

В подразделениях ГИБДД применялось разнотипное программно-техническое обеспечение, затрудняющее возможность создания единого информационного пространства. Информационные системы, функционирующие в ГИБДД, базируются на разных СУБД – Clipper, FoxPro, PIC, Clarion, Informix и др. Локальные сети создаются, как правило, на сетевой операционной системе Novell Net Ware, UNIX, Linux, Windows⁵.

Анализ потоков запросов показал, что для практики представляют интерес поисковые запросы по определенному виду объектов без сложной обработки всей имеющейся в данном регионе информации. Интеграция БД регионов и федерального уровней обеспечила возможность получения

⁴ Там же.

⁵ Там же.

полных сведений или проверки наличия таких сведений об объекте с указанными характеристиками в конкретной или конкретных БД региона или той БД, которая будет содержать сведения о соответствующем типе объектов⁶.

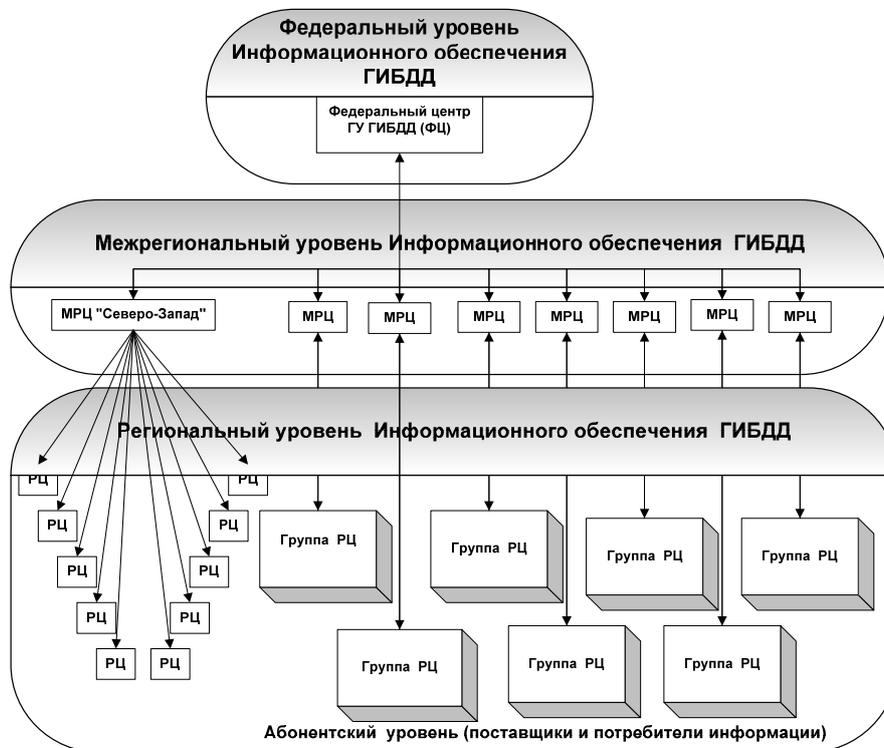


Рис. 1 Схема ФИС ГИБДД с информационными связями

Обеспечение стандартизации запросов с использованием транспортного формата передачи данных, который обеспечивает однозначное определение структуры запроса и передаваемых в них данных позволил созданному комплексу программных средств (регионального, межрегионального и федерального уровней) обеспечивать выполнение следующих функций:

- прием и отправление информации по всем входящим в него подсистемам;
- контроль и обработку поступившей информации;
- администрирование комплекса.

В июне 1998 года были проведены первые экспериментальные работы по портированию ФИС ГИБДД на сервера производства SUN Microsystems, оснащенные RISC-процессором Ultra SPARC.

Применение серверов Sun Ultra 450, оснащенных RISC-процессором Ultra SPARC, позволило сократить время загрузки данных с 50 минут на 4-х процессорном сервере Dell до 20 минут. Результаты экспериментальных работ в ГУГИБДД МВД РФ, результаты экспериментальных работ

⁶ Там же.

легли в основу проектных решений по модернизации ФИС ГИБДД и созданию промышленной модели.

В июне и декабре 2005 года была произведена централизованная закупка и поставка серверов Sun Fire v890, для нужд Госавтоинспекции в количестве 9 штук (рис. 2). Поступившие в ГУГИБДД МВД РФ серверы, были переданы в федеральный и межрегиональные центры ГИБДД для формирования территориально распределенной информационной системы Госавтоинспекции – ФИС ГИБДД. С февраля 2006 года ФИС ГИБДД эксплуатируется в режиме 24Х7Х365.



Рис. 2. Сервер Sun Fire v890

Каждый межрегиональный информационный центр объединяет от 6-ти до 11 региональных центров информация из которых, последовательно передается на межрегиональный и федеральный уровни ФИС ГИБДД, где формируются соответствующие базы данных (БД). На 1 января 2015 г., общая численность записей содержащихся в БД ФИС ГИБДД превышает 2200000000 (два миллиарда двести тысяч) учетных записей. Время реакции системы – получения ответа на вопрос по 9-ти межрегиональным системам, в каждой из которой содержится 11 баз данных не превышает 30 секунд в любой точке Российской Федерации.

Данные результаты позволяют организовать обработку информации в режиме реального времени более чем 5 000 абонентам ФИС ГИБДД работающим с одновременно в сети, несмотря на значительное увеличение общего объема данных, практически в 10 раз по сравнению с 2006 г. Только создание четкой, продуманной структуры системы передачи данных и системы информационного взаимодействия является залогом успешного построения корпоративной сети, первым реализованным примером является Федеральная Информационная Система Госавтоинспекции (ФИС ГИБДД).

УДК 654.739

А. Н. Губин, В. Л. Литвинов

**ОСОБЕННОСТИ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЦИФРОВЫХ РЕКУРСИВНЫХ
И НЕРЕКУРСИВНЫХ ФИЛЬТРОВ**

Цифровая обработка информационных сигналов с целью сглаживания случайных помех в настоящее время является необходимым условием обеспечения высокого качества управления сложными объектами.

цифровые фильтры, дисперсия случайной ошибки, время наблюдения, характеристический полином.

Рекурсивные цифровые фильтры теоретически обладают бесконечной длительностью переходного процесса. Практически переходный процесс в таких фильтрах считается закончившимся, если выходной сигнал $y[n]$ отличается от установившегося значения $y_{уст}$ на величину, не превышающую допустимую ошибку δ . При этом время наблюдения входного сигнала определяется как отрезок времени от начала работы фильтра до момента, когда будет выполняться соотношение

$$| y[n] - y_{уст} | \leq \delta.$$

Во многих случаях желательно иметь как можно меньшее время наблюдения входного сигнала при заданном качестве подавления помех. Однако это время, при заданной структуре рекурсивного фильтра, полностью определяется значениями нулей характеристического полинома фильтра, которые определяются исходя из требуемого качества подавления помех. Причем, чем выше должно быть качество подавления помех, тем больше значения корней характеристического полинома и тем больше время наблюдения входного сигнала.

Для уменьшения времени наблюдения входного сигнала при сохранении заданного качества подавления помех предлагается совместное использование рекурсивных и нерекурсивных цифровых фильтров.

Рассмотрим совместное использование цифровых фильтров на примере обработки входного сигнала, содержащего регулярную полезную составляющую нулевого порядка и аддитивную случайную помеху, которую можно представить в виде центрированного сигнала белого шума.

В качестве рекурсивного цифрового фильтра рассмотрим класс фильтров с передаточной функцией следующего вида:

$$\Phi(z) = \frac{B(z-1)}{(z-\gamma)^2},$$

где $B = 0,5 \cdot (1 - \gamma)^2$, $|\gamma| < 1$, z – аргумент дискретного Z -преобразования.

При обработке случайных цифровых последовательностей такими фильтрами обеспечивается снижение уровня аддитивных некоррелированных помех до оптимальных значений дисперсии случайной ошибки на выходе фильтра, определяемое величиной [1]:

$$\sigma^2 = \frac{1-\gamma}{2(1+\gamma)}. \quad (1)$$

В качестве нерекурсивных фильтров используем оптимальные цифровые фильтры с передаточной функцией [2]:

$$K(z) = \sum_{i=0}^N k_i z^i,$$

которые обеспечивают снижение уровня помех в выходном сигнале до величины

$$\sigma^2_n = \frac{1}{N+1}.$$

В силу линейности используемых операторов фильтрации дисперсия случайной ошибки на выходе системы из двух последовательно соединенных фильтров определится как

$$\sigma^2_{тр} = \frac{1}{N+1} \cdot \frac{1-\gamma}{2(1+\gamma)}. \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) позволяют определить новое значение нуля характеристического полинома рекурсивного фильтра, который совместно с нерекурсивным фильтром, время наблюдения входного сигнала для которого равно N , обеспечивает требуемое значение дисперсии случайной ошибки на выходе системы из двух фильтров.

$$\gamma_1 = \frac{2\gamma - N + N\gamma}{2 + N - N\gamma}. \quad (3)$$

Например, из (1) следует, что рекурсивный цифровой фильтр с $\gamma = 0,9$ обеспечивает сглаживание помех на выходе до уровня

$$\sigma^2_{тр} = 0,026.$$

Выражение (3) определяет значение нуля характеристического полинома для цифрового фильтра, который будет использоваться совместно с нерекурсивным фильтром

$$\gamma_1 = \frac{1,8 - N + 0,9N}{2 + N - 0,9N} = \frac{1,8 - 0,1N}{2 + 0,1N}.$$

Так для $N = 5$ $\gamma_1 = 0,52$. Дисперсия случайной ошибки на выходе рекурсивного фильтра рассматриваемого класса составит $\sigma^2_{рек} = 0,157895$.

Для нерекурсивного фильтра при $N = 5$ $\sigma^2_{нерек} = 0,166667$.

Дисперсия случайной ошибки на выходе системы фильтров определится как

$$\sigma^2_{\text{н+рек}} = 0,166667 \cdot 0,157895 = 0,026316,$$

что достаточно близко к требуемому показателю качества сглаживания помех рекурсивным цифровым фильтром.

При этом время наблюдения входного сигнала для рекурсивного фильтра с $\gamma = 0,9$ составит

$$T_{\text{рек}} \approx -\frac{3}{\ln \gamma} \approx 29,$$

а для $\gamma_1 = 0,52$

$$T_{\text{рек}} \approx -\frac{3}{\ln \gamma_1} \approx 5.$$

Для нерекурсивного фильтра с $N = 5$ время наблюдения составит 6. Если использовать для обработки сигнала только нерекурсивный фильтр, то для достижения требуемого качества подавления помех понадобится цифровой фильтр с

$$N = \frac{1 - 0,026}{0,026} \approx 38.$$

Таким образом, использование системы из двух фильтров позволяет сократить время наблюдения входного сигнала с 29 до $5 + 6 = 11$ с сохранением качества подавления помех в выходном сигнале.

Для удобства выбора параметров цифровых фильтров при решении конкретных задач сглаживания помех из выражений (3) и (1) нетрудно получить зависимость γ_1 от значений $\sigma^2_{\text{тр}}$ и N , а также зависимость $\sigma^2_{\text{тр}}$ от γ_1 и N .

$$\gamma_1 = \frac{1 - 2\sigma^2_{\text{тр}}(1 + N)}{1 + 2\sigma^2_{\text{тр}}(1 + N)},$$

$$\sigma^2_{\text{тр}} = \frac{1 - \gamma}{2(1 + \gamma)(N + 1)}.$$

Графики соответствующих зависимостей дисперсии случайной ошибки на выходе системы из двух фильтров от значений нуля характеристического полинома рекурсивного фильтра и порядка нерекурсивного фильтра представлены на рисунке.

Полученные результаты могут быть использованы для выбора параметров цифровых фильтров при использовании их для сглаживания информационных сигналов.

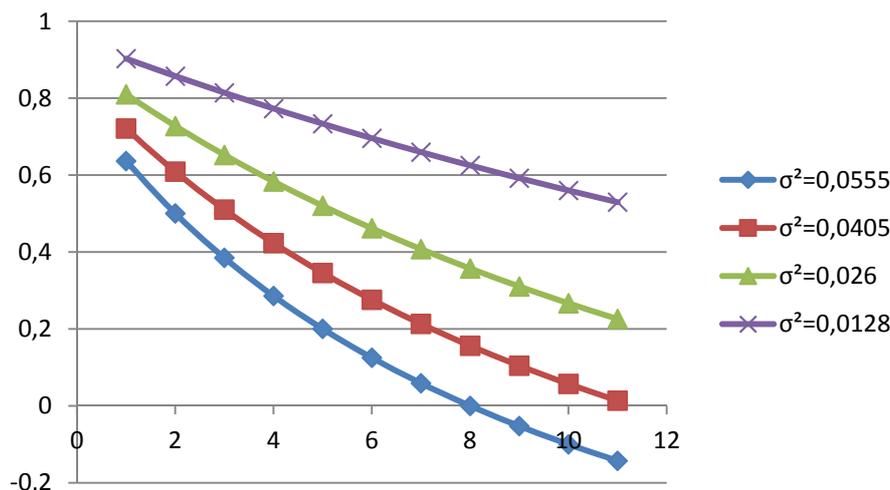


Рисунок. Зависимость дисперсии случайной ошибки от значений нуля характеристического полинома и порядка нерекурсивного фильтра

Список используемых источников

1. **О выборе** параметров при синтезе оптимальных операторов обработки цифровой информации в АСУ ТП / А. Н. Губин // Проблемы системотехники и АСУ. – Л. : СЗПИ, 1981. – С. 137–141.
2. **Статистический** синтез импульсных систем / В. П. Перов. – М. : Сов. Радио, 1959. – 454 с.

УДК 004.934.2

М. Н. Гусев, Е. В. Плотникова

О ЗАШУМЛЕНИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА РЕЧИ

Рассматривается зашумление речевого сигнала шумами различных типов, исследуется зависимость уровня громкости сигнала от коэффициента нормировки, а также зависимость получаемого соотношения сигнал/шум от уровня громкости шумового сигнала и соотношения сигнал/шум в исходном сигнале. Определяется влияние соотношения сигнал/шум на оценку качества речевого сигнала.

оценка качества передачи речи, зашумление, SNR, MOS, P.563.

Занимаясь оценкой качества передачи речи часто приходится решать задачу подготовки тестовых данных. Одним из подходов к решению данной задачи является искусственное внесение искажений в эталонные сигналы. Остановимся подробнее на зашумлении речевого сигнала – одном из наиболее распространенных видов искажения.

Зашумление – это сложение эталонного сигнала с шумовым сигналом, нормированным к заданному уровню громкости. Причем уровень громкости шумового сигнала выбирается так, чтобы в результирующем сигнале достигалось заданное соотношение сигнал/шум (SNR).

Расчет SNR и нормализация уровня громкости сигнала

Для определения уровня громкости и значения SNR , сигнал разделяется на фреймы и для каждого фрейма k по формуле (1) определяется значение энергии E_k :

$$E_k = 10 \lg \left(\epsilon + \frac{1}{Fr_{sizer}} \sum_i^{Fr_{sizer}} (s_i \cdot w_i)^2 \right), \quad (1)$$

где ϵ – малое положительное число, Fr_{sizer} – количество отсчетов во фрейме, s_i значение отсчета с номером i , w_i – значение весовой функции для отсчета с номером i .

Уровень громкости сигнала $AvgE$ определяется как среднее значение энергии по всем фреймам сигнала N_{fr} (2):

$$AvgE = \frac{1}{N_{fr}} \sum_k^{N_{fr}} E_k, \quad (2)$$

а значение SNR , как разница между максимальным и минимальным уровнями энергии:

$$SNR = E_{\max} - E_{\min}, \quad E_{\max} = \max_k^{N_{fr}} (E_k), \quad E_{\min} = \min_k^{N_{fr}} (E_k). \quad (3)$$

Для приведения сигнала с уровнем громкости $AvgE$ к уровню громкости $Avg\bar{E}$ в (1) вводится нормирующий коэффициент C (4), вычисляемый по формуле (5):

$$\bar{E}_k = 10 \lg \left(\epsilon + \frac{1}{Fr_{sizer}} \sum_i^{Fr_{sizer}} (C \cdot s_i \cdot w_i)^2 \right), \quad (4)$$

$$C = 10^{(Avg\bar{E} - AvgE)/10}. \quad (5)$$

При работе с сигналом, отсчеты которого представлены 16-и битными целыми числами, возникает проблема: из-за ошибок округления значение C не всегда позволяет необходимый уровень шумового сигнала с достаточной точностью. Более того, высокие значения уровня громкости не могут быть достигнуты из-за ограничения диапазона значений отсчетов сигнала.

Эксперименты по нормализации уровня громкости сигнала

Эталонные сигналы содержат речь и паузы. Для разделения эталонных сигналов на речь и паузу использован детектор речевой активности, описанный в известной рекомендации ITU-T известный алгоритм G.729 [1]. Значение SNR определялось только по фреймам сигнала, отнесенным к речи. Размер окна обработки, величина сдвига и значения весовой функции были взяты в соответствии с G.729.

На рисунке 1 представлен график зависимости между запрашиваемым и реально получаемым уровнями громкости для трех типов шумовых сигналов (белый, розовый и коричневый).

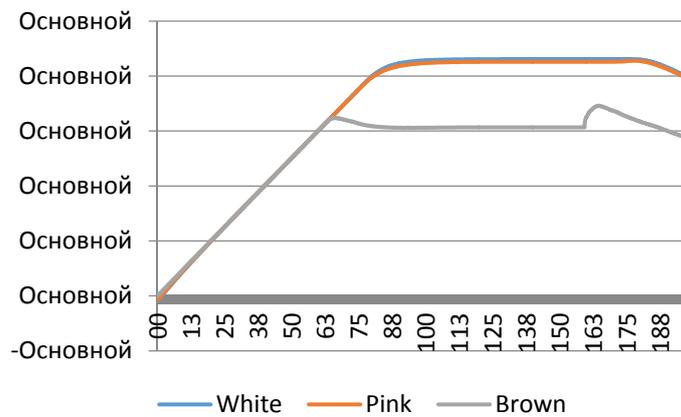


Рис. 1. Зависимость между заданным и полученным уровнями громкости шумовых сигналов

Видно, что при малых значениях уровней громкости (до 20) ошибка нормирования оказывается значительной, а высокие значения (выше 85) не достигаются вовсе. Также было установлено, что для разных типов сигнала ошибки нормирования различаются.

Нивелировать ошибку было решено на основе полученных зависимостей, используемых для определения значения коэффициента C . По таблице значений определяются ближайшие к искомому значению реально получаемые уровни громкости и соответствующие им заданные значения. По ним с помощью линейной интерполяции определяется значение уровня громкости $Avg\bar{E}$, передаваемое в (5).

В результате проведенных экспериментов (табл. 1) выяснилось, что использование полученных зависимостей позволяет существенно снизить величину ошибки нормализации.

ТАБЛИЦА 1. Ошибки нормализации для шумов различных типов

Тип шума	Сумма ошибок		Максимальное рабочее значение
	Коррекция		
	Выкл.	Вкл.	
White	49,85	2,95	85,00
Pink	51,07	2,81	85,00
Brown	31,40	2,18	60,00

Эксперименты по зашумлению речевого сигнала

Сложение речевого сигнала с шумовым сигналом имеет свои подводные камни. Так, например, складывая две одинаковых синусоиды можно получить различные результаты – от абсолютной тишины до удвоения амплитуды. Все определяется фазами синусоид.

На практике при сложении речевого сигнала с шумовым оказывается:

- что в случае низкого уровня громкости речевого сигнала, уровень громкости результирующего сигнала в значительной степени зависит от уровней громкости обоих сигналов;
- что в случае высокого уровня громкости речевого сигнала, уровень громкости результирующего сигнала практически не зависит от уровня шумового сигнала.

Для более детального исследования зависимости уровня громкости результирующего сигнала от уровней громкости исходного речевого и шумового сигналов была проведена серия экспериментов. На рисунке 2 представлены зависимости, полученные в результате сложения речевого сигнала с белым шумом. Для розового и коричневого шумов были получены аналогичные зависимости.

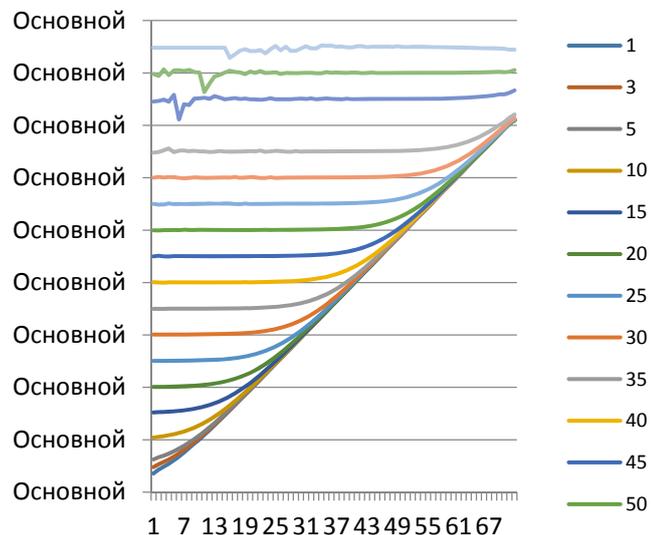


Рис. 2. Изменение уровня громкости речевого сигнала при сложении с белым шумом

Применение зависимостей, представленных на рисунке 2, позволило повысить адекватность выбора уровня громкости шумового сигнала при искусственном зашумлении эталонных речевых файлов до заданных значений *SNR* (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2. Ошибки зашумления сигнала

SNR / тип шу- ма	Ошибка зашумления без учета зависимостей			Ошибка зашумления с учетом зависимостей		
	White	Pink	Brown	White	Pink	Brown
40,00	0,39	0,93	1,59	0,36	0,77	0,80
35,00	0,40	0,98	1,98	0,40	0,59	1,09
30,00	0,49	1,26	2,66	0,59	0,59	1,36
25,00	0,87	1,63	3,31	0,50	0,88	1,94
20,00	1,24	2,02	3,99	0,58	1,29	3,97
15,00	1,57	2,45	8,25	0,83	1,74	7,19
10,00	2,02	3,08	10,62	0,73	0,80	10,71
5,00	2,89	4,31	25,28	1,13	2,65	24,41
0,00	4,10	7,11	32,46	3,87	6,43	31,99

Оценка качества зашумленных речевых сигналов

По зашумленным файлам с помощью известной реализации рекомендации ITU-T P.563 [2] были получены зависимости величины потери качества речи от значения SNR для различных типов шумов (рис. 3). Видно, что потеря качества зависит не только от SNR, но и от типа шума.

Также эксперимент показал, что зашумление высоких частот в большей степени влияет на оценки качества, чем зашумление низких частот.

На основе зависимости, полученной для белого шума (рис. 3), была разработана программа, вычисляющая оценку MOS по значению SNR с помощью кусочно-линейной интерполяции. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

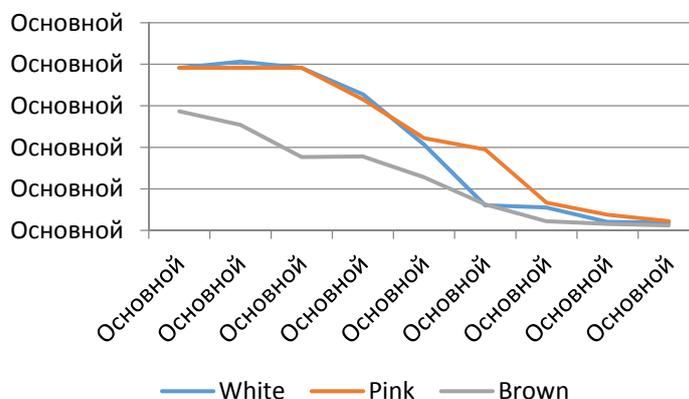


Рис. 3. Зависимость величины потери качества речи от значения SNR

ТАБЛИЦА 3. Сравнение оценок качества зашумленного сигнала

Тип шума	Среднее		Средняя ошибка		
	P.563	SNR-MOS	SNR-MOS	по SNR-MOS	по SNR-MOS
		с фильтром	без фильтра	с фильтром	без фильтра
White	2,86	2,76	2,74	0,41	0,42
Pink	2,65	2,80	2,72	0,43	0,42
Brown	3,47	4,31	3,66	1,45	1,20

В программе предусмотрено два режима работы: в первом к отсчетам исходного сигнала до вычисления энергии применяется пре-фильтр, как предусмотрено рекомендацией ITU-T G.729, во втором режиме – фильтр не используется.

Из таблицы 3 видно, что предложенный подход обеспечивает приемлемую точность для белого и розового шумов. Для коричневого шума точность оценок оставляет желать лучшего. Применение фильтра не оказывает значительного влияния на получаемые оценки в случае белого и розового шумов.

Заключение

Проведенное исследование позволило:

- существенно снизить величину ошибки нормализации шумовых сигналов разных типов;
- повысить адекватность выбора уровня шумового сигнала при искусственном зашумлении эталонных речевых файлов до заданных значений *SNR*;
- разработать программу, вычисляющая оценку *MOS* по значению *SNR*.

Исследование также показало необходимость:

- учета типа шумового сигнала при вычислении оценки *MOS* на основе значения *SNR*;
- проведения аналогичных экспериментов для случая зашумления эталонного сигнала речевым шумом;
- изменения алгоритмов вычисления *SNR* и зашумления эталонного сигнала с целью расширения диапазона рабочих значений и повышения адекватности оценок.

Список используемых источников

1. **A silence** compression scheme for G.729 optimized for terminals conforming to Recommendation V.70 [Electronic resource] // ITU-T Rec. G.729 - Annex B, 1996. – URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.729-199610-S!AnnB/en> (Дата обращения 30.04.2015).

2. **Single-ended** method for objective speech quality assessment in narrow-band telephony applications [Electronic resource] // ITU-T Recommendation P.563, 2004. – URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.563-200405-I/en> (Дата обращения 30.04.2015).

УДК 621.391

А. В. Гущин, В. Л. Литвинов

МЕТОДЫ СПЕКТРАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА В СИСТЕМАХ КОГНИТИВНОГО РАДИО

Когнитивное радио – радиосистема, которая использует технологии радиосвязи с программируемыми параметрами и другие технологии для автоматического настраивания режима работы. Использование данной технологии в уже занятых частотных диапазонах позволяет решить проблему перегруженности разрешенных к использованию частот. Для определения занятости того или иного диапазона лицензированным пользователем необходим спектральный мониторинг.

когнитивное радио, спектральный мониторинг, «белые пятна» частотного диапазона радиовещания, обнаружение сигналов.

Одна из проблем, которая стоит перед разработчиками радиовещательного оборудования – это перегруженность радиочастотного диапазона. Современные технологии модуляции и кодирования (например, [1], OFDM), позволяют добиться высокой эффективности использования частотного спектра при минимально возможном отношении сигнал/шум. Если современные технологии при работе на частотах в несколько гигагерц являются достаточно эффективными в городской среде на небольших расстояниях (LTE 4G), то в сельской местности, где дальность может составлять сотни километров, эти частоты подходят недостаточно хорошо. Таким образом, становится объясним повышенный интерес к технологии когнитивного радио, которая позволяет решить проблему перегруженности частотного диапазона за счет повторного использования уже занятых частот устаревшими и менее эффективными средствами связи и передачи данных.

При этом задача условно делится на две части: задача мониторинга частотного диапазона (спектрального мониторинга) для поиска «белых пятен» и задача формирования сигнала передатчика с необходимыми свойствами для отправки данных в этом «белом пятне». Возможны две гипотезы:

$$y(t) = \begin{cases} i(t) + w(t), & H_0 \\ s(t) + i(t) + w(t), & H_1 \end{cases} \quad (1)$$

где $y(t)$ – принятый сигнал, $i(t)$ – рукотворная помеха, $s(t)$ – сигнал первичного пользователя и $w(t)$ – аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ). H_0 и H_1 обозначают гипотезы отсутствия и присутствия сигнала первичного пользователя соответственно.

Обнаружение по мощности

Достаточно проанализировать спектральную плотность мощности (СПМ) интересующей нас полосы. Если СПМ превышает некий установленный порог, то данная полоса считается занятой первичным пользователем. Обычно для анализа СПМ применяется быстрое преобразование Фурье (БПФ) [2].

Реализация данного метода показана на рисунке 1.

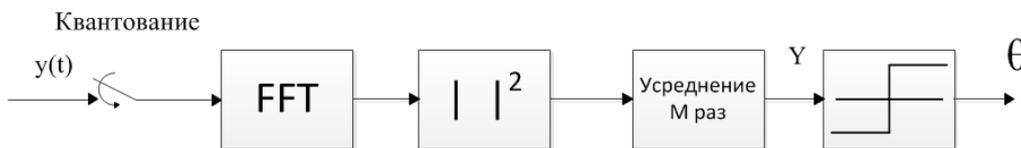


Рис. 1. Реализация метода обнаружения по мощности

Метод сравнительно прост в реализации и обнаруживает практически все типы сигналов, однако невозможно отличить сигнал первичного пользователя от рукотворной помехи, поскольку решение о наличии сигнала принимается по некой заранее заданной границе.

Циклостационарное обнаружение

Большинство сигналов, которые передаются в эфире, представляют собой циклостационарные процессы, которые имеют некоторую неочевидную периодичность. Корреляционная функция и математическое ожидание циклостационарного процесса имеют вид:

$$m_x(t + mT) = m_x(t); R_x(t_1 + kT, t_2 + kT), \tag{2}$$

где m_x – математическое ожидание, R_x – корреляционная функция, T – некоторый период, а k – целое число.

На практике сигналы приобретают такие свойства ввиду того, что в передаваемые сигналы часто вносят различные периодичности: модуляцию, пилот-сигнал и т. п.

Для реализации метода обнаружения сигнала первичного пользователя с помощью метода циклостационарного обнаружения на первом этапе вычисляют спектральную корреляционную функцию полученного сигнала (СКФ), которая является аналогом циклической автокорреляционной функции, но в частотной области. СКФ вычисляется по формуле:

$$S_x^\alpha(f) = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\frac{\Delta t}{2}}^{\frac{\Delta t}{2}} Y_T \left(t, f + \frac{\alpha}{2} \right) Y_T \left(t, f - \frac{\alpha}{2} \right) dt, \quad (3)$$

где $\alpha = 1/T$ – циклическая частота, а $Y_T(t, f)$ – спектральный компонент входного сигнала $y(t)$ на частоте f определяется (4).

$$Y_T(t, f) = \int_{t-T/2}^{t+T/2} y(u) e^{-j2\pi u} du. \quad (4)$$

В результате вычисления данной функции шум и непериодические помехи уничтожаются, а периодические компоненты полезного сигнала остаются. В отличие от обнаружения по мощности, этот метод показывает достаточно хорошие результаты даже при низком отношении сигнал/шум (СШ) и в присутствии помех. На рисунке 2 изображены результаты вычисления СКФ для сигнала с бинарной фазовой модуляцией (БФМ) для СШ = 0 дБ и СШ = -15 дБ.

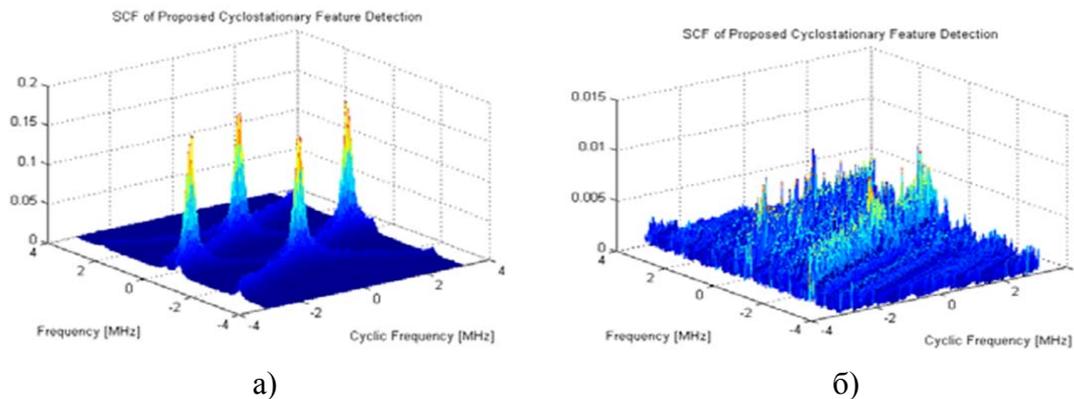


Рис. 2. СКФ сигнала БФМ: а) СШ = 0 дБ и б) СШ = -15 дБ

Для реализации данному методу необходимо существенно больше вычислительных мощностей. Помимо вычислительной сложности к недостаткам данного метода можно отнести то, что он не будет эффективным в случае многолучевого распространения, так как это искажение имеет признаки циклостационарного процесса.

Обнаружение с использованием согласованной фильтрации

Самым надежным способом обнаружения сигнала первичного пользователя является согласованная фильтрация. Если заранее известна форма сигнала, который необходимо обнаружить, то можно построить фильтр, согласованный с данным сигналом. Если на такой фильтр подать сигнал, с которым он согласован, то на выходе согласованного фильтра получим автокорреляционную функцию (АКФ) сигнала. Фактически согласованный фильтр представляет собой коррелятор. Данный метод давно применяется для обнаружения сигналов, характеристики которых хорошо известны. В стандарте IEEE 802.22 также используется обнаружение с помощью со-

гласованной фильтрации. Реализация данного метода изображена на рисунке 3.



Рис. 3. Реализация метода обнаружения с использованием согласованного фильтра

Если будет обнаружен корреляционный пик, то в данной полосе присутствует сигнал первичного пользователя.

Данный метод является самым надежным и не очень затратным с точки зрения вычислительной мощности, но требует априорного знания формы обнаруживаемого сигнала.

Обнаружение с использованием ковариационного анализа

Решение об отсутствии или присутствии сигнала в выбранной полосе принимается на основе анализа ковариационной матрицы сигнала. Принятый квантованный сигнал имеет вид:

$$y(n) = \theta s(n) + w(n), \quad 0 \leq n \leq N - 1, \quad (5)$$

где $\theta = 1$ в случае присутствия сигнала первичного пользователя и $\theta = 0$ в случае отсутствия сигнала в обозреваемой полосе.

Квантованную ковариационную матрицу принятого сигнала $y(n)$ можно записать следующим образом:

$$R_y[N] = \frac{1}{N} \sum_{n=L-1}^{N-1} y[n]y^H[n], \quad (6)$$

При достаточно большом количестве взятых отсчетов квантованную ковариационную матрицу можно приблизительно приравнять к статистической ковариационной матрице. После чего полученную матрицу можно разложить следующим образом:

$$R_y = \theta R_s + \sigma_n^2 I_L, \quad (7)$$

где R_s – автоковариационная $L \times L$ матрица сигнала первичного пользователя, σ_n^2 – дисперсия белого шума, а I_L – $L \times L$ единичная матрица.

Если вычислить максимальное μ_{max} и минимальное μ_{min} действующие значения матрицы R_y , то можно допустить следующее разложение. Если $u = (\mu_{max}, \mu_{min})$, то

$$u = \begin{cases} (\sigma_n^2, \sigma_n^2), & H_0 \\ (\rho_{max} + \sigma_n^2, \rho_{min} + \sigma_n^2), & H_1 \end{cases} \quad (8)$$

где ρ_{max} и ρ_{min} – собственные значения ковариационной матрицы, R_s сигнала первичного пользователя, а H_0 и H_1 – гипотезы об отсутствии и присутствии сигнала в обозреваемой полосе.

Таким образом, решение об отсутствии или присутствии сигнала в обозреваемой полосе можно принять исходя из соотношения

$$Y = \frac{\mu_{max}}{\mu_{min}}, \quad (9)$$

При $Y > 1$ сигнал первичного пользователя в данной полосе присутствует, если $Y = 1$, то в обозреваемой полосе присутствует только шум.

Данный метод работает достаточно плохо в условиях низкого отношения сигнал/шум (СШ). Однако этот недостаток может быть компенсирован с использованием нескольких принимающих антенн.

Заключение

В данной статье были представлены методы обнаружения сигнала первичного пользователя, применимые только для централизованной сети когнитивной радиосистемы. На рисунке 4 представлена приблизительная оценка сложности реализации (требуемой вычислительной мощности) и точности рассмотренных выше методов.

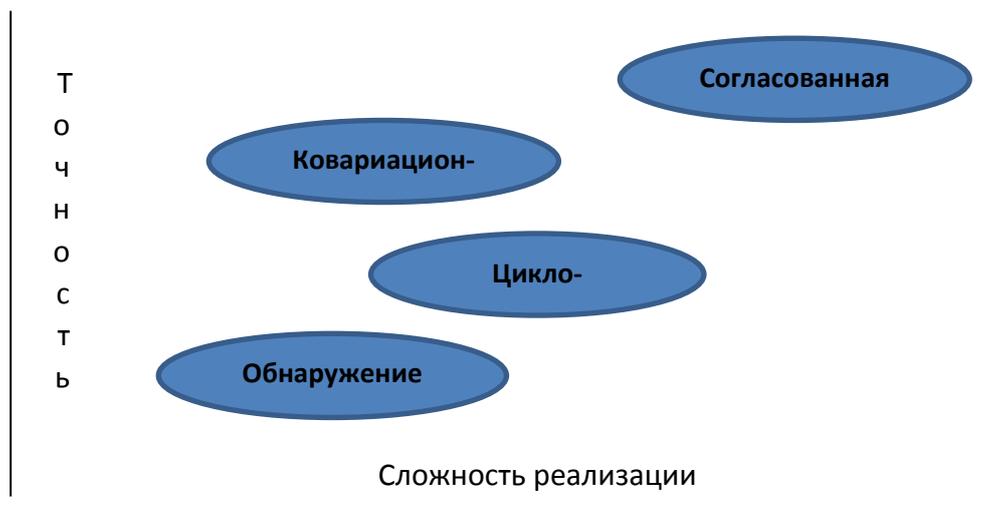


Рис. 4. Оценка сложности и точности методов спектрального мониторинга

Список используемых источников

1. **Применение** и реализация конвейерного преобразования Фурье с переменной длиной в параметризуемых OFDM-системах / А. В. Гуцин, В. Л. Литвинов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2014. – № 5. – С. 24–28.
2. **Современные** методы и средства реализации алгоритмов быстрого преобразования Фурье в информационных системах / А. В. Гуцин, В. Л. Литвинов // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 564–567.

УДК 621.391.28

Е. В. Давыдова

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАФИКА УПРАВЛЕНИЯ
НА ПАРАМЕТРЫ ПАКЕТНОЙ СЕТИ NGN**

При анализе пакетной сети NGN могут быть применены модели процессов передачи и обработки мультимедийных потоков. Данные модели строятся на основе комплексных критериев эффективности пакетной сети NGN, построенных на базе ее архитектуры. При построении моделей важно учесть влияние трафика управления на параметры данной сети.

сеть NGN, критерий эффективности, качество обслуживания, изохронная нагрузка, трафик управления.

Одним из основных показателей качества функционирования пакетной сети Next Generation Network (NGN) является степень использования ее пропускной способности мультимедийным трафиком в режиме установленного соединения. Второй показатель связан с качеством обслуживания пользователя [1].

В качестве основополагающего методологического средства оценки характеристик сети принята ее экономическая и/или функциональная эффективность. Методологической базой для построения инженерных методов расчета характеристик сети, является концепция ее архитектуры [1, 2]. В рамках этой концепции, эффективность сети в режиме установленного соединения предложено оценивать с помощью набора уровневых критериев эффективности $k_{h,ij}^k$ (h – уровень архитектуры сети, k – класс трафика), которые определяют требуемую долю пропускной способности линейно-цифрового тракта (ЛЦТ) ij трафиком различных классов (A, B, C). При этом, $k_{h,ij}^k$ зависят от необходимой для их работы служебной информации соответствующих объемов и от протоколов функционирования отдельных уровней архитектуры сети, поддерживающих соответствующие службы.

Известно, что в силу относительной независимости уровней архитектуры и «вложенности» протокольных блоков верхних уровней архитектуры сети в информационное поле протокольных блоков нижележащих уровней критерии эффективности $K_{h,ij}^k$ обладают мультипликативным свойством. Выражения для комплексных критериев эффективности использования пропускной способности ЛЦТ аудио/видео пакетами и пакетами данных соответственно K_{ij}^{Ba} , K_{ij}^{Bv} , K_{ij}^C в режиме установленного соединения в мультисервисной сети связи имеют вид [1, 2]:

$$K_{ij}^{Ba} = \frac{S^{Ba} \rho_{ij}^{Ba}}{N^{Ba} (L^{Ba} + H_{NA})}; \quad K_{ij}^{Bv} = \frac{S^{Bv} \rho_{ij}^{Bv}}{N^{Bv} (L^{Bv} + H_{NA})}; \quad K_{ij}^C = \frac{S^C \beta^C \rho_{ij}^{\hat{C}}}{N^C (L^C + H_{NA})},$$

где L^{Ba} , L^{Bv} , L^C – соответственно длина аудио/видео пакета класса B и пакета данных класса C , бит; S^{Ba} , S^{Bv} , S^C – средняя длина соответственно аудио/видео фрагмента и сообщения данных на уровне приложений – А-уровне, включая связной заголовок А-уровня, бит; N^{Ba} , N^{Bv} , N^C – среднее число информационных частей соответственно аудио/видео пакетов и пакетов данных в активном аудио/видео фрагменте и сегменте данных на А-уровне, β^C – коэффициент, учитывающий механизм организации обратной связи на транспортном – Т-уровне с целью защиты от ошибок блоков данных класса C , ρ_{ij}^{Ba} , ρ_{ij}^{Bv} и $\rho_{ij}^{\hat{C}}$, – коэффициенты загрузки межсетевого – I-уровня соответственно аудио/видео пакетами класса B и пакетами данных класса C . Указанные коэффициенты учитывают динамику очередей различных пакетов на I-уровне. Коэффициент загрузки очереди маршрутизатора трафиком данных увеличивается на коэффициент загрузки трафиком управления ρ_{RTCP} , $\rho^{\hat{C}} = \rho^C + \rho_{RTCP}$.

Комплексные критерии эффективности позволяют построить модели процессов передачи и обработки мультимедийных потоков в сети, которые могут быть применимы при анализе пакетной сети NGN.

Аналитические модели логических соединений уровней архитектуры сети имеют вид [2]:

$$V_{ij,h}^k = K_{ij,h}^k V_{ij}.$$

Важно отметить, что мультимедийные изохронные приложения предъявляют жесткие требования к транспортной среде пакетных сетей NGN. Одной из главных проблем является проблема обеспечения изохронности переноса информационных потоков класса B . При передаче изохронного трафика в сети важно обеспечить требование к сохранению значения джиттера (jitter) между поступлениями пакетов на приеме, а также синхронизацию изохронных потоков в заданных пределах [1].

На уровне приложений для этой цели в пакетной мультисервисной сети связи применяются протоколы: RTP (*Real-time Transport Protocol*) и RTCP (*Real-Time Transport Control Protocol*, RFC3550). Протокол RTP служит для передачи изохронных потоков в режиме реального времени по протоколу UDP (*User Datagram Protocol*, RFC768). Особенностью протокола RTP является вычисление средней задержки некоторого набора принятых пакетов и выдача их пользовательскому приложению с постоянной задержкой, равной этому среднему значению. Протокол RTCP служит для мониторинга QoS (*Quality of Service*) и для передачи информации об участниках обмена в ходе сессии. Данный протокол обеспечивает синхронизацию изохронных потоков на стороне отправителя. В поле протоко-

ла RTSP содержится постоянный идентификатор транспортного уровня для RTP источника – каноническое имя (*sname*), что позволяет установить соответствие между различными потоками данных от одного участника при реализации нескольких сессий одновременно (например, для синхронизации аудио и видеопотоков).

Таким образом, для обеспечения качества услуг все участники multicast-сессии должны периодически отправлять пакеты RTSP, используя тот же механизм рассылки, что и для пакетов данных. Частота передачи этих пакетов снижается с ростом числа участников. Полоса пропускания RTSP не должна превышать 5% от общего трафика сессии.

При передаче трафика управления сеть должна обеспечить его своевременную доставку по сети с целью принятия мер для восстановления QoS-норм обслуживания изохронного трафика. Таким образом, возникает задача обеспечения заданного времени передачи управляющих RTSP-пакетов в сети [1].

Обеспечить пользователю возможность управления «потокowym» приложением, осуществляющим воспроизведение аудио и/или видеoinформации, поступающей со стороны сервера в режиме lip sync (синхронизация между аудио и видеопотоками) позволяет протокол RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*) [RFC2326]. При этом пользователь имеет возможность выбора качества воспроизведения, реализации сервисов «пауза», «перемотка вперед/назад», «остановка» [3].

Таким образом, задача оценки влияния трафика управления на параметры мультимедийного трафика при анализе пакетной мультисервисной сети связи является актуальной.

Список используемых источников

1. **Защищенные** инфотелекоммуникации. Анализ и синтез: монография / Н. Н. Мошак. – СПб. : ГУАП, 2014. – 197 с. – ISBN 978-5-8088-0920-8.
2. **Построение** и формализация уровневых и комплексных критериев эффективности мультисервисной сети связи / Е. В. Давыдова // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014 г. – С. 450–454.
3. **Возможности** современных систем видеоконференцсвязи / В. А. Тарасов // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 645–648.

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом технических наук, профессором О. И. Золотовым.

УДК 004.932.2

В. М. Дегтярев

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ
КОЭФФИЦИЕНТОВ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ
4-го ПОРЯДКА НА ФОРМУ ОПИСЫВАЕМОЙ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

На смену векторным моделям при геометрическом компьютерном моделировании реальных объектов приходят алгебраические модели, которые более компактны и позволяют получить задаваемую высокую точность описания. Алгебраические модели высших порядков (более двух) открывают возможности описания геометрии сложных форм поверхностей и тел, однако они еще недостаточно изучены для практического использования. В данной работе представлены результаты исследования алгебраических моделей 4-го порядка.

алгебраическая геометрия, геометрическое моделирование, замкнутые поверхности.

В настоящее время широко используются в вычислительных задачах векторные модели. Однако при описании геометрии сложных реальных тел векторные модели занимают большие объемы памяти и при обработке требуют значительных вычислительных ресурсов.

Появление алгебраических моделей (описание поверхностей реальных тел трехмерными алгебраическими уравнениями 1, 2-го порядка) сокращает объемы записываемой модели и ускоряет их обработку, однако сложность их геометрии ограничена⁷.

Большой интерес представляет идея описания геометрии реального тела сложной конфигурации одним полным алгебраическим уравнением n – степени в трехмерном декартовом пространстве. Чем выше степень алгебраического уравнения n , тем больше инвариантов поверхностей и сложность геометрии тела, ограниченного этой поверхностью¹.

Изменение числовых значений и знаков коэффициентов при переменных алгебраического уравнения (по всей числовой оси от нуля до бесконечности в положительную и отрицательную стороны) дает возможность описывать огромное многообразие типов (инвариантов) геометрических форм поверхностей.

Точность описания геометрии тела не требует увеличения объема алгебраической вычислительной модели и может быть достигнута любого заданного значения.

⁷ Компьютерная геометрия и графика : учеб. для студ. вузов / В. М. Дегтярев. – М. : Академия, 2010. – 192 с. – ISBN 978-5-7695-8500-5.

Практический для нас интерес представляют алгебраические уравнения, которые описывают геометрию замкнутых поверхностей, ограничивающих реальные тела сложной формы.

Влияние значений коэффициентов алгебраических уравнений высших порядков (более второго порядка) на геометрию описываемой поверхности мало изучены и для практического моделирования и конструирования реальных тел необходимо выявление закономерности влияния изменения значений отдельных коэффициентов уравнения на геометрию замкнутых поверхностей.

Так как имеются примеры алгебраических поверхностей 4-го порядка, то было принято решение проведение исследования с такими поверхностями.

Цель исследования – определить число типов (инвариантов) и геометрическую форму замкнутых поверхностей, описываемых полным алгебраическим уравнением 4-го порядка, путем целочисленного изменения значений коэффициентов и их знаков членов алгебраического уравнения.

Полное алгебраическое уравнение 4-го порядка имеет вид

$$A_{34}x^4 + A_{33}y^4 + A_{32}z^4 + A_{31}x^3y + A_{30}x^3z + A_{29}y^3x + A_{28}y^3z + A_{27}z^3x + A_{26}z^3y + A_{25}x^2y^2 + A_{24}x^2z^2 + A_{23}y^2z^2 + A_{22}x^2yz + A_{21}y^2xz + A_{20}z^2xy + A_{19}x^3 + A_{18}y^3 + A_{17}z^3 + A_{16}x^2y + A_{15}y^2z + A_{14}y^2x + A_{13}y^2z + A_{12}yz^2 + A_{11}z^2y + A_{10}xyz + A_9x^2 + A_8y^2 + A_7z^2 + A_6xy + A_5xz + A_4yz + A_3x + A_2y + A_1z + A_0 = 0$$

и содержит 35 числовых коэффициентов ($A_{34} \dots A_0$) членов уравнения, имеющих всевозможные комбинации степеней от 4 до 0 переменных x, y, z трехмерной декартовой системы координат.

В исследовании использовалась экспериментальная вычислительная программа, работающая с алгебраическими моделями 4-го порядка.

Предложена следующая методика проведения исследования:

1. Вводим значения коэффициентов при переменных алгебраического уравнения 4-го порядка выбранной поверхности в программу визуализации.

2. Строим изображение полученной поверхности.

3. Целочисленные коэффициенты уравнения ($A_{34} \dots A_0$) будем изменять последовательно на величины (+1, -1) с изменением значения коэффициента, фиксируя изменения формы поверхности путем визуализации поверхности, определяя тип (инвариант) поверхности, момент разрыва замкнутой поверхности, отсутствие реальной поверхности.

4. Анализируем геометрическую форму поверхности.

5. Результаты заносим в таблицу.

6. После всех изменений первого коэффициента возвращаемся в исходное положение и изменяем следующий коэффициент.

7. Процедура 3...6 повторяется для всех коэффициентов уравнения.

8. Процедуры 1...7 повторяем для всех четырех замкнутых поверхностей.

9. Полученные результаты по всем замкнутым поверхностям анализируются и формируются в виде рекомендаций для проектировщиков и разработчиков реальных изделий.

Особенностью данной методики является конечное число изменений коэффициентов уравнений при визуальном анализе получаемых поверхностей и тенденций их изменений при конструировании необходимых поверхностей и тел, что имеет практическое значение.

Так как исследовались 4 поверхности (рис. 1 ... рис. 4), изменялись все 140 коэффициентов уравнений, и каждому коэффициенту задавалось около 10 значений, то это позволило выявить влияние изменения формы поверхностей от численного значения каждого коэффициента уравнения.

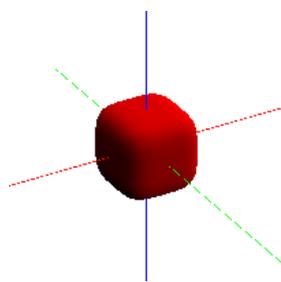


Рис. 1. Куб

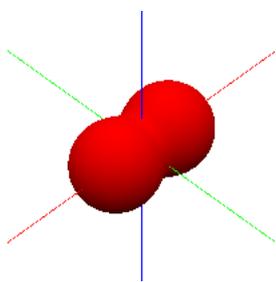


Рис. 2. Две сферы

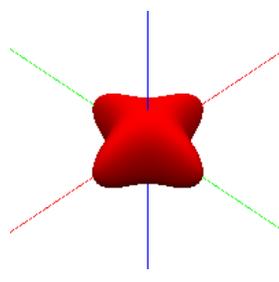


Рис. 3. Два эллипсоида

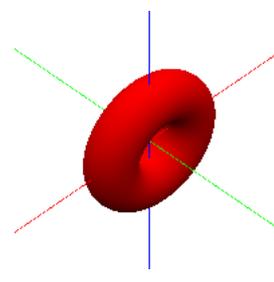


Рис. 4. Тор

Необходимо отметить, что программа обрабатывает все 35 коэффициентов полного алгебраического уравнения. Там, где в исходном уравнении отсутствуют какие-либо коэффициенты, это означает, что они равны нулю. В ходе эксперимента им можно присвоить любые целочисленные значения положительные или отрицательные по всей числовой оси.

В качестве исходных данных были выбраны поверхности:

1. «Алгебраический куб» $x^4 + y^4 + z^4 - 100 = 0$ (рис. 1).

2. «Пара пересекающихся сфер»

$$x^4 + y^4 + z^4 + 2x^2y^2 + 2x^2z^2 + 2y^2z^2 - 39x^2 - 8y^2 - 8z^2 + 1 = 0 \text{ (рис.2).}$$

3. «Пара пересекающихся эллипсоидов»

$$6x^4 + 9y^4 + 6z^4 + 21x^2y^2 + 80x^2z^2 + 21y^2z^2 - 175x^2 - 100y^2 - 175z^2 - 1 = 0 \text{ (рис.3).}$$

4. «Тор»

$$x^4 + y^4 + z^4 + 2x^2y^2 + 2x^2z^2 + 2y^2z^2 - 40x^2 - 40y^2 + 24z^2 + 132 = 0 \text{ (рис.4).}$$

Приводятся некоторые характерные преобразования.

На рисунке 5 приведены слева-направо поверхности: куб, две сферы, два эллипсоида, тор, которые при изменении одного коэффициента уравнения перестали быть замкнутыми.

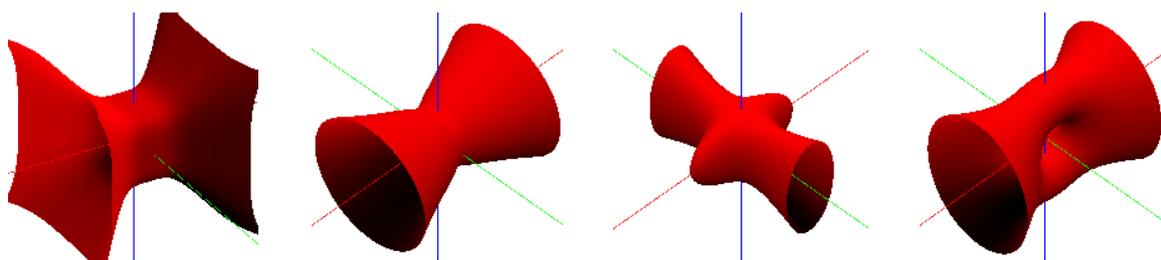


Рис. 5. Разрыв замкнутой поверхности

На рисунке 6 показаны поверхности, расположенные в том же порядке, как и на рисунке 5. Поверхности изменили геометрические размеры, при этом сохранился инвариант поверхности, и путем изменения значения коэффициентов уравнения можно осуществлять подгонку поверхности по физическим размерам осей системы координат при стыковке и сглаживании с другими поверхностями.

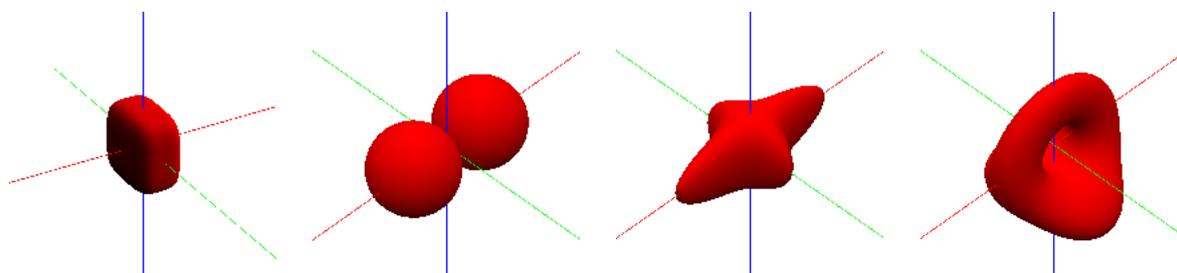


Рис. 6. Изменение размеров поверхностей с сохранением инварианта

На рисунке 7 показаны поверхности, расположенные в том же порядке как и на рисунке 5. В качестве примера показаны по три инварианта исходных поверхностей.

Анализ полученных результатов показал:

1. Каждый коэффициент алгебраического уравнения 4-го порядка имеет зону изменения типа (инварианта) замкнутой поверхности, как в положительной, так и в отрицательной зоне чисел.

2. Момент разрыва поверхности имеет фиксированное значение для каждого типа поверхности и может происходить при изменении какого-либо коэффициента уравнения.

3. Число инвариантов замкнутых поверхностей 4-го порядка неопределимо, так как коэффициенты уравнения могут иметь числовые значения от минус бесконечности до плюс бесконечности, а сложные степенные зависимости переменных x , y , z алгебраического уравнения 4-го порядка не позволяют определить ограничения этих значений.

4. Классифицировать инварианты по геометрическому признаку практически невозможно из-за их огромного числа многообразий значений чисел коэффициентов с учетом изменения знаков чисел. Можно только

констатировать изменение геометрической формы поверхности по осям трехмерной системы координат.

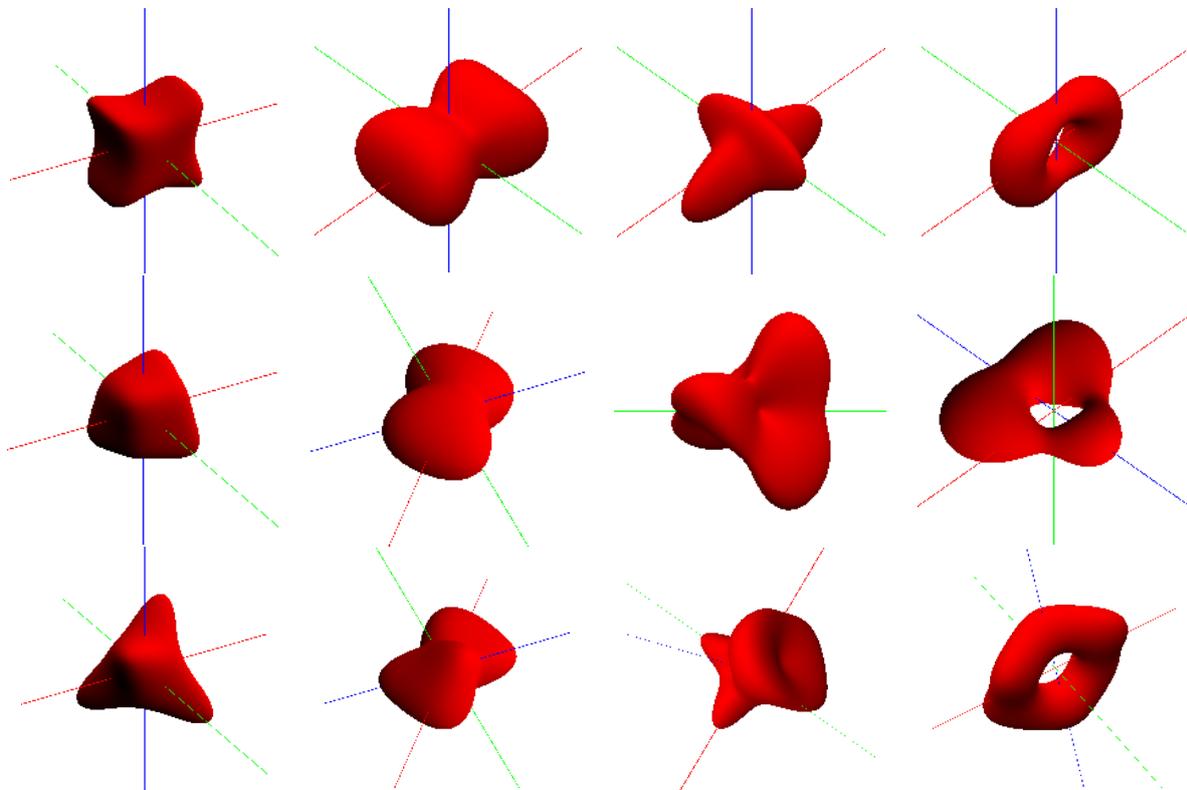


Рис. 7. Некоторые инварианты исходных поверхностей

5. Наличие мнимых поверхностей в данном исследовании обнаружено не было, так как в данном методе исследования не проводился полный перебор всевозможных комбинаций значений коэффициентов уравнения. Мнимые поверхности появляются в том случае, если уравнение не имеет действительных решений. В общем случае число действительных и мнимых поверхностей для поверхностей 4-го порядка может быть множество.

6. Просматривается связь изменения геометрии поверхности в зависимости от степенной комбинации переменных x , y , z члена уравнения, при котором меняется значение коэффициента.

7. Дальнейшие исследования целесообразно проводить в области нахождения подобия алгебраических поверхностей реальным телам природы с целью использования таких поверхностей для задач моделирования.

УДК 004.421.4

В. М. Дегтярев, А. В. Соловьева

**МЕТОД СФЕРИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ**

Геометрия замкнутого пространства горения представлено алгебраической моделью 4-го порядка в виде элементарных сфер, в которых вычисляются давление и температура замкнутого пространства.

Предложенный метод сферической визуализации процесса горения в замкнутом пространстве предоставляет возможность отображать процесс горения в динамическом режиме с наблюдением всего пространства горения.

процесс горения, алгебраическая геометрия, замкнутое пространство, визуализация.

Аналитическая модель процесса горения в замкнутых объемах [1], требует специального подхода для решения задачи визуализации процесса горения в замкнутых объемах.

В отличие от других моделей горения геометрическое замкнутое пространство горения в данном случае описывается алгебраической моделью и может быть сложной геометрической конфигурации высшего порядка. В работе рассматриваются пространства, ограниченные поверхностями 4-го порядка.

Рассмотрим условия горения и порядок расчетов параметров горения в замкнутом пространстве.

Процесс горения начинается в любой произвольной точке внутри замкнутого пространства и распространяется по всему замкнутому пространству до ограничивающей поверхности в виде внешних слоев концентрических сфер с центрами, расположенными в начальной точке горения.

Задача процесса горения решается в трехмерном декартовом пространстве [2]. В данной работе используется растровая модель [3]. Замкнутое непрерывное пространство горения дефрагментируется на воксели, которые представляют собой кубики и заполняют все замкнутое пространство. В воксели вписаны элементарные сферы с центром в середине воксела, а поверхность элементарной сферы касается граней воксела.

В процессе горения увеличение радиуса концентрических сфер осуществляется на размер воксела.

Таким образом, все замкнутое пространство горения заполняется последовательно элементарными сферами, касающихся соседних элементарных сфер в следующих слоях концентрических сфер.

Вначале вычисляются параметры в начальной точке горения первой элементарной сферы.

В ходе решения задачи процесса горения мы должны последовательно получать и фиксировать следующие показатели: время послойного горения в элементарных сферах (v); координаты элементарных сфер (x, y, z); давление продуктов сгорания в элементарной сфере (p); температуру продуктов сгорания в элементарной сфере (t).

В процессе горения в замкнутом пространстве результаты горения записываются в шестимерный массив послойного процесса горения (табл.) и могут быть использованы для визуализации процесса горения.

После окончания процесса горения (табл.) будет полностью заполнена и может быть использована для динамической визуализации процесса горения: визуализации температуры и давления на поверхности, ограничивающей замкнутое пространство горения.

ТАБЛИЦА. Запись показателей горения

Номер слоя горения	Номер элементарной сферы в слое	Координаты элементарных сфер			Давление в элементарной сфере p , атм.	Температура в элементарной сфере t , Т.К.	Время горения слоя v , сек.
		x	y	z			
0	0	0	0	0	1,45	2843	0,00008
1	1	0	0	1			
	...						
	26						
...							
10	1						
	...						
	271						
...							

Послойное формирование массива данных замкнутого пространства следующее.

Первый слой – это точка возгорания, состоящая из одной элементарной сферы. Так как точка возгорания располагается в начале системы координата, то координаты единственной элементарной сферы равны 0, 0, 0. Для нее рассчитывают при возгорании давление, температуру и время горения.

Каждый последующий слой – это концентрическая сфера, радиус (r) которой увеличивается на диаметр (d) элементарной сферы и вписывается

в куб с размером граней, стороны которых равны диаметру концентрической сферы.

Слой состоит из элементарных сфер, лежащих в шести гранях куба. Номера граней куба следующие:

- 1 – ближняя (фронтальная плоскость $x, y = r, z$);
- 2 – дальняя (фронтальная плоскость $x, y = -r, z$);
- 3 – верхняя (горизонтальная плоскость $x, y, z = r$);
- 4 – нижняя (горизонтальная плоскость $x, y, z = -r$);
- 5 – левая (профильная плоскость $x = -r, y, z$);
- 6 – правая (профильная плоскость $x = r, y, z$).

Нумерации элементарных сфер в слое начинается в 1-ой грани. Нумерации элементарных сфер в гранях осуществляется с центрального вокселя грани по векторной спирали в направлении по часовой стрелке до окончательного вокселя.

Переход нумераций элементарных сфер с грани на следующую грань осуществляется в порядке номеров граней.

Так как принято, что сгорание происходит равномерное, то при расчете параметров горения в слое одинаковое для всех элементарных сфер, лежащих в данном слое при учете начальных условий давления и температуры после сгорания в предыдущем слое.

Для каждого слоя проверяется условие нахождения элементарных сфер в замкнутом пространстве. Если элементарная сфера выходит из замкнутого пространства, она не участвует в горении.

При нумерации элементарных сфер вычисляем их координаты и заносим в таблицу.

Когда все элементарные сферы выходят из замкнутого пространства процесс горения прекращается.

Если процесс горения рассматривается во времени, то мы имеем дело с шестимерной моделью; трехмерное геометрическое пространство (x, y, z) , давление (p) , температура (t) и время горения (v) .

Визуализацией аналитической модели процесса горения является отображение состояния газов, а именно, давления и температуры продуктов горения в каждой точке замкнутого пространства горения в динамическом режиме с момента загорания смесей газов в любой определенной и горения до полного достижения поверхности, ограничивающей замкнутое пространство.

Визуализация геометрических объектов, в основном, это рассмотрение объектов с внешней стороны. Чтобы их тщательно рассмотреть и понять их форму, на них смотрят либо с разных позиций, либо объекты поворачивают в пространстве при этом внутреннее содержание этих объектов остается невидимым. Для выявления внутренней структуры объектов их разрезают плоскостями и в этих плоскостях показывают внутреннее содержание.

В данной работе предлагается визуализация алгебраических моделей замкнутых поверхностей при рассматривании с внешней стороны с любых позиций в изометрической проекции, а для рассматривания внутреннего состояния горения газов делать вырез одного октанта замкнутого пространства. На вырезе мы увидим состояние горения в точке замкнутого пространства.

Устанавливая замкнутое пространство в любой позиции путем вращения вокруг осей x , y , z или перемещения вдоль осей x , y , z , имеется возможность увидеть в вырезе весь процесс горения в любой точке замкнутого пространства.

Температура отображается попиксельно красным цветом в 256 градациях. Высокая температура отображается ярко красным цветом, а низкая температура отображается темно красным цветом.

Давление отображается попиксельно синим цветом в 256 градациях. Низкое давление отображается ярко синим цветом. Высокое давление отображается темно синим цветом.

Для детализации динамики процесса горения предусмотрена кадровая визуализация процесса горения с замедлением или ускорением времени визуализации.

В данной работе применение алгебраической, растровой модели и предлагаемого метода сферической визуализации в процессе горения открывает возможности:

1. Моделировать и визуализировать процесс горения с любой задаваемой точностью с учетом аппаратуры визуализации.
2. Снизить объемы записи геометрической информации при высокой точности отображения сложных замкнутых пространств.
3. Ускорить процесс моделирования процессов горения в замкнутых пространствах.
4. Визуально анализировать динамический процесс горения.

Список используемых источников

1. **Моделирование** процессов горения в замкнутых объемах сложной формы / В. М. Дегтярев, А. В. Хижняк // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 585–590.

2. **Инженерная** и компьютерная графика : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Дегтярев, В. П. Затыльникова. – М. : Академия, 2010. – 240 с. – ISBN 978-5-7695-4089-9.

3. **Компьютерная** геометрия и графика : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Дегтярев. – М. : Академия, 2010. – 192 с. – ISBN 978-5-7695-5888-7.

УДК 004.72

А. О. Епихин, Р. В. Киричек, А. Е. Кучерявый

**АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА БЕСПРОВОДНОЙ
СЕНСОРНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Рассматриваются проблемы, возникающие в процессе жизненного цикла беспроводных сенсорных сетей, а также предложены варианты решения данных проблем. В процессе проводимого исследования была разработана агентная модель, позволяющая моделировать поведение узлов сенсорной сети.

сенсорные сети, жизненный цикл сенсорной сети, агентное моделирование, имитационное моделирование.

В настоящее время имитационное моделирование является одним из важнейших инструментов, используемых при научных исследованиях в области сетей связи [1]. Агентное моделирование можно определить, как метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как это поведение определяет поведение всей системы в целом. При разработке агентной модели исследователь вводит параметры агентов (это могут быть люди, компании, активы, проекты, транспортные средства, города, животные в нашем случае узлы сенсорной сети), определяет их поведение, помещает их в некую окружающую среду, устанавливает возможные связи, после чего запускает моделирование (рис. 1). Индивидуальное поведение каждого агента образует глобальное поведение моделируемой системы.

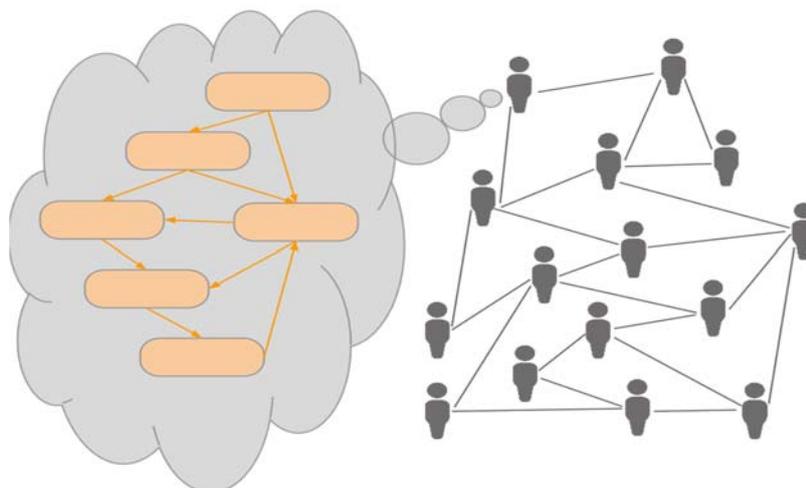


Рис. 1. Простейшая схема агентной модели

При построении модели за основу была взята ячеистая топология сети ZigBee (рис. 2) [2].

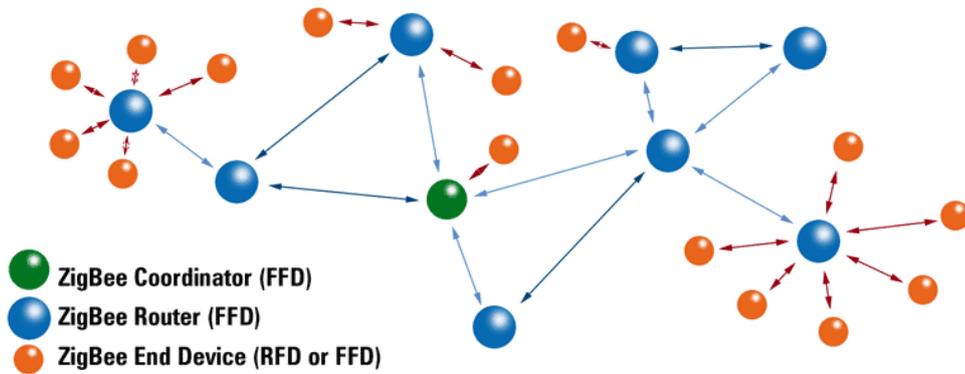


Рис. 2. Ячеистая (Mesh) топология сети ZigBee

В процессе жизненного цикла сети в рамках разработанной модели узлы могут находиться в пяти состояниях: координатор, маршрутизатор, мобильный узел, спящий узел, разряженный узел. Схема состояний представлена на рисунке 3.

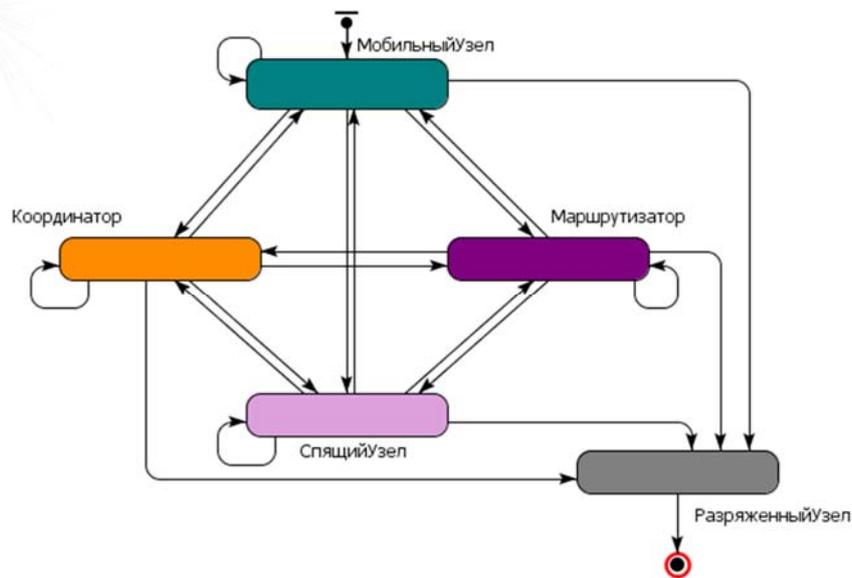


Рис. 3. Диаграмма состояний агентной модели сенсорной сети

Разработанная модель позволяет убедиться в том, что существует проблема с энергоснабжением мобильных узлов сенсорных сетей. Как видно на рисунке 4, узлы сенсорной сети начинают постепенно разряжаться, что приводит к неизбежному завершению жизненного цикла сенсорной сети.

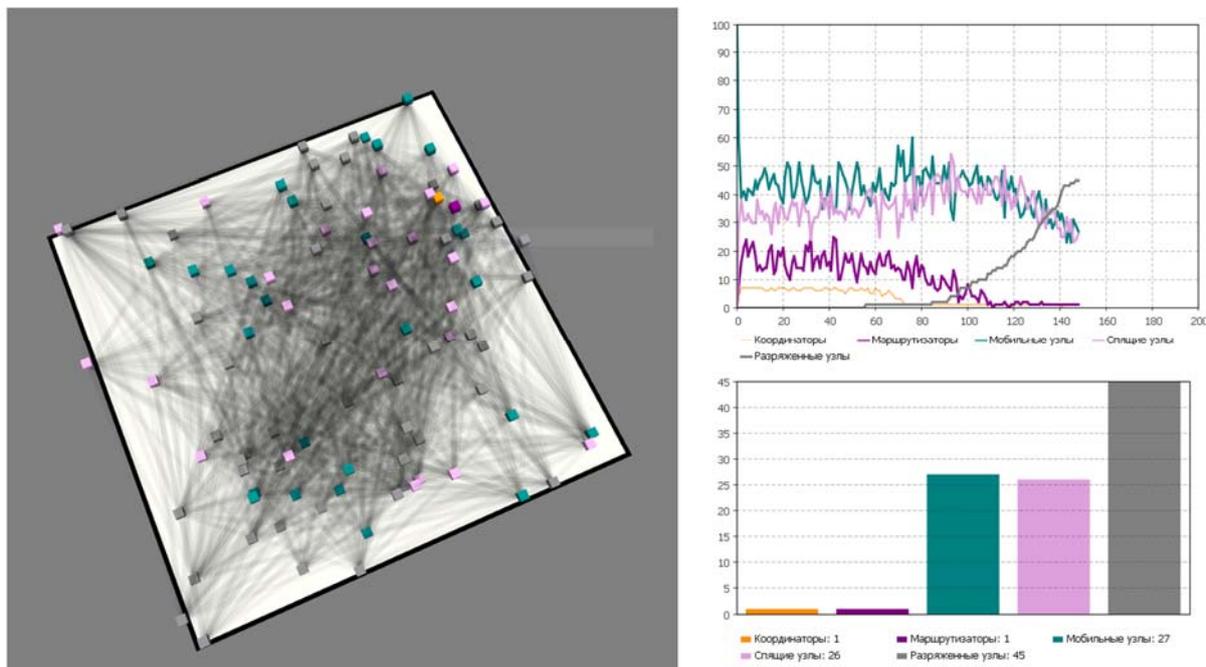


Рис. 4. Сенсорное поле, временной график и гистограмма состояний узлов

Возможные пути решения данной проблемы заключаются в следующем:

- Для экономии энергозатрат следует применять современные алгоритмы кластеризации и выбора головного узла кластера (LEACH, TEEN, DCA) [3]–[5].
- Альтернативные методы сбора информации (БПЛА, Роботы). Данный вариант решения этой проблемы позволяет перейти к современному направлению в области всепроникающих сенсорных сетей – летающим сенсорным сетям [6].

Список используемых источников

1. **Сети** связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчёта / А. Е. Кучерявый, А. И. Парамонов, Е. А. Кучерявый. – М. : ФГУП ЦНИИС, 2008. – 296 с. – ISBN 5-00-000831-6.
2. **Самоорганизующиеся** сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 310 с. – ISBN 978-5-86983-318-1.
3. **Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks** / W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan // Proceedings 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Wailea Maui, Hawaii, USA, January 4–7, 2000. – Vol. 2. – PP. 1–10.
4. **TEEN: A Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks** / A. Manjeshwar, D. P. Grawal // Proceedings, 15th Parallel and Distributed Processing Symposium, San Francisco, USA, 23–27 April, 2001. – V. 3. – PP. 2009–2015.
5. **Prediction-based Clustering Algorithm for Mobile Wireless Sensor Networks** / A. Koucheryavy, A. Salim // International Conference on Advanced Communication Technology, 2010 (ICACT 2010), Phoenix Park, Korea, February 7–10, 2010. – PP. 1209–1215.

6. **Летающие** сенсорные сети / А. Е. Кучерявый, А. Г. Владыко, Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, И. А. Богданов, А. А. Дорт-Гольц // Электросвязь. – 2015. – № 9. – С. 2–5.

УДК 681.5

О. И. Золотов, Л. П. Козлова, О. А. Козлова

ПРИНЦИПЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ

Когда возникает необходимость классифицировать данные, в реальных задачах может возникнуть ряд проблем, которые в общем случае можно обозначить как неопределенности. Однако это не должно помешать выполнению процедуры классификации, а, значит, должны быть и способы преодоления этих проблем.

классификация, кластеризация, неопределенности, fuzzy-системы.

Задача классификацию может возникнуть в различных системах. Она может быть основополагающей либо вспомогательной, но, в любом случае, качество ее результатов, оказывает существенное влияние на весь рассматриваемый процесс.

Общая постановка задачи классификации выглядит как разбиение исходной выборки объектов на классы по определенному признаку. То есть имеется некоторое множество объектов, обладающее определенным набором свойств. Выделив эти свойства можно разделить объекты на группы по их соответствию. Так, например, можно выделить габаритные размеры объектов, цвета, материалы и пр., и полученные в результате группы будут одинакового размера, цвета, сделаны из одного материала.

Более детально процесс классификации можно условно разделить на следующую последовательность этапов:

1. Постановка задачи классификации.
2. Сбор исходной информации, ее анализ и предварительная обработка (например, приведения формата всех данных к одному общему).
3. Выбор конкретного метода классификации.
4. Непосредственно сам процесс разбиения информации на классы.
5. Проверка результатов и анализ правильности выбора метода классификации.

При реализации этой последовательности на практике зачастую возникает неопределенность. Для того чтобы задача классификации была выполнена успешно необходимо устранить эту неопределенность, для чего,

в свою очередь, необходимо выявить на каком из этапов она появилась, а затем можно определять с методами ее устранения.

Определить откуда взялась неопределенность не сложно – достаточно внимательно проверить этапы классификации. Более того, как правило, понимание о возникновении неопределенности приходит не после получения результатов, а именно на том этапе, где она образовалась. Сложнее определиться с методами ее устранения, особенно еще и потому, что на каждом этапе они разные.

Но для начала определимся: что же такое неопределенность. По сути, это проявление нечеткости возникающей по различным причинам.

Тут можем выделить:

- неоднородность свойств предмета, либо слабое их проявление;
- случайность возникновения свойств;
- размытость границ классов, явлений, событий, пр.;
- отсутствие полного описания предмета, события, явления;
- невозможность получения знаний о предмете, явление, событии;
- ошибочность при интерпретации полученной информации;
- различность точек зрения экспертов на одни и те же аспекты;
- прочее.

Однако, чем бы была вызвана нечеткость, в любом случае она является характеристикой свойств объектов, либо связей между ними.

В задаче классификации она в большей степени представляется несоответствием исходных данных постановке задачи и выбранным методам.

Возвращаясь к этапам классификации следует заметить, что неопределенность, появляющаяся на этапе постановки задачи, скорее субъективная, поскольку вытекает из личного восприятия конкретного исследователя, и, в этом случае, может быть скорректирована пересмотром его взглядов, либо введением в процесс второго исследователя.

Еще одна неопределенность появляется на этапе выбора метода классификации, но вытекает она из постановки задачи. Поскольку конечной целью является разбиение общей совокупности на классы, то возникает вопрос о количестве этих самых классов. В некоторых задачах это количество может быть задано, в других планируется разбиение на естественные группы. Для того чтобы разобраться с этой неопределенностью нужно вспомнить, что непосредственное разбиение происходит на этапе кластеризации данных. Самых алгоритмов кластеризации существует бесчисленное множество и еще больше их модификаций.

При известном количестве кластеров наиболее часто используется алгоритм k -средних (или его модификации).

В общем случае, алгоритм выглядит следующим образом: на начальном этапе задаются количество кластеров и мера близости (чаще всего Евклидово расстояние), а дальше сам процесс сводится к определению цен-

тров кластеров и проверки удаленности каждого из элементов начальной выборки от этих центров.

Если количество кластеров изначально неизвестно, то необходимо подобрать соответствующий алгоритм. Например, алгоритм послойной кластеризации в качестве начальных данных использует не количество кластеров, а последовательность порогов расстояния. Данный алгоритм формирует последовательность графов, которые отражают связи между кластерами. Т. е. изначально определяется пороговое расстояние, которое задает уровень расстояния между данными для выделения связанных компонент графа [1].

Еще одной проблемой в задаче классификации может стать нехватка информации о свойствах исходной выборки. Допустим, у нас есть некоторые данные с трудно определяемыми, в силу природных причин, свойствами. В этом случае задача классификации сталкивается с проблемой выбора непосредственно метода, поскольку неизвестно какие данные в действительности могут быть использованы. Одним из методов решений может такой неопределенности может стать использование сторонних экспертов, более детальных измерений, расширенный круг априорных исследований объекта. Однако, это не всегда возможно.

Другой проблемой является нечеткость самих свойств, когда одному объекту соответствуют характеристики двух и более классов. В этом случае, хоть у нас и есть полноценная исходная информация, выбор метода классификации затруднен.

На помощь решения последних неопределенностей могут прийти алгоритмы *fuzzy* классификации информации.

Такие системы не навязывают определенный класс, но дают степень принадлежности входного объекта к каждому из классов.

Когда класс характеризуется перечнем входящих в него элементов, построение системы, классификации данных может быть основано на принципе принадлежности к этому перечню. Когда класс характеризуется некоторыми общими свойствами, присущими всем его членам, построение системы классификации может основываться на принципе общности свойств. Когда при рассмотрении класса обнаруживается тенденция к образованию кластеров в пространстве образов, построение системы классификации основывается на принципе кластеризации [2].

Классификацию в случае использования методов *fuzzy* управления можно представить в виде задачи выявления функций принадлежности для лингвистических координат технологического процесса (ТП).

В общем смысле кластеризация – это процесс объединения в группы схожих объектов. Группы подбираются таким образом, чтобы внутри каждой из них объекты обладали максимально схожими свойствами, тогда как свойства разных групп максимально отличались друг от друга [2].

Когда в ход идут *fuzzy* алгоритмы, то у системы появляется ряд гибких особенностей. К ним можно отнести:

- возможность подстраиваться под постоянно изменяющиеся входные данными;
- подстраиваемая система формализации свойств, предполагающее не жесткую принадлежность, а такие как «наиболее», «преимущественно», «скорее всего»;
- возможность проводить сравнительный анализ свойств с заданной степенью точности.

При использовании *fuzzy* кластеризации появляется возможность оценить степени принадлежности к разным классам, и таким образом рассматривать все возможные варианты, возникающие при неопределенности свойств объектов либо при постоянно меняющихся свойствах [3].

Такие системы классификации подстраиваются под конкретную текущую ситуацию, позволяет оценивать одни и те же элементы с разных точек зрения, что в принципе исключает невозможность оценивания объекта, и, соответственно, исключает влияния любых неопределенностей.

Список используемых источников

1. Алгоритмы кластеризации на службе Data mining [Электронный ресурс] / Н. Паклин. – Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/> (Дата обращения 06.04.2015).
2. Нечеткая кластеризация в задаче технического зрения у роботов / О. А. Козлова // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2010. – № 7. – С. 71–77.
3. Системы управления с нечеткой логикой / Ю. А. Кораблев, М. Ю. Шестопапов. – СПб. : СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 2008. – 35с. – ISBN 5-7629-0237-4.

УДК 681.3.06

А. В. Иващенко, Д. С. Косов, В. В. Кузьмин,
А. А. Минаев, А. Л. Новиков

МОДЕЛЬ ПОСРЕДНИКА В МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ

В статье предлагается реализовать распределенную систему технической или медицинской диагностики, основанную на архитектуре Интернета вещей, с использованием мультиагентных технологий. Для реализации балансировки загрузки сети предлагается модель агента – посредника, обеспечивающего предобработку информации и реализующего взаимодействие в сети передачи данных. В качестве примера описывается реализация устройств контроля процессов внутривенной инфузии.

интернет вещей, мультиагентные технологии, модель посредника, распределенная архитектура, медицинская диагностика.

Современные диагностические системы представляют собой сложные аппаратно-программные комплексы с распределенной архитектурой. Целью технической диагностики является мониторинг и оценка технического состояния машин, механизмов и оборудования, цели медицинской диагностики включают отслеживание состояния пациента в условиях протекающих болезней с последующим становлением диагноза. Родство целей технической и медицинской диагностики, которое состоит в необходимости мониторинга многих параметров сложного объекта (системы) в режиме реального времени, обуславливает высокую актуальность задачи сбора и обработки больших данных (*Big Data*).

Для решения этой проблемы может быть использован высокий потенциал современных технологий разработки систем связи и программирования. Современные системы диагностики имеют распределенную архитектуру и строятся в виде сетей автономных устройств связи, способных взаимодействовать между собой в режиме реального времени. Такие сети могут изменять свою конфигурацию в ответ на события внешней среды, представлять открытые интерфейсы для подключения новых устройств и производить балансировку собственной загрузки в соответствии с возникающими потребностями.

В связи с этими особенностями высокий потенциал имеют технологии Интернета вещей (*Internet of things, IoT*) и мультиагентные технологии, широко применяющиеся в последнее время в современных системах сбора, передачи и обработки данных. Концепция Интернета вещей [1]–[4] охватывает широкий спектр задач построения беспроводных сетей, организации межмашинного взаимодействия и реализации программно-конфигурируемых сетей.

Распределенная архитектура современной интегрированной информационной среды с учетом концепции Интернета вещей часто представляется в виде сети или графа, узлами которого являются программные или аппаратно-программные компоненты, способные взаимодействовать между собой путем обмена информацией в виде сообщений и обладающие автономным поведением. Такая сеть формируется и изменяется динамически, она может перестраиваться, сохраняя при этом свои способности по передаче информации.

Для обеспечения заданных свойств элементов распределенной диагностической сети при разработке программного обеспечения необходимо использовать современные парадигмы программирования, основанные на децентрализации управления, высокой автономности компонентов и сетевых принципах взаимодействия. Этому требованию соответствуют мультиагентные технологии [5, 6], которые демонстрируют вы-

сокую эффективность при решении проблем распределенного управления ресурсами в режиме реального времени.

При реализации мультиагентного программного обеспечения для распределенной диагностической системы, построенной по принципу Интернета вещей, одной из актуальных проблем является задача динамического распределения вычислительных ресурсов между задачами агента. Для решения этой задачи предлагается дополнить архитектуру агента, реализовав функциональность посреднической деятельности по передаче информации. Вообще, понятие посредника достаточно широко используется в теории мультиагентных систем. При этом обычно понимают специфический тип агента, предназначение которого состоит в координации гетерогенных интеллектуальных агентов [7], представлении объектов предметной области [8] и реализации протоколов и механизмов передачи сообщений между агентами с целью обеспечения их взаимодействия [9].

В данной работе, в отличие от упомянутых подходов, предлагается выделить функцию посредника и передать ее всем агентам, имеющим различное назначение и участвующим во взаимодействии. Такой подход позволит повысить автономность каждого датчика за счет реализации специализированного программного обеспечения, функциональность которого включает предобработку информации на стороне датчика и реализацию информационного взаимодействия между датчиками в процессе передачи данных. В ходе такого взаимодействия устройства сбора информации реализуют не только свое непосредственное назначение, но и участвуют в передаче информации между сторонними устройствами.

На рисунке приведено описание интерфейса «Медиатор» для информационного взаимодействия между датчиками, необходимого для реализации комплексной обработки информации.

Конкретизируя структуру агента-медиатора можно выделить задачу обеспечения коммуникационной инфраструктуры мультиагентной системы и задачу организации взаимодействия с окружающей средой (например: обслуживание сенсоров и реакция на показания). С этой целью в структуру агента вводится диспетчер, отслеживающий состояния структурных модулей агента. В результате анализа изменения состояний выносятся решение о выделении определенного количества аппаратных ресурсов. Распределение вычислительных ресурсов агента между его задачами подразумевает наличие инструмента переключения контекстов выполнения этих задач с учетом установленного приоритета.

Предлагаемая архитектура позволяет наделить систему сбора и обработки данных функционалом, который определяет возможность начального диагностического анализа. Данные преимущества улучшают качество и своевременность диагностики. Модуль датчика представляет собой законченное устройство, имеющее беспроводной интерфейс, преобразователь физической величины в оцифрованные данные и систему управления.

Для минимизации количества первичных данных, которые необходимо обработать, система управления модулем датчика управляет частотой дискретизации производимых измерений. Адаптивность частоты дискретизации измеряемых параметров является важным фактором, влияющим на эффективность работы не только отдельного модуля датчика, но и всей системы в целом.

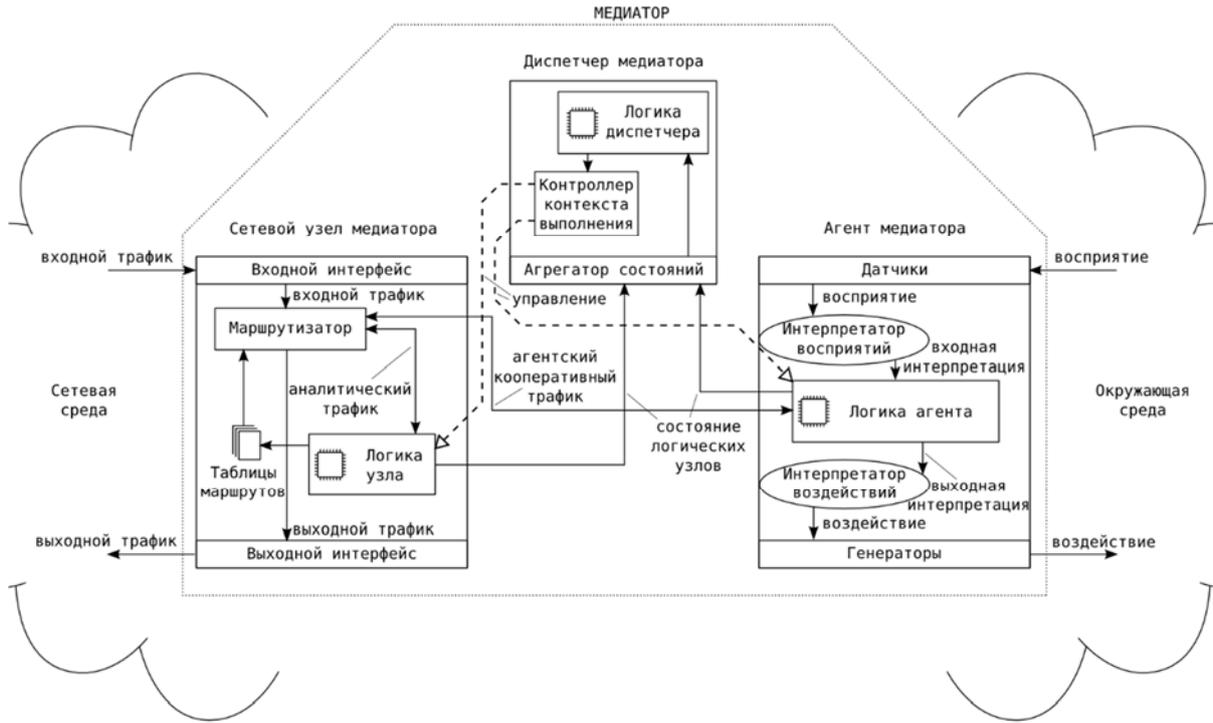


Рисунок. Архитектура посредника в системе диагностики

Описанное решение было использовано при реализации устройств контроля процессов внутривенной инфузии, обеспечивающее распознавание момента завершения процедуры и передачи сообщения на мобильное устройство медицинской сестры. Автономная система оптического контроля внутривенной инфузии представляет собой систему для улучшения эффективности работы медицинского персонала, своевременного оповещения об изменениях уровня жидкости в капельнице и улучшения качества сервиса в медицинских учреждениях.

Построение распределенной системы сбора и обработки данных в медицинской палате позволяет обеспечить индивидуальную конфигурацию группы устройств диагностики (датчиков) для конкретного пациента. Данные, собираемые с этих устройств в режиме реального времени частично обрабатываются на стороне самих автономных устройств, а при возникновении рисков передаются для централизованной обработки. В случае необходимости комплексного анализа устройства могут взаимодействовать, обмениваясь сообщениями и согласовывая частоту и точность проведения измерений.

Преимущества предлагаемого решения включают адаптивность за счет перераспределения соединений узлов сети связи в зависимости от текущей нагрузки, интероперабельность, так как сеть связи конфигурируется и развивается по принципам самоорганизации и новые узлы могут самостоятельно входить в сеть и устойчивость к сбоям: при выходе элемента сети остальные узлы выстраивают новые связи.

Список использованных источников

1. **Прошлое**, настоящее и будущее стандартизации интернета вещей / В. К. Сарьян, Н. А. Сущенко, И. А. Дубнов и др. // Труды НИИР. – 2014. – № 1. – С. 2–7.
2. **Интернет** вещей как новая концепция развития сетей связи / П. Н. Боронин, А. Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – № 3 (7). – С. 7–30.
3. **Интернет** вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
4. **Интернет** вещей / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков, М. Ю. Самсонов; под ред. А. В. Рослякова. – Самара : ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард», 2014. – 340 с. – ISBN 978-3-8443-5087-6.
5. **Самоорганизация** и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации / В. И. Городецкий // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – № 2. – С. 92–120.
6. **Multi-agent** solution for adaptive data analysis in sensor networks at the intelligent hospital ward / A. Ivaschenko, A. Minaev // Lecture Notes in Computer Science LNCS 8610, Springer International Publishing Switzerland. – 2014. – PP. 453–463.
7. **A generic** mediator for multi-agent coordination in a distributed manufacturing system / F. P. Maturana, D. H. Norrie // Systems, Man and Cybernetics, IEEE International Conference. – 1995. – Vol. 1. – PP. 952–957.
8. **Architectural** design of multi-agent systems: technologies and techniques / H. Lin // ed. Hong Lin, Idea Group Inc (IGI) Global. – 2007. – 421 p.
9. **A multiagent** network for peer norm enforcement / A. P. Pinninck, C. Sierra, W. M. Schorlemmer // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. – 2010. – № 21 (3). – PP. 397–424.

УДК 621.391.28

Н. С. Казанцев

АКТУАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЦВЕТОВОГО СЖАТИЯ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Современный город представляет собой сложную многоуровневую структуру. Он состоит из множества подсистем – транспортной, телекоммуникационной, систем электро- и водоснабжения, а также многих других, которые функционируют

и взаимодействуют между собой. Для обеспечения безопасности граждан необходима глобальная информационная система способная агрегировать «большие данные» и, быстро их анализируя, предоставлять по запросу пользователям. Именно создание такой системы предполагает собой программа «Безопасный город», реализуемая в настоящее время в отдельных городах России.

Функция интеллектуального видеонаблюдения является одной из функций этой системы. Возможность автоматического распознавания лиц накладывает на систему дополнительные требования по обработке кадров видеопотока. В данной работе перечислены основные тренды развития систем видеонаблюдения и предлагаемый комплексный метод сокращения видео-трафика для них.

видеонаблюдение, безопасный город, цветовое сжатие, выделение лиц, выделение образов.

Видеонаблюдение, являющееся в настоящее время основным источником информации для проектируемых систем безопасности, имеет один существенный недостаток – очень низкое соотношение объема полезной информации к общему объему видеоданных [1].

Рост объема и разнообразия данных приводит к росту потребности в средствах их обработки. Происходит «закат эры стандартного разрешения» [2] и камеры формата SD (VGA) постепенно выходят из обращения. Они не могут обеспечить детализированную съемку и как следствие клиенты не могут воспользоваться многими преимуществами современных систем видеонаблюдения, прежде всего таких, как автоматическая аналитика.

Именно потребностью в более высоких разрешениях для видеоаналитики, обязаны мы появлением стандарта 4k на рынке видеонаблюдения. Увеличение разрешения до соответствующих стандарту 5 мегапикселей напрямую сказывается на росте объемов сетевого трафика, так как большие потоки данных требуют большей производительности оборудования для успешной обработки. В условиях низкого освещения или активного движения размер видеопотока может составлять 50 мбит/с при использовании стандартного формата сжатия H.264. Если увеличивать степень сжатия, то из-за эффекта блочности теряются все преимущества более высокого разрешения.

Появляются новые стандарты высокого разрешения и в аналоговой видеосъемке. Например, стандарт HD-TVI (*High Definition Transport Video Interface*) / TVI (*Turbo Video*), разработанный в 2014 году [3]. Повышенная детализация изображений и увеличенное качество цветопередачи позволяет успешно конкурировать с современными цифровыми IP-решениями. В камерах присутствует базовая аналитика – детектор движения. Более продвинутые интеллектуальные функции, такие как распознавание лиц, можно реализовать с помощью внешнего программного обеспечения.

В своей статье эксперт видеонаблюдения рынка Андрей Чернов [4] подчеркивает, что одним из решений вопроса роста трафика станет опти-

мизация алгоритмов сжатия и создание новых кодеков, таких как H.265, который будет более приспособлен для высоких разрешений. Дополнительно возникает также потребность «интеллектуальных» методов сепарации видеопотока, способных «вырезать» фон, оставляя неповрежденным основной объект (лица).

Разработанный в рамках моей работы *метод цветового выделения человеческих лиц* [5] способен успешно справляться с этой задачей. Метод основан на алгоритме автоматического удаления фона, который определяется путем цветового анализа кадра [6], и применяется вместе с алгоритмом выделения объектов Виола-Джонса [7]. Таким образом, достигается комплексное сжатие областей, исключаяющих лица людей.

Рассмотрим использование этого метода в системе видеонаблюдения при мониторинге толпы, где не требуется передавать изображение с фоном (рис. 1), достаточно лишь передать главные объекты (лица) (рис. 2) или их передвижение. В таблице приведены количественные характеристики изображений.



Рис. 1. Исходное изображение толпы

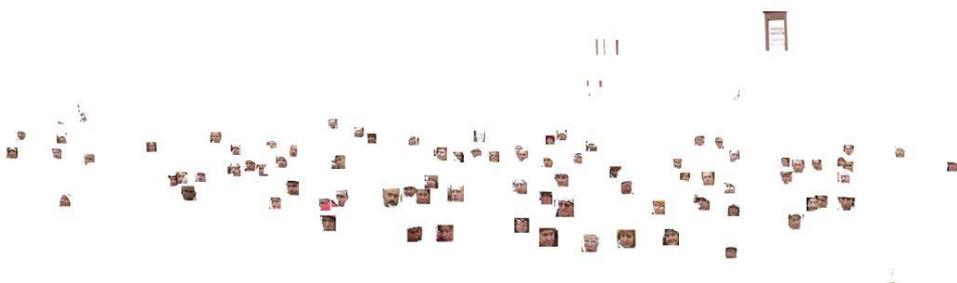


Рис. 2. Изображение толпы после выделения лиц

В охранных системах нового поколения кроме распознавания, важными являются требования к скорости передачи потока и объему памяти. Учитывая, что для такого рода задач важен не фон, а сам объект (лицо) применение технологии цветового сжатия с потерями позволит либо сэкономить на объеме данных, либо использовать новое поколение камер с

большой разрешающей способностью, увеличив детализацию объектов для распознавания, и передавать большее количество по тем же каналам связи.

ТАБЛИЦА. Количественные характеристики изображений

	Исходное изображение	Сжатое изображение
Размер изображения (байт)	10748832	496338 (4,62 %)
Коэффициент сжатия	–	21,656
Коэффициент сжатия <i>jpeg</i>	6,385	4,15
Коэффициент сжатия <i>WinRar</i>	1,001	1,693
Полное сжатие	6,391	152,154

Список используемых источников

1. **Беспроводные** технологии: новая концепция безопасности и видеонаблюдения [Электронный ресурс] / Г. Нагибин // Video & Vision, 2014. – С. 82–83. – Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/bypub/videovision-0-2014> (Дата обращения 17.04.2015).

2. **Какое** разрешение IP-камер предпочитают интеграторы и потребители [Электронный ресурс] / К. Елохина // Video & Vision, 2014. – С. 72–73. – Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/bypub/videovision-0-2014> (Дата обращения 17.04.2015).

3. **Стандарт** HD-TVI: новое слово в аналоговом видеонаблюдении», [Электронный ресурс] / М. Плотников // Video & Vision, 2014. – С. 80–81. – Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/bypub/videovision-0-2014> (Дата обращения 17.04.2015).

4. **Стандарт** 4k в видеонаблюдении: новые возможности для пользователя» [Электронный ресурс] / А. Чернов // Video & Vision, 2014. – С. 78–79. – Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/bypub/videovision-0-2014> (Дата обращения 17.04.2015).

5. **Эксперименты** по применению цветового сжатия в охранных системах // Н. С. Казанцев, А. С. Зимин // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014. – С. 118–123.

6. **Выделение** контуров объектов на цветных дискретных изображениях [Электронный ресурс] / А. А. Баранов. – Режим доступа: <http://d.17-71.com/2008/01/07/vyidelenie-obektov-na-tsvetnyih-diskretnyih-izobrazheniyah/> (Дата обращения 17.04.2014).

7. **Rapid** object detection using a boosted cascade of simple features // P. Viola, M. Jones // Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. – Vol. 1. Т. 1. – С. I-511–I-518.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором В. М. Дегтяревым.

УДК 519.816

А. Н. Кривцов

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ВЫБОРЕ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Современный рынок программного обеспечения предлагает большой выбор программных продуктов для разнообразных управленческих решений. Методология применения методов экспертных оценок позволяет осуществить обоснованный выбор информационной системы для ее последующего внедрения в систему управления предприятием.

математические методы, экспертная оценка, информационная система, система электронного документооборота, показатель, качество, ранжирование.

Информационные технологии и информационные системы являются неотъемлемой составляющей организационного управления предприятия, качественно влияющей на бизнес-процессы его деятельности.

Сегодня предложений по автоматизации управленческой деятельности так достаточно много и разнообразно, что остается только выбрать наиболее подходящее из них для решения требуемых задач автоматизации. В этих условиях актуальным вопросом является вопрос – как выбрать? Если система не внедрена, то очень сложно оценить эффект от ее внедрения. Этот эффект можно только предположить на основании каких-то априорных показателей или факторов качества системы. Понятие качества системы, как известно, понятие неоднозначное и, во многих случаях – субъективное, спорное, неопределённое строго, зависящее от многих факторов. Поэтому, в условиях существования множественного (альтернативного) выбора систем, необходима их некоторая классификация, например, по признаку оценки предпочтений.

Выбор информационной системы – это тот случай, когда возможности применения экономико-математических методов ограничены, а статистическая и другая информация, а также надежные методы определения соответствия экономико-математических моделей реальным объектам отсутствуют. В этих условиях экспертные оценки являются единственным средством решения задачи выбора системы.

Теория принятия решений [1] предлагает разнообразные экспертные методы классификации объектов по признаку оценки предпочтений. Наиболее распространёнными из них являются следующие методы:

- метод рангов;
- метод непосредственного оценивания;

– метод сопоставлений: парного сравнения и последовательного сопоставления.

При получении экспертных оценок наиболее проблемными являются два момента. Это – кто проводит оценку (квалификация эксперта или группы экспертов) и количество показателей (факторов качества) оценки системы.

Для решения первой проблемы существуют определенные методы и критерии выбора экспертов. Вторая проблема сложнее. В теории принятия решений считается, что чем больше показателей, тем сложнее применить экспертные методы по причине возрастания вычислительной сложности их алгоритмов. С другой стороны, чем больше таких показателей, тем точнее может оказаться оценка в целом. Чтобы избежать такого противоречия можно, например, применить метод согласования кластеризованных ранжировок [2].

В целом же, для получения более точного экспертного решения при выборе информационной системы желательно использовать различные, названные выше, методы или их комбинации и интегрированные оценки.

Рассмотрим пример использования комбинаций таких методов.

Предположим, на предприятии необходимо внедрить систему электронного документооборота (СЭД). При этом каждое предприятие хочет иметь как можно больше конкретных показателей, рассчитываемых на основе реальных данных, а информации о том, как их получить и откуда взять данные для их расчета, мало.

Несмотря на то, что методики расчета эффекта от внедрения обычно являются «ноу-хау» каждой организации, проводящей подобную оценку, тем не менее, такие методики можно найти в открытых источниках [3]. Также из открытых источников (прайс-релизов, ознакомительных или демоверсий, открытой документации по внедрению и сопровождению) можно получить достаточно данных, чтобы приступить к экспертной оценке выбора СЭД для внедрения.

Первый шаг – определить полный, совокупный набор показателей, по которым будут оцениваться системы. Предположим, что нам предстоит сделать выбор из пяти различных СЭД по совокупному набору обобщённых характеристик (факторов). Предположим также, что в оценке будут принимать участие девять экспертов примерно равной квалификации, подобранных для этого согласно известным методикам [4].

Второй шаг. На основании комбинированного подхода ранжирования факторов в порядке убывания их значимости по правилу Фишберна [5], можно получить интегральную оценку для каждой исследуемой системы по формуле:

$$F = \sum_{i=1}^q \bar{\beta}_i \sum_{j \in G_q} \alpha_j,$$

где: $\bar{\beta}_i = \frac{\beta_i - \beta_{\min}}{\beta_{\max} - \beta_{\min}}$ – нормированные оценки степени учета факторов;

$\beta_q = \frac{2(n-q+1)}{n(n+1)}$ – количественная оценка Фишберна степени учета факторов,

сгруппированных в группах G_q по степени их учета в системе, n – количество факторов в группе, q – количество групп степени учета; $\alpha_j(f_j) = \frac{m-i+1}{S}$ – количественная оценка важности каждого фактора, сгруппированных в группы β_i по степени важности, m – общее количество факторов, i – количество таких групп, j – номер фактора f , а величина S – суммарный показатель важности, вычисляемый по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n k_j(m - i + 1),$$

где k – число факторов в j -й группе.

Третий шаг. В результате применения такой методики удалось получить 9×5 различных оценок F_{rt} , $r = 1, \dots, 9$ (эксперты), $t = 1, \dots, 5$ (системы) степени привлекательности СЭД, которые, для удобства дальнейшего анализа, сведены в таблицу, в которой оцениваемые системы обозначены буквами A, B, C, D, E , а эксперты – цифрами $1, \dots, 9$:

ТАБЛИЦА. Ранги пяти СЭД по степени привлекательности

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
1	0,667420	0,743790	0,666880	0,523440	0,726400
2	0,575342	0,842466	0,623288	0,335616	0,780822
3	0,431813	0,563735	0,508795	0,413464	0,532248
4	0,446451	0,585146	0,466968	0,444809	0,626180
5	0,554835	0,590549	0,604429	0,497130	0,625421
6	0,464789	0,708920	0,629108	0,455399	0,676056
7	0,509700	0,691470	0,601600	0,565000	0,674020
8	0,487654	0,888889	0,654321	0,395062	0,641975
9	0,813574	0,473718	0,969830	0,920058	0,933061

Каждый эксперт ранжирует показатели, присваивая ранг 1 самому лучшему проекту, который обязательно надо реализовать. Ранг 2 получает от эксперта второй по привлекательности проект, и т. д., и наконец, ранг

5 – наиболее сомнительный проект, который реализовывать стоит лишь в последнюю очередь.

Будем считать, что таким образом каждый эксперт построил ранжированный ряд для каждой из рассматриваемых систем. При этом в качестве рангов рассматриваются числа F_{rt} , характеризующие степень удовлетворенности системы тем требованиям, которые были предъявлены экспертами, выраженную в долях (или, например, в процентах). Поэтому шкала рангов здесь изменяется в интервале $[0,1]$, а самой лучшей характеристикой для выбора является наиболее значимое число из этого ряда. Например, число $F_{12} = 0,743790$ можно трактовать, как удовлетворенность экспертом 1 системы B приблизительно на 74 %.

Четвертый шаг. Анализируя результаты таблицы можно констатировать, что полного согласия между экспертами нет. Например, эксперт 2 отдал предпочтение системе B , эксперт 4 – системе E , эксперт 9 – системе C . Да и сами оценки предпочтения для одной системы в мнениях экспертов сильно разнятся. Или, например, диапазон значений в предпочтениях всех экспертов системы D изменяется от 41 % до 92 %. Поэтому данные, приведенные в таблице, следует подвергнуть более тщательному математическому анализу. Самым простым способом анализа является применение *среднего арифметического*.

Метод средних арифметических рангов (САР)

Вычисляется средний арифметический ранг систем. Для этого находится среднее арифметическое значение всех экспертных оценок для каждой системы. В результате получится ранжировка по средним арифметическим рангов для систем: $E = 0,690687$, $B = 0,67652$, $C = 0,636135$, $A = 0,550175$, $D = 0,505553$, на основании которой можно установить порядок предпочтения систем.

Казалось бы, решение получено. На основе среднего арифметического ранжировок можно было бы принять решение, что лучшим выбором является система E . Но так ли это? Специалисты по теории измерений считают [6], что *такой способ некорректен*, поскольку баллы измерены в *порядковой* шкале. Согласно общенаучной концепции устойчивости [7], рекомендуется применять различные методы для обработки одних и тех же данных с целью выделить выводы, получаемые одновременно при всех методах. В случае, когда баллы измеряются в порядковой шкале, обоснованным является, например, использование *медиан* в качестве средних баллов.

Метод медиан рангов (МР). Результаты экспертов для каждой из систем располагаются в порядке возрастания. В этом ряде рангов выбирается значение, стоящее посередине. В нашем случае таких значений 9 – не четное количество, поэтому будет выбрано центральное (пятое) значение оценки экспертов. В случае, когда ряд состоит из четного количества значений, берется среднее арифметическое двух центральных значений. В ре-

зультате такого анализа также получим данные о порядке предпочтения систем и ранжировкой их по медианам рангов: $B = 0,691470$, $E = 0,674020$, $C = 0,623288$, $A = 0,509700$, $D = 0,455399$.

Анализируя результаты двух методов уже можно сделать предварительные выводы. В частности, оба метода отдадут одинаковые предпочтения системам C , A и D – последние три места. Системы A и D не удовлетворяют экспертов из-за низкого значения ранга, поэтому их можно исключить из рассмотрения. Даже такой предварительный анализ позволяет сделать вывод о том, что для решения поставленных задач управленческого характера следует внедрить либо систему B , либо систему E , так как их ранги достаточно близки. Однако для большей убедительности, в виду различия их порядка в методах САР и МР, можно продолжить анализ, используя, например, метод *парного сопоставления рангов*.

Метод парного сопоставления рангов (ПСР)

При парном сравнении эксперт последовательно сравнивает пары исследуемых объектов, устанавливая предпочтение в каждой паре: лидеру пары ставит 1 балл, другому объекту пары – 0 баллов. При совпадении рангов каждому из объектов приписывается по 0,5 баллов. Место (или ранг) системы выставляется в зависимости от количества предпочтений – чем больше предпочтений, тем выше место (ниже в числовом эквиваленте значение ранга); весомость объекта вычисляется как отношение количества предпочтений к сумме их общего количества. Далее, на основании подобных оценок всеми экспертами, строится обобщенная таблица с данными либо мест (рангов), либо весомости объектов по каждой СЭД [8]. Последующий анализ этой таблицы с помощью методов САР и МР позволит получить новый порядок предпочтения и ранжирования систем.

Обобщая результаты анализа всех рассмотренных методов, сведя их в одну таблицу предпочтений можно сделать окончательный вывод о том, какая из систем будет наиболее предпочтительной для внедрения.

Выводы. В теории управления и принятия решений на основе экспертных оценок существует множество математических методов и методик получения таких оценок. Наиболее точной экспертной оценкой будет оценка, основанная на комплексном применении экспертных методов оценки для детализированной выборки различных характеристик – совокупного набора характеристик рассматриваемых систем.

Список используемых источников

1. **Теория** принятия решений: учеб. пособие / А. И. Орлов. – М. : Март, 2004. – 656 с.
2. **Метод** согласования кластеризованных ранжировок / В. Г. Горский, А. А. Гриценко, А. И. Орлов // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 3. – С. 159–167.

3. **Какой** линейкой мерить СЭД [Электронный ресурс] / Е. Истомина. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cio/2007/02/3973882/> (Дата обращения 16.03.2015).

4. **Основы** экономического прогнозирования: монография [Электронный ресурс] / Н. М. Громов, Н. И. Громова. – М. : Академия естествознания, 2006. – ISBN 978-5-91327-005-4. – Режим доступа: <http://rae.ru/monographs/10-166> (Дата обращения 16.03.2015).

5. **Теория** полезности для принятия решений / П. С. Фишберн. – М. : Наука, 1978. – 352с.: с ил.

6. **Эконометрика** / А. И. Орлов. – М. : Экзамен, 2002. – 576 с. – ISBN 5-472-00035-1.

7. **Устойчивость** в социально-экономических моделях / А. И. Орлов. – М. : Наука, 1979. – 296 с.

8. **Моделирование** оценки качества информационных систем: монография / Г. Н. Исаев. – М. : ИМСГС, 2006. – 230 с. – ISBN 5-903281-01-X.

УДК 004.7:004.422.8

А. А. Лебедева, Л. К. Птицына

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ АГЕНТОВ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ ИХ ДЕЙСТВИЙ

Представлено развитие сегмента методологии проектирования интеллектуальных информационных агентов для крупномасштабных гетерогенных сетей. Данный сегмент предназначен для преодоления априорной неопределенности относительно инфраструктуры сети при помощи интеллектуальных информационных агентов с динамическим профилем синхронизации распределенных действий. Описаны методика заполнения параметрического пространства расширенной объектно-ориентированной модели интеллектуального информационного агента и методика определения динамических характеристик качества его функционирования.

интеллектуальный агент, объектно-ориентированная модель, динамическая синхронизация действий, методология.

Интеллектуализация функциональных процессов становится одним из приоритетных направлений развития крупномасштабных гетерогенных сетей. При реализации этого направления в инфраструктуру крупномасштабных гетерогенных сетей вводятся интеллектуальные информационные агенты [1]. Данный подход применяется для устранения априорной неопределенности относительно сетевой инфраструктуры, эффективного планирования достижения поставленных целей по сбору и анализу информации о состоянии сети, повышения качества мониторинга, снижения убытков, обусловленных простоями из-за временных затрат на обнаруже-

ние сбоев и выявление их причин [2, 3]. Поскольку инфраструктура крупномасштабных гетерогенных сетей характеризуется обилием случайных факторов, не позволяющих заранее определить четкую модель среды, в условиях априорной неопределенности возникает объективная необходимость введения в его функциональную спецификацию механизма синхронизации с динамическими приоритетами в объединении выполняемых ими действий [4]. Описанное изменение функциональной спецификации становится основанием для расширения системно-аналитического ядра информационных интеллектуальных агентов, представленного в [2, 3]. Предлагаемая методика является одним из компонентов методологической системы, в которой содержатся следующие составляющие: методика формирования расширенной объектно-ориентированной модели интеллектуального информационного агента; методика заполнения параметрического пространства расширенной объектно-ориентированной модели интеллектуального информационного агента; методика определения характеристик качества интеллектуального информационного агента с априорными динамическими приоритетами синхронизации его параллельных действий; методика объектно-ориентированного анализа преодоления априорной неопределенности относительно описания гетерогенной сети; методика включения нового методического обеспечения в методологию проектирования интеллектуальных информационных агентов; методика разработки инструментального программного обеспечения для проектирования интеллектуальных информационных агентов с априорными динамическими приоритетами синхронизации их действий, включающая подтверждение корректности его функционирования в реальных условиях.

Новый сегмент методологической системы базируется на методике формирования расширенной объектно-ориентированной модели информационного интеллектуального агента с динамическим профилем объединения его параллельных действий. В указанной методике, раскрытой в [5], учитываются возможности класса диаграмм деятельности унифицированного языка моделирования, а также предусматривается последующий переход к их аналитическим преобразованиям для определения и оценки динамических характеристик за счёт отображения в модельном пространстве статистических характеристик выполняемых агентом действий и их связей.

Методика заполнения параметрического пространства является вторым этапом в разработке модельно-аналитического обеспечения информационных интеллектуальных агентов с динамическим профилем синхронизации действий. В данной методике принимаются следующие условия:

1. При заполнении параметрического пространства применяется метод свободного объединения подпроцессов, соответствующих параллельным действиям интеллектуальных информационных агентов с динамическими приоритетами по их завершению.

2. Расширения в описании функциональной спецификации механизмов синхронизации распараллеленных запланированных действий интеллектуальных агентов с динамическими приоритетами по их завершению осуществляются посредством интеграции метода свободного объединения и метода свертки подпроцессов и её применения к объектно-ориентированным моделям распределенных процессов выполнения типовых запросов в виде расширенных диаграмм деятельности с нотацией унифицированного языка моделирования.

В методике соблюдаются выдвинутые положения, согласованные с методом свободного объединения подпроцессов:

1. Узловые вершины, представляющие механизмы синхронизации с динамическими приоритетами, заменяются системой дуг. Дуги связывают ветви графа.

2. Возможности прохождения от одной последовательности подпроцессов (действий) к другой отображаются вероятностями новых переходов между узловыми вершинами.

Введенные новые переходы описываются матрицами вида:

$$p^{(l)} = \begin{pmatrix} p_{1,1}^{(l)} & p_{1,2}^{(l)} & \dots & p_{1,n}^{(l)} \\ p_{2,1}^{(l)} & p_{2,2}^{(l)} & \dots & p_{2,n}^{(l)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m,1}^{(l)} & p_{m,2}^{(l)} & \dots & p_{m,n}^{(l)} \end{pmatrix}, \quad l = 1, 2, \dots, L, \quad (1)$$

где l – номер узловой вершины в ориентированном графе расширенной объектно-ориентированной модели типового запроса, представляющей объединение параллельных действий интеллектуального агента с динамической синхронизацией их действий; m – число дуг, входящих в l -ую узловую вершину; n – число дуг, исходящих из l -ой узловой вершины; $p_{i,j}^{(l)}$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$ – вероятность того, что в момент окончания i -ого подпроцесса (действия) начинает выполняться j -ый подпроцесс (действие), запускаемый таким оператором, который представляет l -ую узловую вершину.

Каждый столбец матрицы (1) заполняется соответствующими элементами вектора $Q_i(m \times 1)$, вводимого в описание расширенной объектно-ориентированной модели интеллектуального агента согласно методике, предложенной в [5]. При отсутствии априорной информации о значениях $p_{i,j}^{(l)}$, целесообразно воспользоваться гипотезой о равновероятных событиях:

$$p_{i,j}^{(l)} = \frac{1}{m}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Если известно, что с вероятностью близкой к единице какой-либо i -ый подпроцесс заканчивается позже других подпроцессов, то тогда устанавливаются следующие значения вероятностей перехода (3):

$$p_{i,1}^{(l)} = p_{i,2}^{(l)} = \dots = p_{i,n}^{(l)} = 1; \quad p_{k,1}^{(l)} = p_{k,2}^{(l)} = \dots = p_{k,n}^{(l)} = 0; \quad k=1,2,\dots,m, \quad k \neq i. \quad (3)$$

Научная новизна методики, включающей описания вида (1), (2), (3), заключается в том, что впервые обеспечивается возможность применения метода свёртки для определения характеристик интеллектуальных информационных программных агентов с априорными динамическими приоритетами синхронизации их параллельных действий за счёт заполнения параметрического пространства расширенных объектно-ориентированных моделей.

В методике определения характеристик качества интеллектуального информационного агента рассматривается случай устранения неопределённости относительно состава инфраструктуры при синхронизации I подпроцессов с динамическими приоритетами. В этом случае вследствие (1) для рассматриваемой модели выполняются следующие условия:

$$\mathbf{p}^{(2)} = \begin{pmatrix} p_{1,1}^{(2)} \\ p_{2,1}^{(2)} \\ \dots \\ p_{I,1}^{(2)} \end{pmatrix}, \quad \sum_i p_{i,1}^{(2)} = 1, \quad \sum_{k_{0i}} f_i(k_{0i}) = 1, \quad k_{0i} = 1, \dots, K_{\max}^{(i)}, \quad i = 1, \dots, I. \quad (4)$$

Плотность распределения вероятностей времени устранения неопределённости $f_{ADP}(k_{ADP})$ определяется соотношением вида:

$$f_{ADP}(k_{ADP}) = p_{1,1}^{(2)} f_1(k_{01} = k_{ADP}) + p_{2,1}^{(2)} f_2(k_{02} = k_{ADP}) + \dots + p_{I,1}^{(2)} f_I(k_{0I} = k_{ADP}), \quad (5)$$

$$k_{ADP} = \min\{\min(k_{01}), \dots, \min(k_{0I})\}, \dots, \max\{\max(k_{01}), \dots, \max(k_{0I})\}. \quad (6)$$

На основе соотношений (4), (5), (6) находятся динамические характеристики: среднее время устранения неопределённости и риск неустранения неопределённости.

Среднее время устранения неопределённости при механизме синхронизации I подпроцессов параллельного процесса с динамическими приоритетами по их завершению определяется следующим выражением:

$$E\{k_{ADP}\} = \sum_{k_{ADP}} k_{ADP} f_{ADP}(k_{ADP}). \quad (7)$$

Риск неустранения неопределённости $(1 - P(k_{ADP} \leq N_{max}))$ за N_{max} единиц дискретного времени выражается по формуле:

$$(1 - P(k_{ADP} \leq N_{\max})) = \sum_{k_{ADP} > N_{\max}} f_{ADP}(k_{ADP}) \quad (8)$$

Соотношения (4), (5), (6), (7), (8) являются базовыми для нахождения основных показателей качества функционирования интеллектуальных информационных агентов с динамической синхронизацией их действий. Однако на основе соотношений (4), (5), (6) могут определяться и любые другие показатели, отражающие стохастическую природу процессов функционирования интеллектуальных информационных агентов с динамической синхронизацией их действий.

Научная новизна предложенной методики заключается в том, что впервые определяются динамические характеристики соединения действий интеллектуальных информационных агентов с априорными динамическими приоритетами.

Предложенные формализации могут рассматриваться в виде самостоятельных частей функциональной спецификации самого агента, к задачам которого, в том числе, относится и определение собственных характеристик. Следовательно, инновационная значимость предложенных формализаций заключается в возможности создания модельно-аналитического интеллекта агентов, для которых риск срыва временного регламента определяется и оценивается через расширенную объектно-ориентированную модель в динамической среде. Практическая значимость определяется возможностью управления качеством функционирования информационных интеллектуальных агентов с динамической синхронизацией их действий в крупномасштабных сетях.

Список используемых источников

1. **Искусственный** интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. 2-е изд.,: пер. с англ. – М. : Вильямс, 2007. – 1408 с. – ISBN 978-5-8459-0887-2, ISBN 0-13-790395-2.
2. **Интеллектуальные** технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях : учеб. пособие / Л. К. Птицына, С. В. Добрецов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 172 с. – ISBN 5-7422-1101-5.
3. **Информационные** сети. Интеллектуальные информационные агенты : учеб. пособие / Л. К. Птицына, С. М. Шестаков. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 210 с. – ISBN 5-7422-1728-5.
4. **Информационные** технологии проектирования интеллектуальных программных агентов для крупномасштабных сетей / Л. К. Птицына, А. А. Лебедева // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» – ИНФОРИНО-2014 (Москва, Россия, 15–16 апреля 2014 г.). – М. : Издательство МЭИ, 2014. – С. 265–266.
5. **Разработка** системно-аналитического ядра информационных интеллектуальных агентов с динамической синхронизацией их действий / Л. К. Птицына, А. А. Лебедева // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании»: сб.

научных статей / под ред. С. М. Доценко, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2014. – С. 505–509.

УДК 681.5:004

К. Э. Леонидзе, А. И. Стрижаченко, С. В. Хорошенко

ВЫБОР ПРОВАЙДЕРА ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

В статье рассматривается метод выбора облачных сервисов, предлагаемых различными провайдерами. Пользователи облака, как правило, не имеют прямого доступа к платформе провайдера. Для выбора компонентов платформы и приложений заказчикам сервисов предлагается набор параметрических характеристик компонентов. Выбор варианта компонентного состава пользовательской системы происходит на множестве парето-оптимальных решений.

облачные сервисы, многокритериальные задачи выбора, парето-оптимальные решения.

Появление облачных технологий и развитие облачных сервисов ставит новые актуальные задачи. В частности, методы проектирования автоматизированных информационных систем (АИС) на основе облачных технологий и с использованием услуг провайдеров облачных сервисов требуют трансформации по причине того, что услуги провайдеров (SAAS – ПО как сервис, PAAS – платформа как сервис, IAAS – инфраструктура как сервис):

- предоставляются как решения из готовых компонентов;
- платформа, на которой развертываются эти решения, во многом или даже полностью скрыта от пользователя;
- датацентры провайдеров территориально распределены, и порой даже невозможно для пользователя определить физическое местоположение его виртуальных серверов, что, однако, является плюсом с точки зрения обеспечения информационной безопасности.

Подобная новая реальность исключает для пользователя возможность контролировать процесс проектирования АИС, особенно этап проектирования платформы АИС – аппаратной и системной, включая мероприятия по обеспечению политики безопасности. Вместо этого – пользователю предоставляется выбор из множества вариантов реализации АИС на основе наборов готовых альтернативных программных и аппаратных компонентов. Особенность предоставления этого выбора в том, что пользователю недоступны детальные характеристики компонентов – ему

предоставлены для выбора только те обобщенные параметры АИС, которые этими компонентами должны обеспечиваться.

Как правило, предлагаются для выбора следующие параметры АИС:

- стоимость, как сумма стоимости компонентов выбираемого варианта структуры АИС;
- набор показателей, характеризующих качество функционирования АИС.

Очевидно, что чем выше качество работы АИС, тем выше и стоимость выбранного варианта структуры, т. е. – эксперту-проектировщику необходимо выбирать и оценивать лучшие, с его точки зрения, варианты реализации АИС на оболочке множества парето-оптимальных структур.

Алгоритмы для решения подобных задач известны давно [1, 2]. В последнее время интерес к решению парето-оптимальных задач возродился в связи с актуальностью поиска в больших базах данных [3].

Особенность оптимального проектирования АИС заключается в том, что в процессе принятия проектных решений происходит выбор оптимального компонентного состава АИС из множества альтернативных компонентов. Множество альтернативных вариантов объекта проектирования (МАОП) для предметной области проектирования АИС можно представить как:

$$M = \{ \pi_r \in 1 : q \},$$

где M – МАОП, π_r – r -й вариант структуры ОП.

Это представление определяется базовой декларативной моделью

$$\mu = \langle X, S, Z, P \rangle,$$

где X – множество функций, выполняемых компонентами ОП, S – множество связей компонентов ОП, или структура ОП в узком смысле – как конфигурация связей компонентов, Z – множество технических элементов (ТЭ) реализации структуры ОП. Для реализации функция

$$x_i \mid x_i \in X, \quad i \in 1 : n$$

необходимо существование

$$z_j \vee z_k \& z_l \dots \mid z_j, z_k, z_l, \dots \in Z ; j, k, l, \dots \in 1 : m .$$

Иными словами, функция x_i может быть реализована одним ТЭ z_j , либо композицией ТЭ $z_k \& z_l \dots$. Для каждой функции могут существовать несколько вариантов технической реализации. P – множество параметрических характеристик ТЭ, $P = \cup p_{z_j}, z_j \in Z$.

Таким образом, МАОП характеризуется следующими свойствами:

1. Компонентная сепарабельность (разделимость) – возможность структурной декомпозиции МАОП на функционально-законченные компоненты.

2. Функциональная сепарабельность – возможность функциональной декомпозиции на структурно-разделимые компоненты по уровням иерархии вплоть до терминальных (неразделимых) компонентов.

В соответствии с принятой моделью МАВ ОП задачу проектирования можно рассматривать как задачу выбора структуры $M_r \in \mu$.

В общем случае, структуру $M_r \in \mu$ можно представить как:

$$M_r = \bigvee_{r \in R_s} C_r, \text{ где } C_r = \bigwedge_{s \in S_r} D_s, \text{ где } D_s = \bigvee_{r \in R_s} C_r.$$

В целях программной реализации структура M_r может быть представлена И-ИЛИ-графами, плекс-грамматиками, скобочными формами [4]–[6].

Для варианта представления знаний об объекте проектирования в виде скобочных форм[4] задача поиска оптимального решения на оболочке множества Парето исследована в [7].

Отдельно следует остановиться на работе с оптимизируемыми показателями. Чаще всего доступными для выбора параметрическими характеристиками, которые предоставляются провайдерами облачных сервисов, являются:

параметры производительности:

- процессор – количество ядер (например *Intel Xeon*, или не указано),
- оперативная память,
- системный диск,
- диск для данных, или СХД,
- диск для резервных копий,
- автомасштабирование (есть/нет),
- быстрое масштабирование (есть/нет),
- балансировщик нагрузки (есть/нет),
- средняя нагрузка на сервер (выбирается пользователем),
- ограничение по трафику (есть/нет, параметры),
- скорость каналов связи,
- задержка доступа к данным;

параметры надежности:

– доступность данных в онлайн-режиме (на уровне 99,9 % или 99,99+ %),

- резервное копирование,
- периодичность резервного копирования,
- техническая поддержка в режиме 24/7/365;

параметры информационной безопасности:

- защита от ddos-атак,
- межсетевой экран,
- защита каналов связи внутри облачной инфраструктуры,
- защита каналов передачи данных между облачной инфраструктурой и сетью заказчика,

- защита данных заказчика;
- стоимость:*
- стоимость (в час, в месяц) – в зависимости от набора остальных параметров,
- почасовая/посекундная тарификация.

Оптимизируемые показатели качества (те показатели качества, которые представляют важность с точки зрения проектировщика) группируются в целевую функцию вида:

$$F(f(p)) = \sum_{j=1}^m w_j f_j(p),$$

где m – количество оптимизируемых показателей (частных критериев), w_j – вес (важность) частного критерия, $f_j(p)$ – функция полезности частного критерия.

Функция $f_j(p)$ существует, если

1) $p_1 \succ p_2 \Leftrightarrow p_1 \succcurlyeq p_2 \ \& \ p_2 \not\succeq p_1,$

2) $p_1 \sim p_2 \Leftrightarrow p_1 \succcurlyeq p_2 \ \& \ p_2 \succcurlyeq p_1,$

3) множество альтернатив является не более чем счетным.

Сложность поиска оптимального решения зависит от сложности структуры МАВ ОП – в худшем случае число вариантов ОП растет экспоненциально относительно числа компонентов, если это связано с необходимостью перебора всех альтернатив. Следует отметить, что алгоритм построения выпуклой оболочки множества Парето выполняется достаточно быстро – за время $O(N \log N)$, где N – множество точек – элементов множества Парето [2], а в нашем случае – число альтернативных структур ОП, т. е. мощность МАВ ОП. Однако, для этого все N альтернативных вариантов должны быть построены, и для всех них должна быть произведена параметрическая оценка $F(f(p))$. С учетом большого количества альтернатив в реальных задачах выбора, практически полезным является использование диалоговых алгоритмов поиска на множестве Парето с визуализацией промежуточных результатов и выбором направления поиска на основе экспертных знаний и предпочтений проектировщика. По данным исследователей ИТ-кластера фонда «Сколково» [8], 85–90 % информации мы получаем через зрительные рецепторы. Визуализация не только упрощает процесс промышленного проектирования, но и существенно упрощает процесс обучения проектированию за счет наглядности представления данных (рис. 1).

Нет сомнений, что облачные технологии будут развиваться опережающими темпами, так как отсутствие капитальных затрат на создание полноценной АИС (несмотря на некоторую неопределенность, связанную с выбором рациональных решений) является основным стимулом развития облаков.

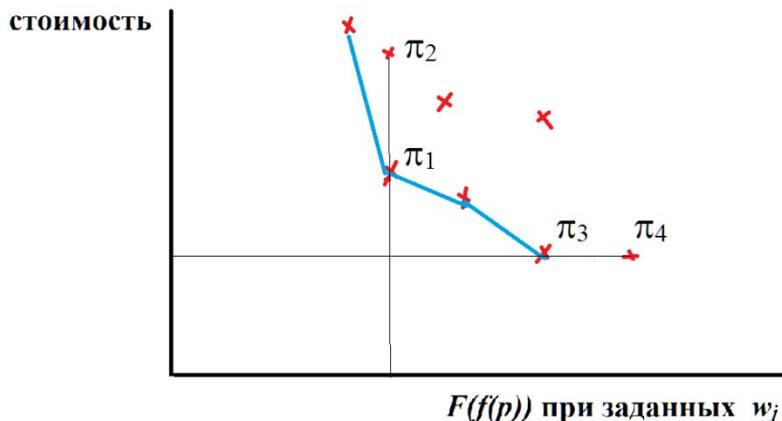


Рис. 1. Графическое представление множества парето-оптимальных решений. Все варианты структуры ОП обозначены красным цветом, оптимальные решения расположены на оболочке множества Парето (обозначена синим цветом). Все показатели минимизируются. Варианты структуры π_2 и π_4 не принадлежат множеству парето-оптимальных решений, так как $\pi_1 > \pi_2$ и $\pi_3 > \pi_4$.

В настоящее время на кафедре БИС СПбГУТ ведется работа по реализации экспериментального прототипа системы оптимального выбора провайдера облачных сервисов с визуализацией результатов поиска на множестве Парето.

Список используемых источников

1. **On finding** the maxima of a set of vectors / Н. Т. Кунг, F. Luccio, F. P. Preparata // Journal of the ACM. – 1975. – N 22 (4). – PP. 469–476.
2. **Вычислительная** геометрия: Введение / Ф. Препарата, М. Шеймос. – М. : Мир, 1989. – 478 с. – ISBN 5-03-001041-6.
3. **The skyline** operator / S. Börzsönyi, D. Kossmann, K. Stocker. – In Proc. 17th International Conference on Data Engineering, Heidelberg, Germany, April 2–6, 2001. – PP. 421–430.
4. **Синтез** структуры сложных объектов: логико-комбинаторный подход / Г. И. Анкудинов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. – 260 с.
5. **Символьно-численные** методы решения оптимизационных задач на И-ИЛИ-графах с контурами / Г. И. Анкудинов, А. И. Стрижаченко // Сев.-Зап. заоч. политехн. ин-т. – Л., 1988. – 9 с. – Деп. ВИНТИ 07.07.88, № 5479 – В88.
6. **Представление** знаний в системе структурного синтеза / А. И. Стрижаченко // Научно-технический семинар «Методы и средства представления знаний», 30–31 марта 1990. – Л. : ЛДНТП. – 1990. – С. 22–27.
7. **Символьно-численные** методы решения оптимизационных задач на И-ИЛИ-графах с контурами / Г. И. Анкудинов, А. И. Стрижаченко. – Л. : Сев.-Зап. заоч. политехн. ин-т, 1988. – 9 с. – Деп. ВИНТИ 07.07.88, № 5479. – В 88.
8. **«Сколково»** – универсальный научный хаб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2014/12/26/591306> (Дата обращения 01.02.2015).

УДК 681.5

А. Л. Ляшенко

ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЯ МИХАЙЛОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Рассмотрены направления в решении проблемы анализа систем с распределенными параметрами с помощью частотных методов. Сформулирована и решена задача по модификации критерия Михайлова для анализа нелинейных систем с распределенными параметрами. Произведена оценка устойчивости нелинейной системы при различных значениях пространственно-временных мод.

частотные характеристики, годограф, критерий Михайлова, автоколебания, распределенная система управления, управление, системный анализ.

Частотный метод базируется на использовании характеристического уравнения системы, которая после гармонической линеаризации нелинейного элемента и подстановки $p = j\omega$ принимает вид:

$$A(G, j\omega) + B(G, j\omega) \cdot [q(G, A, \omega) + jq'(G, A, \omega)] = 0.$$

После выделения вещественной и мнимой частей и приравнивания их к нулю получаем два уравнения для определения двух параметров A и ω .

Пусть нелинейная система описывается характеристическим уравнением:

$$D(G, p) = A(G, p) + F(G, A) \cdot B(G, p) = 0.$$

Для возникновения колебаний в системе необходимо в характеристическом уравнении иметь пару чисто мнимых корней $p = \pm j\omega$. Это значение $p = j\omega$ подставим в уравнение системы

$$A(G, p) + F(G, A) \cdot B(G, p) = 0.$$

Выделим вещественную и мнимую части системы

$$U(G, A, \omega) + jV(G, A, \omega) = 0.$$

Такое равенство возможно, если вещественные и мнимая части равны нулю:

$$\begin{aligned} U(G, A, \omega) &= 0; \\ V(G, A, \omega) &= 0. \end{aligned}$$

Согласно критерию Михайлова в системе может возникнуть автоколебательный режим, если годограф Михайлова при A_0 и ω_0 проходит через начало координат. Рассмотрим пример.

Структурная схема исследуемой системы представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема системы управления

Математическая модель объекта описывается уравнением.

$$\frac{\partial Q(x, r, \varphi, t)}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 Q(x, r, \varphi, t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial Q(x, r, \varphi, t)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 Q(x, r, \varphi, t)}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 Q(x, r, \varphi, t)}{\partial x^2} \right).$$

Граничные и начальные условия задаются следующими соотношениями:

$$Q(L_x, r, \varphi, t) = 0, \quad \frac{\partial Q(x, R, \varphi, t)}{\partial r} = 0, \quad \lambda \frac{\partial Q(0, r, \varphi, t)}{\partial x} = U(r, \varphi, t), \quad Q(x, r, \varphi, 0) = 0.$$

Передаточные функции таких объектов управления могут быть аппроксимированы передаточными функциями вида [1, 2]:

$$W_\eta(p) = \frac{K_\eta}{T_\eta \cdot p + 1}, \quad (\eta=1,2,\dots).$$

Значения параметров K_η, T_η определяется по результатам численного моделирования.

Для этого на вход системы подадим входное воздействие вида:

$$\alpha(x, y, p) = C_{\eta, \gamma}(p) \sin(\Psi_\eta \cdot x) \cdot \sin(\bar{\Psi}_\gamma \cdot y),$$

где $C_{\eta, \gamma} = e^{j\omega t}$; $\Psi_\eta = \pi \cdot \eta / L_x$; $\bar{\Psi}_\gamma = \pi \cdot \gamma / L_y$.

Значение обобщенной пространственной координаты определим по выражению.

$$G = \Psi_\eta^2 + \bar{\Psi}_\gamma^2.$$

По результатам моделирования определим параметры K_η, T_η ,

Передаточными функциями исполнительного механизма имеет вид:

$$W_{\text{им}}(p) = \frac{K_{\text{им}}}{p(T_{\text{им}} \cdot p + 1)}.$$

В качестве регулятора выберем трехпозиционное реле с зоной нечувствительности со статической характеристикой:

$$F(x) = \begin{cases} b & \text{при } x > a; \\ 0 & \text{при } -a < x < a; \\ -b & \text{при } x < -a. \end{cases}$$

Требуется оценить устойчивость системы и возможность возникновения автоколебаний. Определим устойчивость полученного решения для $\eta=1$ по методике рассмотренной в [3].

Общий вывод. Данная система имеет два решения:

– при $A = 0,5073$ – в системе имеется неустойчивый колебательный режим;

– при $A = 2,948$ – в системе имеется устойчивый колебательный режим.

Рассмотрим случай для $\eta=3, 5, 7, 9, 11$ и по результатам моделирования определим значения параметров K_η, T_η и произведем расчет АФЧХ и $Z(G, A)$.

Как показали расчеты, $A(G, \omega)$ имеет значение 0,0089. Сравнивая $A(G, \omega)$ со значениями $Z(G, A)$ приходим к выводу, что общих точек пересечения они не имеют. Такие же результаты получаем при расчетах при $\eta=7$ и последующих значениях η . Следовательно, при $\eta=5$ и последующих значениях η автоколебания системе возникать не будут. Проверим это утверждение с помощью критерия Михайлова. Для этого применим следующую методику.

1. Запишем характеристический полином замкнутой нелинейной распределенной системы.

$$D(G, p, A) = T_\eta T p^3 + (T_\eta + T) p^2 + p + kq(G, A).$$

2. Разложим этот полином в ряд по степеням $j\omega$.

$$D(\alpha + j\omega) = D(\alpha) + \left(\frac{dD}{dp}\right)_\alpha (j\omega) + \frac{1}{2!} \left(\frac{d^2D}{dp^2}\right)_\alpha (j\omega)^2 + \frac{2}{3!} \left(\frac{d^3D}{dp^3}\right)_\alpha (j\omega)^3 + \dots$$

где $D(G, \alpha, A) = T_\eta T \alpha^3 + (T_\eta + T) \alpha^2 + \alpha + kq(G, A)$;

$$\frac{dD(G, \alpha, A)}{dp} = 3T_\eta T \alpha^2 + (T_\eta + T) \alpha + 1;$$

$$\frac{1}{2!} \cdot \frac{d^2D(G, \alpha, A)}{dp^2} = 3T_\eta T \alpha + (T_\eta + T);$$

$$\frac{1}{3!} \cdot \frac{D^3(G, \alpha, A)}{dp^3} = T_{\eta} T.$$

3. Выделим вещественную часть $U(G, \alpha, A, \omega)$ и мнимую часть $V(G, \alpha, A, \omega)$

$$U(G, \alpha, A, \omega) = T_{\eta} T \alpha^3 + (T_{\eta} + T) \alpha^2 + \alpha + kq(G, A) - (3T_{\eta} T \alpha + (T_{\eta} + T)) \omega^2 = 0;$$

$$V(G, \alpha, A, \omega) = (3T_{\eta} T \alpha^2 + 2(T_{\eta} + T) \alpha + 1 - T_{\eta} T \omega^2) \omega = 0.$$

4. Используя полученные выражения, и учитывая, что при $\alpha=0$ система находится на границе устойчивости и в ней возможно возникновение автоколебаний, построим годографы Михайлова (рис. 2).

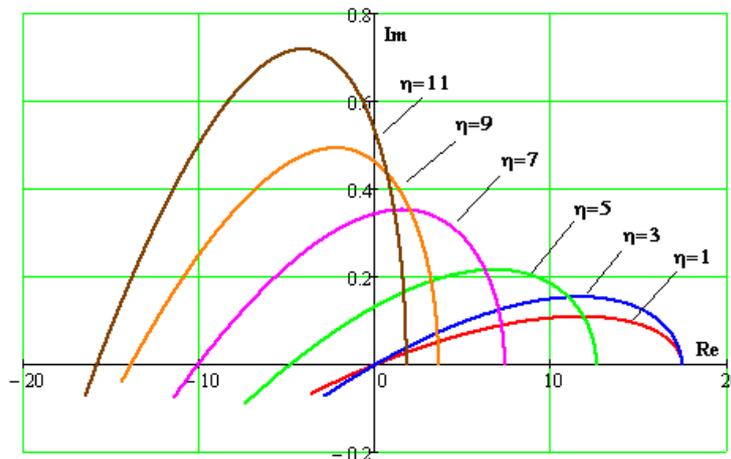


Рис. 2. Годографы Михайлова

Как видим из представленных результатов годографы Михайлова для $\eta=1$ и $\eta=3$ проходят через начало координат, что свидетельствует о нахождении системы на границе устойчивости и подтверждает полученные ранее результаты о возможности возникновения автоколебаний в системе при $\eta=1$ и $\eta=3$.

Разработанная методика позволяет производить оценку устойчивости нелинейных систем с распределенными параметрами при различных значениях пространственно-временных мод, что может использоваться при синтезе распределенных систем управления.

Список используемых источников

1. **Теория** систем автоматического управления/ В. А. Бесекерский, Е. П. Попов: изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб. : Профессия, 2007. – 752 с. – ISBN 5-93913-035-6.

2. **Анализ** и синтез систем с распределенными параметрами / И. М. Першин. – Пятигорск : РИА на КМВ, 2007. – 244 с. – ISBN 978-5-89314-075-0.

3. Применение модифицированного метода Гольдфарба для исследования нелинейных систем с распределенными параметрами / А. Л. Ляшенко // Научное обозрение. – 2014. – № 3. – С. 67–72.

УДК 007:519.2

В. А. Медведев

МОДЕЛИ БИНАРНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Описывается подход к моделированию бинарной последовательности, рассматриваются две модели бинарной последовательности, определяются основные вероятностные характеристики моделей, устанавливается связь между характеристиками моделей бинарной последовательности.

бинарная последовательность, модель, вероятность, система.

Бинарной называется дискретная последовательность, у которой позиция – это переменная, имеющая два значения: определим их как 0 (нуль) и 1 (единица).

Когда говорят о последовательности, то обычно подразумевают какую-то её конкретную реализацию. Для бинарной последовательности это может быть, например:

0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 ...

В ней, как правило, указывается начало (а может быть) и конец, т. е. в реализации последовательности существуют границы.

В данной статье предметом рассмотрения является сама бинарная последовательность; не конкретная реализация последовательности, а бинарная последовательность вообще; последовательность, которая не является представлением (т. е. чем-то ограниченным), а выступает как понятие (т. е. не имеет ограничений). Схематично такая бинарная последовательность показана на рисунке 1.



Рис. 1. Бинарная последовательность

Бинарная последовательность имеет две характеристики: а) позиции следуют непрерывно одна за другой и б) число значений, которые может принимать (попеременно) одна позиция, равно двум. В этом все бинарные

последовательности одинаковы. Их различие состоит в количественном соотношении между нулями и единицами. Если Q – количество позиций последовательности, а q – общее количество единиц (или нулей) в последовательности, то одна бинарная последовательность отличается от другой своей константой:

$$q/Q = const. \tag{1}$$

Будем просматривать бинарную последовательность, делая произвольные отсчеты одной позиции. В результате случайным образом наблюдаем нули и единицы. Обозначим через $P(0)$ вероятность получения нуля, а через $P(1)$ вероятность получения единицы. Очевидно, что каждая из этих вероятностей совпадает с константой бинарной последовательности (1), и что

$$P(0) + P(1) = 1. \tag{2}$$

Это – первый уровень модели бинарной последовательности. В теории вероятностей его аналогом является схема испытаний Бернулли⁸.

Перейдем ко второму уровню. Теперь будем отсчитывать две соседние позиции бинарной последовательности. Возможные исходы отсчетов и обозначение их вероятностей приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Значения исходов и обозначение вероятностей 2-го уровня

Исходы отсчетов	00	01	10	11
Вероятности	$P(00)$	$P(01)$	$P(10)$	$P(11)$

Естественно, что

$$P(00) + P(10) + P(01) + P(11) = 1.$$

Второй уровень дает возможность установить вероятностные связи между соседними позициями. Например,

$$P(01) = P(0) P(0/1), \tag{3}$$

где $P(0)$ – вероятность нахождения нуля на произвольной позиции бинарной последовательности, $P(0/1)$ – вероятность нахождения единицы на соседней позиции с обнаруженным нулем.

Следует отметить, что вероятностная природа бинарной последовательности не чувствительна к направлению. Так, вероятность получить нуль на левой позиции отсчета $P(0) = P(00) + P(01)$, а на правой позиции – $P(0) = P(00) + P(10)$. Отсюда получаем: $P(01) = P(10)$.

⁸ Введение в теорию вероятностей и её приложения. Т. 2. / В. Феллер; пер. с англ. – М. : Мир, 1984. – 528 с.

Это последнее равенство дает возможность выразить безусловные вероятности через условные. Для этого вероятности следует представить в форме (3) и использовать формулу (2). В результате обнаруживаем следующие соотношения:

$$P(0) = \frac{P(1/0)}{P(1/0)+P(0/1)} ; \tag{4}$$

$$P(1) = \frac{P(0/1)}{P(1/0)+P(0/1)} . \tag{5}$$

Аналогом 2-го уровня модели бинарной последовательности в теории вероятности является Марковская цепь⁹. Дальнейшие уровни модели аналогов в классике не имеют.

Рассмотрим третий уровень. В его рамках отсчет будет производиться сразу трех соседних позиций бинарной последовательности. Возможные исходы отсчетов и обозначение их вероятностей приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Значения исходов и обозначение вероятностей 3-го уровня

Исходы отсчетов	000	001	010	011	100	101	110	111
Вероятности	$P(000)$	$P(001)$	$P(010)$	$P(011)$	$P(100)$	$P(101)$	$P(110)$	$P(111)$

Исходя из свойства вероятностной симметрии бинарной последовательности, можно записать:

$$P(100) = P(001); \tag{6}$$

$$P(110) = P(011). \tag{7}$$

Используя формулы для связи вероятностей между уровнями модели бинарной последовательности, например

$$P(110) = P(11) P(11/0) = P(1) P(1/1) P(11/0)$$

и соотношения (6), (7) получаем следующие выражения, связывающие условные вероятности 2-го и 3-го уровней:

$$P(1/0) = \frac{P(11/0)}{P(11/0) + P(01/1)}; \tag{8}$$

$$P(0/1) = \frac{P(00/1)}{P(00/1) + P(10/0)}. \tag{9}$$

Рассуждая по аналогии можно описать четвертый и последующие уровни модели бинарной последовательности.

⁹ Там же.

На рисунке 2 изображен фрагмент иерархической структуры вероятностной модели бинарной последовательности (применительно к вероятности $P(0)$). Эта структура характеризует данную модель как систему, в которой элементы различных уровней взаимосвязаны и взаимозависимы.

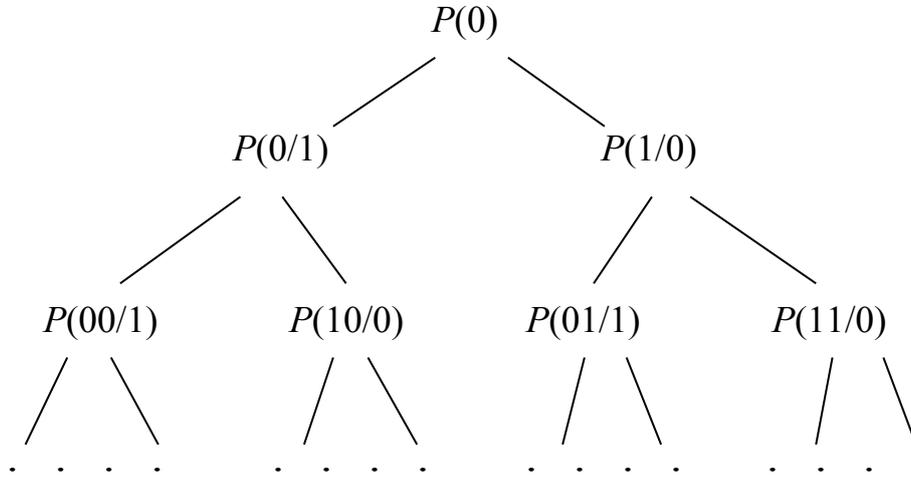


Рис. 2. Структура вероятностной модели бинарной последовательности

Рассмотренная первая модель описывает бинарную последовательность с внешней стороны, когда она исследовалась путём отсчета значений одной или нескольких позиций. Теперь рассмотрим её изнутри.

Пройдемся по последовательности и обозначим вероятности того, что между соседними единицами находится определенное число позиций:

$P_1(0)$ – вероятность, что соседние единицы стоят вплотную;

$P_1(1)$ – вероятность, что между соседними единицами одна позиция;

...

$P_1(k)$ – вероятность, что между соседними единицами k позиций.

Тогда среднее число позиций (нулей) между соседними единицами:

$$E_1 = \sum_{k=0} k P_1(k). \tag{10}$$

Используя аналогичные обозначения относительно нулей последовательности, получаем:

$$E_0 = \sum_{k=0} k P_0(k). \tag{11}$$

Формулы (10) и (11) также означают, что с каждой единицей (нулём) в последовательности связано точно E_1 нулей (E_0 единиц). Это дает основание сформулировать новое определение вероятностей $P(0)$ и $P(1)$:

$$P(1) = \frac{1}{1+E_1}; \quad P(0) = \frac{1}{1+E_0}. \tag{12}$$

Если единицы в последовательности стоят вплотную, то можно сказать что от одной единицы до другой – один шаг. Если между единицами находится один нуль, то это означает, что от одной до другой – два шага,

и т. д. Обозначив через $S_1(S_0)$ среднее число шагов между соседними единицами (нулями), нетрудно показать, что $S_1 = E_1 + 1$ и $S_0 = E_0 + 1$. Тогда

$$P(1) = \frac{1}{S_1} ; \quad P(0) = \frac{1}{S_0} . \quad (13)$$

Укажем ещё одну нить, связывающую две модели бинарной последовательности. Последовательность можно представить сериями (пачками) нулей и единиц, следующих одна за другой (минимальная пачка включает одну составляющую).

Обозначим через $M_1 (M_0)$ среднее число единиц (нулей) в пачке. Тогда можно дать очередное определение вероятностей $P(0)$ и $P(1)$:

$$P(1) = \frac{M_1}{M_1 + M_0} ; \quad P(0) = \frac{M_0}{M_1 + M_0} . \quad (14)$$

И последнее: M_1 – это отношение количества единиц к количеству пачек единиц в бинарной последовательности. $P(1)$ – это относительное количество единиц, а $P(10)$ – это относительное количество пачек (границ между сериями нулей и единиц). Тогда

$$M_1 = \frac{P(1)}{P(10)} = \frac{1}{P(1/0)} .$$

Аналогично для M_0 :

$$M_0 = \frac{1}{P(0/1)} .$$

УДК 681.51

Т. В. Мусаева, С. С. Сидоров

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ И ОЦЕНКА
ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННО-
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ**

Современный этап развития общества характеризуется возрастающей ролью информационной сферы, представляющей собой совокупность информации, информационной инфраструктуры, субъектов, осуществляющих сбор, формирование, распространение и использование информации, а также системы регулирования возникающих при этом общественных отношений. Информационная сфера, являясь системообразующим фактором жизни общества, активно влияет на состояние политической, экономической, и других составляющих сфер безопасности учреждения.

Репутация существенным образом зависит от обеспечения информационной безопасности, и в ходе технического прогресса эта зависимость будет возрастать.

автоматизированные системы, информационная безопасность, предотвращение утечек данных, DLP.

Под информационной безопасностью учреждения понимается состояние защищенности его интересов в информационной сфере, определяющихся совокупностью сбалансированных интересов личности, общества и руководства. Важным и актуальным аспектом на сегодня является защита информации, обеспечивающая личную безопасность.

Одним из видов угроз описанной в Доктрине информационной безопасности Российской Федерации от 9 сентября 2000 года является угроза безопасности информационных и телекоммуникационных средств и систем, как уже развернутых, так и создаваемых на территории России [1].

Классификация возможных угроз представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Классификация угроз

К организационно-техническим методам обеспечения безопасности информации относятся: разработка, использование, совершенствование средств защиты, методов контроля эффективности этих средств, развитие защищенных телекоммуникационных систем, надежность программного обеспечения; предотвращение несанкционированного доступа специальных вредоносных воздействий; выявление средств и устройств, опасных для нормального функционирования информационно-телекоммуникацион-

ных систем, предотвращение перехвата информации по техническим каналам, применение криптографических средств защиты, контроль требований и сертификация средств; мониторинг показателей и характеристик информационной безопасности.

В данной статье рассматривается вопрос построения и оценки эффективности средств информационного обеспечения на базе информационно-телекоммуникационной сети общего пользования Интернет.

На рисунке 2 представлена функциональная модель защищенной почтовой системы, позволяющей вести контроль за использованием корпоративной информации.

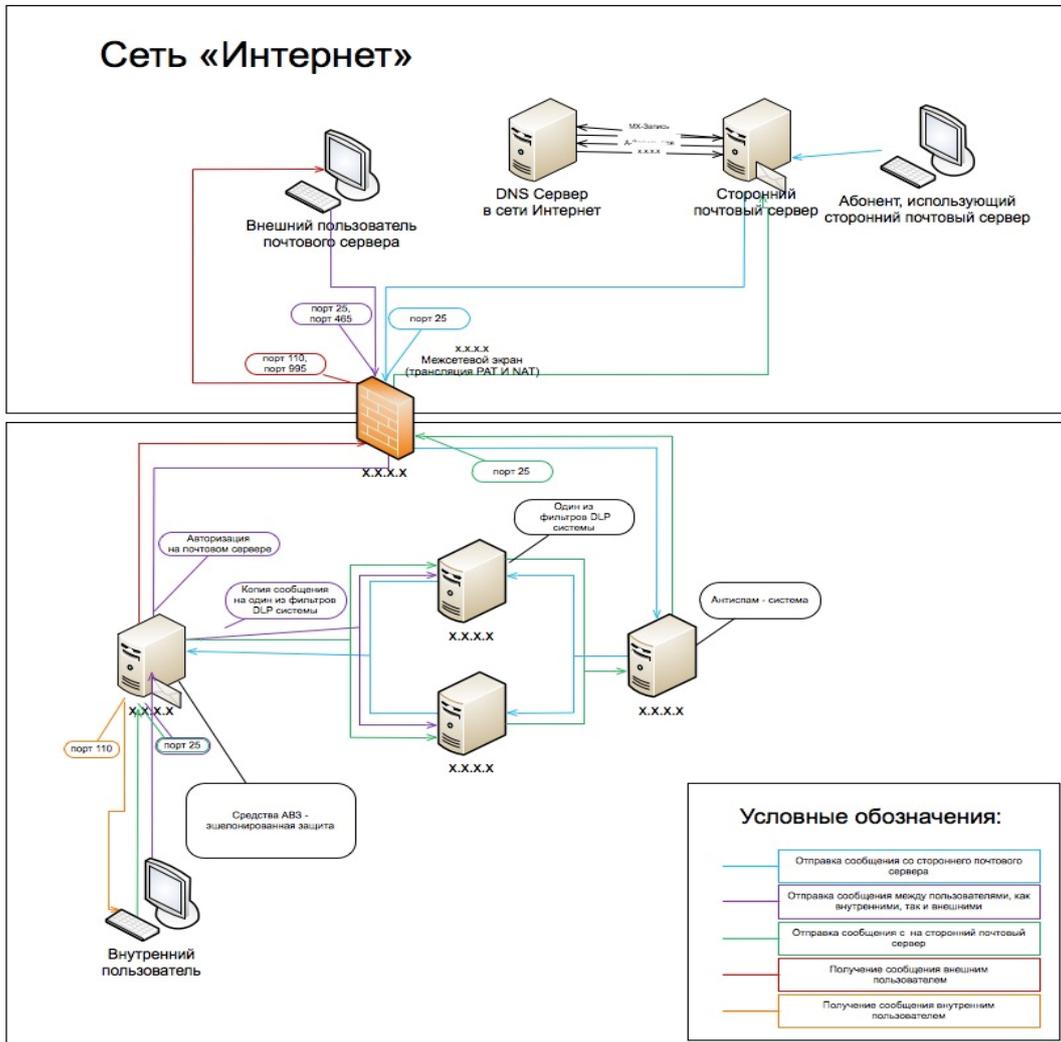


Рис. 2. Функциональная модель защищенной почтовой системы

Защита почтового сервера в сети Интернет (далее – почтовый сервер) от воздействия вредоносного программного обеспечения и компьютерных атак должна достигаться путем применения комплекса средств защиты информации: антиспам-системы фильтрации почтовых сообщений позволяющая определять и пресекать попытки передачи почтовых сообщений,

поступающих на адреса электронной почты почтового сервера, с поддельными заголовками писем («фишинговые атаки»); средствами эшелонированной антивирусной защиты; системой предотвращения утечек информации (DLP – системы), мониторинга и архивирования почтовых сообщений; подключение внешних пользователей почтового сервера должно осуществляться с использованием криптографических протоколов, обеспечивающих защищенную передачу данных между узлами в сети Интернет.

В целях повышения защищенности почтового сервера от различных нежелательных воздействий, предлагаются меры противодействия в виде реализации механизмов обнаружения и оповещения администратора почтовой системы о фактах: массовых рассылок, осуществляемых с адресов электронной почты корпоративного почтового сервера и со сторонних почтовых сервисов; об авторизации на почтовом сервере с IP-адресов, для защиты от атак типа DDOS; об осуществлении подбора паролей к адресам электронной почты почтового сервера с дальнейшим блокированием атакующих IP-адресов средствами межсетевое экранирования [2].

Из рисунка 3 видно, что каждое сообщение, попадающее на фильтры DLP-системы должно проходить стадии фильтрации, архивации, отправки.

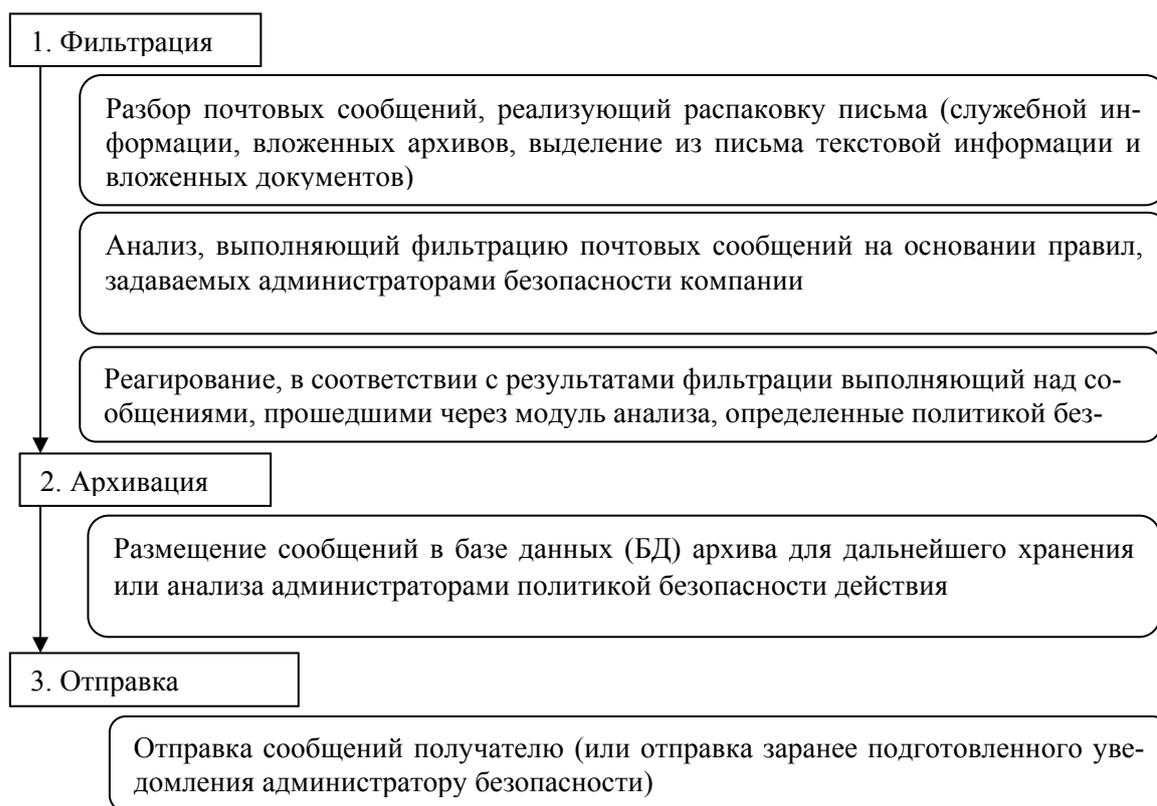


Рис. 3. Стадии прохождения сообщения в DLP-системе

Настройка политики безопасности должна осуществляться с использованием веб-интерфейса DLP-системы. Необходим достаточно широкий

спектр возможных действий производимых над сообщениями: запрет на отправку сообщений, удаление сообщения и/или его запись в архив, добавление к сообщению метки, автоматическая модификация сообщения (например, удаление запрещенного вложения или добавление к нему некоторого текста), отправка администратору безопасности уведомления.

Аналогично через веб-интерфейс производится работа с архивом почтовых сообщений. Возможные действия: поиск почтовых сообщений, удовлетворяющих заданным администратором параметрам; просмотр статистики прохождения сообщений за определенные промежутки времени; выгрузка необходимых сообщений; отправка необходимых сообщений на конкретный адрес электронной почты.

DLP-система также может использоваться для нетиповых задач, а именно противодействия целевым компьютерным атакам, основанным на применении методов социальной инженерии при помощи пересылки вредоносных файлов во вложениях электронной почты. Также должны быть реализованы следующие механизмы: при прохождении электронного сообщения через фильтр DLP-системы производится анализ всех заголовков сообщения. В случае несовпадения заголовка отправителя конверта и заголовка отправителя сообщения электронное письмо блокируется и одновременно администратору безопасности направляется уведомление о попытке подделки заголовка отправителя сообщения; при получении за определенный период времени определенного количества сообщений со схожими метаданными (одинаковой темой) «массовые рассылки» происходит уведомление администратора безопасности; при обнаружении попытки передать сообщение, содержащее во вложении вредоносное ПО, должна быть предусмотрена возможность блокирования конкретного адреса электронной почты или целого домена администратором безопасности; в целях выявления вирусов в ретроспективе (которые на момент прохождения отсутствовали в базах вирусных сигнатур) производится периодичное сканирование всего архива почтовых сообщений с последующей отправкой администратору безопасности соответствующего отчета [4]; хранение информации о почтовом трафике пользователей хранится в базах данных DLP-системы. С помощью встроенных отчетов и гибких запросов можно получить информацию о трафике за период прошедших трех лет.

По всем выявленным фактам срабатывания вышеуказанных дополнительных механизмов защиты необходимо проведение мероприятий по расследованию инцидентов.

DLP-система должна работать в «активном» режиме (установлена «в разрыв») и основным ее предназначением является фильтрация трафика, применение политик, сохранение информации о почтовом трафике, поиск утечек информации при анализе трафика.

Данная система должна быть гибко настраиваемой для построения морфологической модели запросов с учетом специфики информации, относящейся к интересам учреждения.

Стоит также отметить необходимость наличия системы обнаружения целевых компьютерных атак, направленных на компрометацию информационных систем и хищение информации ограниченного распространения, конфиденциальных данных и другой ценной информации организации.

Решение – система с технологией динамического обнаружения атак. Действия злоумышленников на каждом этапе атаки неизбежно приводят к изменению атакуемых систем. Безопасность можно обеспечить, если защита, как и атака, представляет собой постоянный, протяженный во времени процесс: постоянный мониторинг изменений состояния систем, входящих в ИТ-инфраструктуру; анализ изменений состояния систем и поиск в них аномалий: если система атакована, в изменениях появляются аномалии (нехарактерные свойства для работающего программного обеспечения); классификация и выявление признаков атаки.

Использование предложенной модели построения почтовой системы позволит значительно повысить её функциональную эффективность, а также конфиденциальность, безопасность и целостность передаваемой информации. Данный подход соответствует ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ.

Список используемых источников

1. **Доктрина** информационной безопасности Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации 9 сентября 2000 г., № Пр-1895) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html/>, http://www.rg.ru/oficial/doc/min_and_vedom/mim_bezop/doctr.shtm/ (Дата обращения 06.04.2015).

2. **Безопасность** – бумажная и реальная [Электронный ресурс] / А. Лукацкий. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/news/articles/2015/05/13044700/> (Дата обращения 06.04.2015).

3. **Динамическая** эшелонированная антивирусная защита [Электронный ресурс] / А. Панасенко. – Режим доступа: <http://www.anti-malware.ru/node/43/> (Дата обращения 06.04.2015).

УДК 681.3.06

О. Г. Никифоров

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Рассмотрен подход к синтезу многопозиционной системы, оптимальной по критерию качество/стоимость. Показано, что для решения такой задачи могут быть использованы современные эвристические методы оптимизации, одним из которых является генетический алгоритм.

многопозиционные системы, методы оптимизации, генетический алгоритм.

Многоуровневые многопозиционные системы (МС) могут применяться для решения различных задач, в частности, для обеспечения информационной безопасности объектов различного назначения. При этом уровни МС соответствуют взаимодействующим областям функциональных задач, решаемых системой, а позиции – физическим или логическим местам размещения ее элементов. Например, при решении задач обеспечения безопасности МС может содержать пять следующих уровней: уровень непосредственной защиты, уровень обнаружения и идентификации опасных событий, уровень сбора и обработки информации и принятия решения, уровень оперативного реагирования и уровень нейтрализации опасного события. Очевидно, что для обеспечения высокого качества МС должна иметь множество дублирующих элементов, размещаемых на разных позициях, каждый из которых, в свою очередь, может быть многорубежным.

При решении практической задачи по созданию МС важную роль в ее рациональном построении по критерию минимальных затрат при обеспечении заданного качества играет оптимальное определение необходимого количества позиций и их основных параметров, которые должны обеспечиваться путем применения различных наборов используемых технических средств.

Учитывая стохастический характер процессов возможных деструктивных воздействий, в качестве показателей качества МС могут использоваться вероятность выполнения системой возложенных на нее задач P_3 и затраты на ее реализацию C .

Для определения значения вероятности P_3 рассмотрим модель МС в виде совокупности S позиций, каждая из которых содержит M_s элементов. Для учета взаимосвязи различных позиций введем обобщенное понятие веса, характеризующего априорную ценность s -й позиции для МС.

Таким образом, имеет место следующая физическая постановка задачи.

Система содержит S позиций ($s = 1, \dots, S$), каждая из которых может быть реализована X_s вариантами и характеризуется вектором весов $A = \{A_s\}$. Эффективность каждой из возможных позиций, характеризуется вероятностью выполнения задачи при ее использовании и для всех возможных вариантов их физической реализации задана матрицей $\|P_{\text{обн}x_s s}\|_{X_s S}$, а стоимость реализации каждого из вариантов таких позиций задается матрицей $\|C_{x_s s}\|_{X_s S}$.

Оптимальный синтез МС сводится к решению задачи выбора необходимого количества позиций и вариантов их реализации так, чтобы вероятность выполнения задачи системой была максимальной при условии, чтобы ее стоимость не превышала заданного значения (задача оптимального выбора проектов реализации подсистем сложной системы при ограничениях на ее стоимость).

Таким образом, требуется определить вектор $\vec{x}_{X_s S}^o$, обеспечивающий максимальное значение функции $P_3(S)$ при следующих ограничениях и условиях

$$\sum_{s=1}^S C_{x_s^o} \leq C_{\text{доп}},$$

$$0 \leq A_s \leq 1,$$

где $C_{\text{доп}}$ – максимальная допустимая стоимость всей МС.

Как показано в [1, 2], для строгого аналитического решения таких задач (оптимального выбора или распределения) могут быть использованы методы дискретного динамического программирования, которые известны и описаны в литературе, например в [3, 4]. Однако, при исследовании МС, содержащих более пяти позиций, получение аналитического решения является весьма проблематичным вследствие большой сложности и объема производимых вычислений. Это стало причиной поиска других способов решения указанной задачи и, в первую очередь, эвристических.

Одним из эвристических эволюционных подходов, пригодных для решения задач данного вида, является использование генетических алгоритмов оптимизации, которые хотя и не всегда позволяют получить строгое однозначное значение максимума целевой функции, но, тем не менее, позволяют сделать необходимый выбор решения с требуемой для практических целей точностью. Один из возможных вариантов программной реализации такого подхода представлен ниже.

Данный программный модуль разработан для решения описанной выше оптимизационной задачи и позволяет найти максимум целевой функции (максимальную эффективность системы), при заданных граничных условиях.

Алгоритм выполнения программного модуля содержит следующие этапы:

1. Ввод в программу целевой функции необходимого вида и заданных граничных условий. Вид окна ввода эффективности и стоимости позиций МС представлен на рисунке 1 (размещается в папке с программным модулем под именем «table.xls»).

Номер элемента на уровне	1		2		3		4		5	
	стоимость	эффективность								
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1000	0,5	4000	0,5	7000	0,8	10000	0,4	5000	0,94
3	2000	0,6	4100	0,6	7500	0,81	20000	0,55	10000	0,95
4	3000	0,7	4200	0,7	8000	0,82	30000	0,7	15000	0,96
5	4000	0,8	4300	0,8	8500	0,83	40000	0,85	20000	0,97
6	5000	0,9	4400	0,9	9000	0,84	50000	0,99	25000	0,98
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Рис. 1. Вид окна ввода исходных данных

2. Генерирование начальной популяции особей, которое осуществляется с использованием алгоритма псевдослучайного выбора (начальная популяция содержит 100 особей). При этом под особью, или геном, понимается числовой вектор (одномерный массив), размерность которого совпадает с количеством позиций системы, а каждой ячейке массива соответствует число, равное стоимости элемента, который она представляет.

3. Расчет эффективности каждой особи на основе существующих зависимостей между стоимостью элементов и их эффективностью, указанной в таблице (рис. 1). Эффективность особи выражается числом, принимающим значения от 0 до 1, где 0 – полная неэффективность МС, а 1 – ее максимальная эффективность.

4. Сортировка особей по их эффективности в порядке убывания (наиболее эффективным особям присваивается низкий индекс, наименее эффективным – высокий).

5. Вычисление средней эффективности по формуле среднего арифметического и запись лучшей особи для получения общей информации о поколении и выводов о работе алгоритма в целом. По изменению максимальной и средней эффективности от поколения к поколению можно судить о работе алгоритма (отношение этих эффективностей друг к другу является критерием вырождения популяции).

6. Скрещивание особей способом сплошного кроссинговера, с использованием в качестве весового коэффициента индекса эффективности (наиболее эффективные особи имеют большие шансы стать «родителями»). Генерирование следующего поколения из 100 особей. Замена наименее эффективных особей с 101 по 200 особями нового поколения. Общий размер популяции при этом равен 200 особям.

7. Введение мутаций с использованием псевдослучайного алгоритма. Сила мутации задается вместе с граничными условиями.

8. Повторение шагов 4–7, до тех пор, пока популяция не выродится в одну, повторяющуюся, наиболее эффективную особь (квазиоптимальное решение), или не закончится лимит поколений. Кроме того, достижение эффективности, равной единице, тоже является критерием окончания алгоритма.

Вид окна с выводом результатов расчета представлен на рисунке 2.

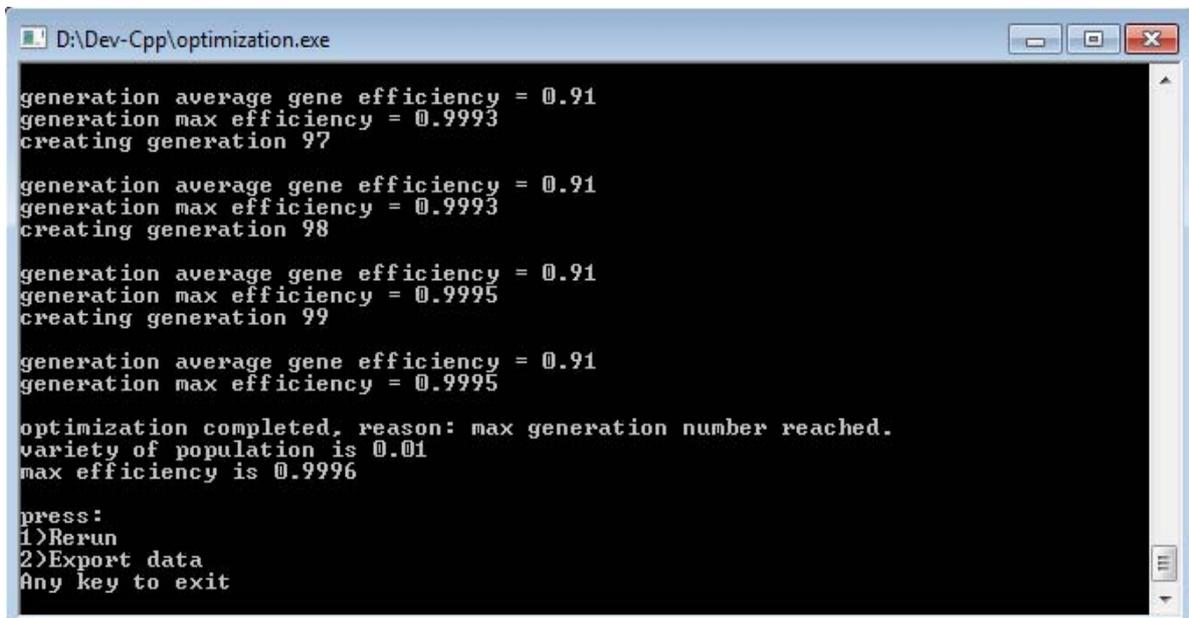


Рис. 2. Вид окна с выводом результатов расчета

Итоговый результат оптимального выбора представлен в виде, показанном на рисунке 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	element №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	total	
2	efficiency	0,9	0,9	0,84	0,99	0,96	0,9	0,9	0,84	0,99	0,96	0,9	0,9	0,84	0,99	0,96	0,9998	
3	cost	5000	4400	9000	50000	25000	5000	4400	9000	50000	25000	5000	4400	9000	50000	25000	280200	
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

Рис. 3. Вид окна с выводом итогового результата

В данной таблице (рис. 3) представлены значения стоимостей и эффективностей каждого элемента лучшей особи (квазиоптимального набора позиций МС), а также ее общая стоимость и эффективность.

Результат решения задачи (вектор $\vec{x}_{X,S}^o$) позволяет определить наиболее эффективные позиции МС, последовательность их создания, что является основой дифференцированного подхода к построению системы с учетом топологического размещения, функциональных особенностей и веса ее элементов, то есть определить ее оптимальную структуру и параметры ее элементов. Значение P_3 характеризует потенциальные возможности МС по выполнению возложенных на нее функциональных задач.

Список используемых источников

1. **О подходе** к синтезу системы технической защиты информации / О. Г. Никифоров // Физика и технические приложения волновых процессов: материалы докладов VIII Международной научно-технической конференции: Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы» / Под ред. В. Ф. Дмитрикова, В. А. Неганова, Г. П. Ярового и А. С. Ястребова. – СПб. : Политехника, 2009. – С. 342–343.
2. **Метод** синтеза системы технической защиты торгово-экономического комплекса от несанкционированного физического доступа / О. Г. Никифоров, Г. Ю. Стародубцев // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. – 2013. – № 1. – С. 116–121.
3. **Прикладные** задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М. : Наука, 1965. – 460 с.
4. **Введение** в исследование операций: в 2-х кн. / Х. Таха; пер. с англ. – М. : Мир, 1985.

УДК 621.315

О. Г. Патрик, М. Ю. Сверчкова

ОЦЕНКА ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ МЕЖДУ ПАРАМИ КАБЕЛЕЙ СКС ТИПА F/UTP

Приведены результаты оценки величины переходного затухания между парами экранированного кабеля СКС типа F/UTP при различном расположении взаимовлияющих пар и различном отношении шагов скрутки.

взаимное влияние, экранированный кабель, шаг скрутки.

В середине 80-х годов компьютерная техника, а вместе с ней техника локальных вычислительных сетей начала быстрыми темпами внедряться

во все сферы деятельности предприятий и организаций. Изначально кабельные системы были ориентированы на установку в зданиях офисного типа. Но со временем началось применение кабельных систем и на промышленных предприятиях.

Уже на этапе разработки структурированной кабельной системы (СКС) необходимо учитывать защищенность создаваемой системы от электромагнитных помех, снижающих надежность работы системы. Наиболее уязвимой является проводка информационной системы, поскольку она является, по сути, антенной, как собирающей все помехи, так и излучающей наружу всю передаваемую по ней информацию. Поэтому самым эффективным методом борьбы за защищенность информационной системы считается использование экранированных кабелей.

Экранирование необходимо в тех случаях, когда предъявляются повышенные требования к безопасности передаваемой информации (это проекты, выполняемые для банков и других финансовых учреждений, а также для правительственных объектов).

Наличие экрана определенным образом отражается на изменении характеристик передачи и взаимного влияния.

Для оценки влияния между парами кабеля F/UTP можно воспользоваться формулой для электрически длинных цепей [1]:

$$A_0 = 8,7 \cdot \ln \left| \frac{4Z_B \omega C}{N_{12}} \right|, \text{ дБ} \quad (1)$$

где $N_{12} = (r_{12} + i\omega m_{12}) / Z_B + (g_{12} + i\omega k_{12})$ – коэффициент электромагнитной связи на ближнем конце.

Если пренебречь активными составляющими коэффициентов электрической и магнитной связи, и учитывая то, что $m_{12}/Z_{12} \approx k_{12}Z_{12}$, получим:

$$A_0 = 8,7 \cdot \ln \left| \frac{2C}{\kappa_{12}} \right|, \text{ дБ} \quad (2)$$

В свою очередь κ_{12} – коэффициент емкостной связи между нескрученными цепями выражается через отношение расстояний между центрами токопроводящих жил:

$$\kappa_{12} = \frac{C^2}{2\pi\epsilon_a} \ln \frac{a_{13} \cdot a_{24}}{a_{14} \cdot a_{23}} \quad (3)$$

После подстановки (3) в (2) получаем:

$$A_0 = 8,7 \cdot \ln \left| \frac{4\pi\epsilon_a}{C \ln \left| \frac{a_{13} a_{24}}{a_{14} a_{23}} \right|} \right|, \text{ дБ} \quad (4)$$

Величина $\frac{a_{13}a_{24}}{a_{14}a_{23}}$ может принимать значения от 1,0 (влияние между цепями отсутствует) до значения 1,41 (влияние максимально).

Для дальнейших расчетов было использовано среднее из этих значений – 1,205.

В этом случае среднее значение переходного затухания на ближнем конце между нескрученными цепями оказывается равным 18,0 дБ.

В результате скрутки цепей влияние уменьшается, а переходное затухание на ближнем конце увеличивается на величину, равную [2]:

$$A_h = 8,7 \cdot \ln \left| \frac{\pi(n+1)}{\gamma n h_{\text{ЭКВ}} \left(1 + S \frac{n+1}{n-1} \right)} \right|, \text{ дБ} \quad (5)$$

где γ – постоянная распространения, которая в диапазоне высоких частот численно равна β – коэффициенту фазы.

С учетом этого формулу (5) можно записать в виде:

$$A_h = 8,7 \cdot \ln \left| \frac{(n+1)}{2f \cdot \sqrt{L_{\text{Э}}} \cdot C_{\text{Э}} \cdot h_{\text{ЭКВ}} \left(1 + S \frac{n+1}{n-1} \right)} \right|, \quad (6)$$

где $n = h_1/h_2$ – отношение шагов скрутки взаимовлияющих пар, $h_{\text{ЭКВ}} = hH/(h + H)$ – эквивалентный шаг скрутки, h – шаг скрутки пары, H – шаг скрутки повива.

Индуктивность экранированной пары $L_{\text{Э}}$ определяется как разность индуктивностей неэкранированной пары L и оболочки (экрана) ΔL :

$$L_{\text{Э}} = L - \Delta L, \text{ Гн/км}, \quad (7)$$

Индуктивность неэкранированной пары [3]:

$$L = \chi \cdot \left[4 \cdot \ln \frac{a-r}{r} + \mu_r \cdot Q(x) \right] \cdot 10^{-4}, \text{ Гн/км}; \quad (8)$$

где r – радиус токопроводящей жилы, μ_r – относительная магнитная проницаемость материала токопроводящих жил (для немагнитных материалов $\mu_r = 1$), $Q(x)$ – функция, зависящая от коэффициента вихревых токов и диаметра токопроводящих жил, при $x > 14$ $Q(x) = 2\sqrt{2}/x$.

Дополнительная индуктивность может быть рассчитана по формуле [1]:

$$\Delta L = 8 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{a}{d_3} \right)^2 \cdot \frac{m^2}{m^2 + 1}, \quad x = 0,0105 \cdot d_0 \cdot \sqrt{f}, \quad (9)$$

где $m = \omega 10^{-4} / R_{0Э}$ – коэффициент вихревых токов в экране, мм^{-1} , $R_{0Э}$ – сопротивление экрана постоянному току.

Емкость пары с учетом эксцентричного расположения относительно экрана равна [4]:

$$C_{Э} = \chi \frac{\pi \cdot \varepsilon_a}{\ln\left(\frac{d_1}{r_0}\right) - \frac{d_1^2 \cdot r_{Э}^2}{2(r_{Э}^2 - Э^2)^2} - \left(\frac{d_0}{d_1}\right)^2 \cdot \left[1 - \frac{d_1^2 \cdot r_{Э}^2}{(r_{Э}^2 - Э^2)^2}\right]}, \quad \Phi/\text{км} \quad (10)$$

где $\varepsilon_a = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$; $\varepsilon_0 = 1/36\pi \cdot 10^6$, S – коэффициент, зависящий от конструкции кабеля и расположения взаимовлияющих пар.

На рисунке 1 представлено поперечное сечение кабеля F/UTP и указаны размеры отдельных конструктивных элементов.

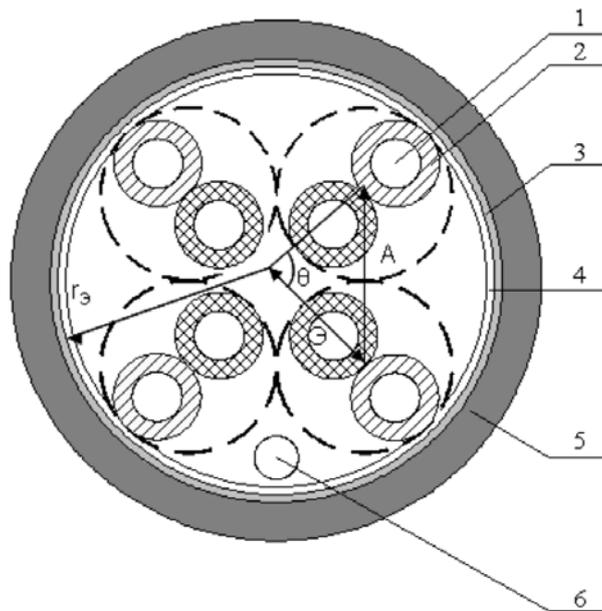


Рис. 1. Поперечное сечение кабеля типа F/UTP: 1 – медные жилы; 2 – изоляция жил из полиэтилена; 3 – алюминиевый экран; 4 – поясная изоляция из стирофлекса; 5 – полиэтиленовая оболочка; 6 – дренажный проводник; A – расстояние между осями взаимовлияющих пар; θ – угол между двумя радиусами, проходящими через центр металлической оболочки и центры взаимовлияющих пар; \mathcal{E} – эксцентриситет, расстояние между центром кабельного сердечника и центром пары; $r_{Э}$ – радиус экрана; d_0 – диаметр токопроводящей жилы = 0,51 мм; d_1 – диаметр изолированной жилы = 1 мм; $\Delta_{Э}$ – толщина экрана = 0,05 мм; Δ – толщина поясной изоляции = 0,03 мм.

Коэффициент S при различном положении взаимовлияющих пар будет равен [2]:

$$S = \left| \frac{1}{M} \sqrt{W^2 + P^2 + 2 \cdot P \cdot W \cdot \cos(\theta)} \right|, \quad (11)$$

где M, P, W – вспомогательные коэффициенты, которые рассчитываются по формулам:

$$P = \frac{d_1^2 \cdot \Theta^2}{r_3^4 + B^4 - 2 \cdot \Theta^2 \cdot r_3^2 \cdot \cos(\theta)}, \quad (12)$$

$$M = \frac{4 \cdot d_1^2 \cdot A^2}{4 \cdot A^4 + d_1^4} + P, \quad (13)$$

$$W = \frac{2 \cdot d_1^4}{4 \cdot A^4 + d_1^4} - P \cdot \frac{r_3^2}{\Theta^2}. \quad (14)$$

При смежном расположении пар в кабельном сердечнике следует, что эти коэффициенты равны:

$$A = \Theta \cdot \sqrt{2} = 1,08 \cdot 1,41 = 1,52 \text{ мм} \quad \theta = \pi/2 \quad B = \sqrt{\Theta^2 + \frac{a^2}{4}} = \sqrt{1,08^2 + \frac{1,0^2}{4}} = 1,19 \text{ мм}$$

$$P = \frac{1,0^2 \cdot 1,08^2}{2,11^2 + 1,19^2 - 2 \cdot 1,08 \cdot 2,11^2 \cdot \cos(\pi/2)} = 0,053$$

$$M = \frac{4 \cdot 1,0^2 \cdot 1,52^2}{4 \cdot 1,52^2 + 1,0^2} + 0,053 = 0,955 \quad W = \frac{2 \cdot 1,0^4}{4 \cdot 1,52^4 + 1,0^4} - 0,053 \frac{2,11^2}{1,08^2} = -0,113$$

$$S = \frac{1}{0,466} \sqrt{0,113^2 + 0,053^2} = 0,268 \quad h_{\text{ЭКВ}} = \frac{20 \cdot 70}{20 + 70} = 15,6 \text{ мм}$$

При диагональном расположении пар:

$$A = \Theta \cdot 2 = 1,08 \cdot 2 = 2,16 \text{ мм}, \quad \theta = \pi, \quad P = \frac{1,0^2}{1,08^4 + 1,68^4 + 2 \cdot 1,08^2 \cdot 2,11^2} = 0,036$$

$$M = \frac{4 \cdot 1,0^2 \cdot 2,16^2}{4 \cdot 2,16^2 + 1,0^2} + 0,036 = 0,985, \quad W = \frac{2 \cdot 1,0^4}{4 \cdot 2,16^4 + 1,0^4} - 0,036 \frac{2,11^2}{1,08^2} = -0,115$$

$$S = \left| \frac{1}{0,985} \sqrt{0,115^2 + 0,036^2 + 2 \cdot 0,036 \cdot (-0,115)} \right| = 0,08$$

Значения A_h на отдельных частотах и при различных значениях n для смежного и диагонального расположения пар приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Значения A_h на отдельных частотах и при различных значениях n для смежного и диагонального расположения пар

n	$f = 10 \text{ МГц}$		$f = 31,25 \text{ МГц}$		$f = 100 \text{ МГц}$	
	смежные пары	диагональ пары	смежные пары	диагональ пары	смежные пары	диагональ пары
1,1	51,9	54,9	42,5	45,4	32,4	35,3
1,5	60,6	62,0	51,1	52,6	41,0	42,5

n	$f = 10$ МГц		$f = 31,25$ МГц		$f = 100$ МГц	
	смежные пары	диагональ пары	смежные пары	диагональ пары	смежные пары	диагональ пары
2,0	63,6	64,7	54,2	55,2	44,1	45,1
2,5	65,6	66,4	56,1	56,9	46,0	46,9
3,0	67,0	67,7	57,6	58,3	47,5	48,2
3,5	68,2	68,9	58,8	59,4	48,7	49,4

На рисунке 2 представлено изменение добавочной величины переходного затухания A_h в зависимости от увеличения отношения шагов скрутки в случае максимального влияния, когда частота равна 100 МГц, а пары расположены рядом.

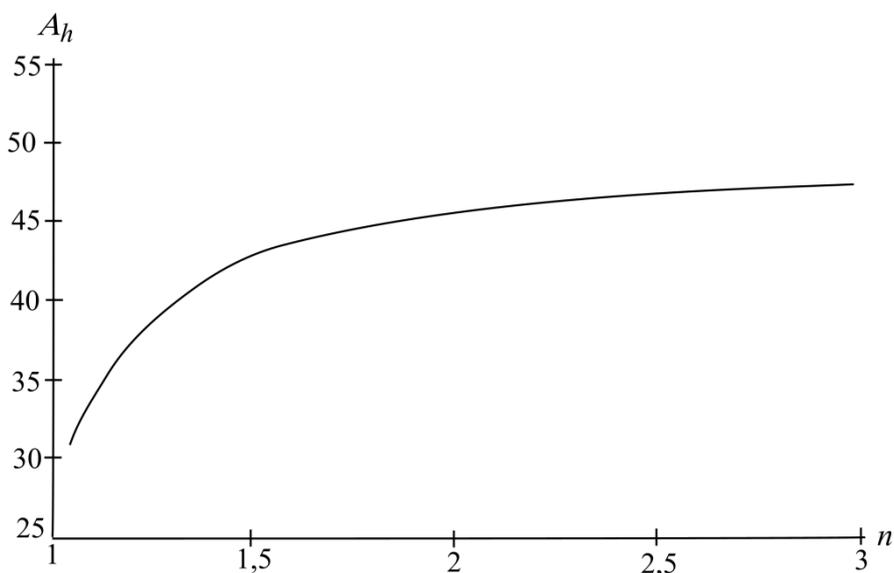


Рис. 2. Зависимость A_h от отношения шагов скрутки

Согласно рекомендациям, изложенным в [5], желательно, чтобы шаги скруток пар лежали в пределах от 10 до 30 мм. В таблице 2 приведены шаги скруток пар некоторых фирм – изготовителей кабелей СКС.

ТАБЛИЦА 2. Шаги скруток пар некоторых фирм – изготовителей кабелей СКС

Цветовой код пары	«Siemon»	«Belden»	«PCnet»	«Eurolan»
Синий	10,7мм	14,9	18,8	12,1мм
Коричневый	22,3мм	10,1	22,2	17,9мм
Зеленый	13,8мм	19,3	16,6	12,5мм
Оранжевый	19,3мм	13,2	13,0	15,7мм

Как следует из данных, представленных в таблице 2, максимальное значение соотношения шагов скрутки пар не превосходит значение, равное 2,5.

Взаимная помехозащищенность диагональных пар несколько выше, чем у смежных пар. Наиболее это заметно в том случае, когда шаги скрутки взаимовлияющих пар отличаются незначительно.

Чем больше отличаются шаги скрутки взаимовлияющих пар, тем больше их взаимная защищенность. Наиболее интенсивный рост взаимной защищенности происходит при увеличении отношения шагов скручиваемых пар в диапазоне значений, не превосходящих величину, равную трем.

Список используемых источников

1. **Линии** связи / П. Я. Шиниберов, Н. Д. Курбатов, К. К. Сергеева. – М. : Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1962. – 432 с.
2. **Переходное** затухание на ближнем конце между скрученными двухпроводными цепями симметричных кабелей связи / Н. А. Сецко // Электросвязь. – 1962. – № 11. – С. 48–56.
3. **Направляющие** системы электросвязи. Том 1. Теория передачи и влияния / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2009. – 422 с. – ISBN 978-5-9912-0092-9.
4. **Электромагнитные** экраны в высокочастотной технике электросвязи / Г. Каден. – М. : Государственное энергетическое издательство, 1957. – 327 с.
5. **ГОСТ Р 54429 - 2011.** Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия. – Введ. 2012–07–01. – М: Стандартинформ, 2012. – 47 с.

УДК 621.396

К. А. Смирнов

МЕТОДЫ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Синтез топологической структуры сети подвижной связи заключается в поэтапном решении следующих основных задач: определение территории, покрываемой услугами сети подвижной радиосвязи с заданным качеством, определение координат базовых станций, определение связности и распределение частот между базовыми станциями.

сети подвижной связи, топология, синтез структуры.

Одним из ключевых вопросов формирования структуры сети подвижной транкинговой связи специального назначения, как и любой системы

связи с подвижными объектами, является определение размеров (конфигурации) зон покрытия и зон обслуживания, в пределах которых выполняются заданные требования к качеству связи между мобильным абонентом (МА) и базовой станцией (БС). Основой для решения данной задачи является методика, которая позволяет определять конфигурации зон покрытия и обслуживания в зависимости от значений варьируемых параметров БС с учетом физико-географических условий (ФГУ) района развертывания сети и пространственного распределения нагрузки на сеть в этом районе. На базе данных о конфигурации зон покрытия и обслуживания, решается задача синтеза, позволяющие определить необходимые технические параметры БС на основании заданных размеров зон покрытия и обслуживания.

Наличие энергетического покрытия мест возможного нахождения МС, еще не гарантирует успешного установления связи между данными МС и БС, поскольку на ограниченное число каналов БС может претендовать слишком большое количество МС.

Практическая эксплуатация сетей подвижной радиосвязи показывает, что итоговая эффективность функционирования в значительной мере зависит от адекватности учета трафика поступающей нагрузки на отдельные элементы сети. Адекватность учета трафика нагрузки можно повысить за счет разработки пространственной модели трафика нагрузки. Пространство распределения нагрузки в сетях подвижной радиосвязи специального назначения (СПРС СН) целесообразно оценивать (моделировать) на основе совокупности точек возможного размещения абонентов в пределах заданного района.

Например, вводится допущение о равномерном распределении абонентов в пределах всей обслуживаемой территории или в пределах определенных участков. Для военных СПРС, в ряде работ предлагается использовать данные оперативного построения войск в операции и в соответствии с этими данными оценивать плотность распределения МС в зоне обслуживания. В гражданских СПРС часто для прогноза нагрузки в местах установки новых БС используются результаты измерения нагрузки на ранее развернутых узлах коммутации и БС.

При любом способе начального задания распределения нагрузки в конечном счете при работе с ЦКМ информацию о данном распределении целесообразно хранить в виде матрицы, элементы которой соответствуют элементарным квадратным площадкам матричной карты с площадью $g = (\Delta_{xy})^2$. При этом непрерывное распределение плотности нагрузки $\rho(x,y)$, $\{x,y\} \in \{X^*, Y^*\}$, будет иметь вид матрицы значений удельной нагрузки $\{\rho_{xy}\}$, приходящейся на каждую конкретную площадку с координатами $\{x,y\}$, $x = 1, \dots, N_x$; $y = 1, \dots, N_y$.

Значения элементов матрицы удельной нагрузки $\{\rho_{xy}\}$ должны быть согласованы с элементами матрицы признаков принадлежности к обслуживаемой территории $\{Y_{xy}\}$:

$$Y_{xy} = \begin{cases} 1, \rho_{xy} > 0 \\ 0, \rho_{xy} = 0 \end{cases} \quad \forall x = 1, \dots, N_x; \quad \forall y = 1, \dots, N_y.$$

Суммарная нагрузка на СПРС СН определяется выражением:

$$\rho_{\text{сум}} = \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} \rho_{xy} .$$

Зная конфигурацию зоны покрытия отдельной i -й БС $\{P_{i,xy}\}$, можно определить максимальную входную нагрузку ρ_i , которая может оказаться на ее входе при отсутствии перекрытия с зонами покрытия других БС:

$$\rho_i = \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} \rho_{xy} \cdot P_{i,xy}$$

Далее на основании заданного алгоритма множественного доступа к i -й БС и дисциплины обслуживания можно определить вероятность своевременного предоставления каналов $P_{k,i}$ подвижным абонентам в зоне покрытия данной БС.

Перебирая все возможные места размещения отдельно взятой БС $\{x,y\}$ можно построить тематическую карту значений радиусов зон обслуживания $\{R_{Г,xy}\}$. С помощью данной карты можно вычислить минимальное значение $R_{Г,min}$, на основании которого можно оценить максимальное количество БС N_{max} , достаточное для обеспечения полного энергетического покрытия и требуемого качества обслуживания МС в пределах всей обслуживаемой территории СПРС СН. При этом в качестве соответствующей структуры сети выступает уже упоминавшаяся равномерная сотовая структура, соответствующая результатам использования метода плотнейшей укладки.

Метод плотнейшей укладки представляет интерес для более подробного рассмотрения в особенности при наличии препятствий в зоне предполагаемого развертывания СПРС СН (озера, болота, гористая местность – скалы и т. п.). Метод плотнейшей укладки математически основан на решении задач покрытия и упаковки. Впервые задача максимального покрытия была представлена в 2002 г. [1, 2]. Также ранее была рассмотрена задача редчайшего покрытия выпуклой области равными кругами [3]. Наибольший интерес представляет модификация задачи покрытия выпуклой области равными кругами с учетом обхода препятствий [4].

Препятствиями при решении задачи могут быть препятствия при размещении БС СПРС СН на местности.

Математическая постановка задачи покрытия многоугольника с препятствиями (МП) кругами. Заданы многосвязный ортогональный многоугольник P и вещественное число r . Требуется покрыть P кругами радиуса r так, чтобы их количество N достигло минимума.

Задача покрытия многоугольника легко сводится к более простой проблеме покрытия прямоугольной области с препятствиями (ПП). Для этого выделим четыре крайние в многоугольнике грани (рис. а). Граница многоугольника обозначена сплошной линией, крайние грани – жирными линиями. Через крайние грани проведем стороны описанного вокруг МП прямоугольника, они обозначены пунктиром. Исходный многоугольник обозначим P , ограниченную прямоугольником область – A . Дополнение $A \setminus P$ будем трактовать как множество фиктивных препятствий. Далее будем работать с прямоугольной областью с препятствиями. Заданные и фиктивные препятствия на рисунке заштрихованы.

На плоскости введем систему координат (OX, OY) таким образом, чтобы оси координат совпадали с нижней и левой сторонами покрываемой прямоугольной области A . Исходная информация задачи может быть представлена следующим набором данных: $\langle W, L, Z, r \rangle$ где W и L – ширина и длина покрываемого прямоугольника A ; Z – препятствия, заданные множеством прямоугольников $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$. Стороны прямоугольников из Z параллельны осям координат; $Z_i = \langle z_x^i, z_y^i, z_l^i, z_w^i \rangle$ – прямоугольник, моделирующий препятствие, где (z_x^i, z_y^i) – координаты ниже-левого угла прямоугольника Z_i , (z_l^i, z_w^i) – длина и ширина прямоугольника Z_i . Многоугольник $A \setminus Z$ требуется покрыть минимальным количеством N равных кругов радиуса r .

Решения задачи могут быть представлены в виде набора данных

$$R = \langle N, X, Y \rangle,$$

где N – количество покрывающих кругов в решении;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$ – векторы координат центров кругов.

Решение R является *допустимым* покрытием, если выполняются следующие условия:

1) Круги находятся внутри прямоугольника A :

$$x_j \geq 0; y_j \geq 0; x_j \leq L; y_j \leq W; \forall j = 1, \dots, N.$$

2) Центры кругов не лежат внутри препятствий:

Выполняется хотя бы одно из неравенств:

$$(x_j - z_x^i)(x_j - z_x^i - z_l^i) \geq 0 \text{ или} \\ (y_j - z_y^i)(y_j - z_y^i - z_w^i) \geq 0 \text{ для всех } i=1, \dots, m \text{ и } j = 1, \dots, N.$$

3) Покрыта вся область $A \setminus Z$:

Если $(p_x; p_y)$ – произвольная точка на области $A \setminus Z$, то

$$\exists j: (p_x - x_j)^2 + (p_y - y_j)^2 \leq r^2.$$

Допустимое решение R является *оптимальным*, если число N кругов покрытия минимальное.

Пример покрытия приведен на рисунке б. Препятствия на рисунке изображены темным цветом.

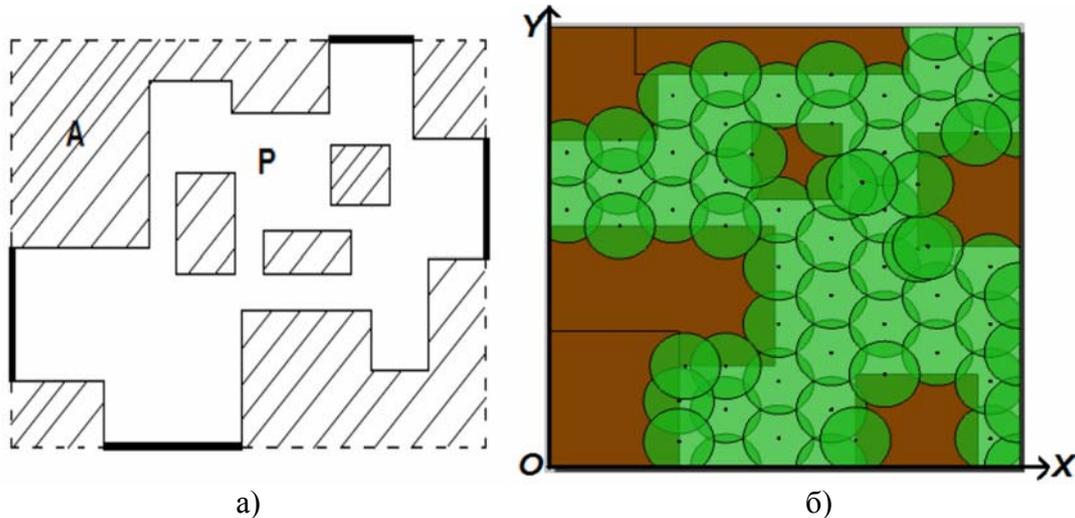


Рисунок. Покрытие многоугольника с препятствиями:
 а) – сведение задачи покрытия МП к задаче покрытия ПП с добавленными фиктивными препятствиями; б) – покрытие МП кругами

При решении задачи покрытия кроме решения задачи покрытия многоугольниками с кругами могут использоваться блочная эвристика покрытия и гексагональная эвристика покрытия. Лучший результат получается при использовании гексагональной эвристики покрытия.

Список используемых источников

1. On the ratio of optimal integral and fractional covers / L. Lovasz // J. Of Discrete Math. – 1975. – N 13. – PP. 383–390.
2. Relationship between skiving stock and cutting stock problem / E. Zak, C. Rennick // The 16th Triennial Conf. of the Int. Federation of Operational Research Societies. Edinburgh, UK, 08–12 Jul. 2002. P. 27.
3. Расположения на плоскости, на сфере и в пространстве / Л. Ф. Тот. – М. : Физматлит, 1958. – 363 с. – Библиогр.: с. 245–264.
4. Методы покрытия многосвязных ортогональных многоугольников для задач оптимального размещения сенсоров в области мониторинга : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 : защищена 22.12.09 : утв. 17.05.10 / Кузнецов Вячеслав Юрьевич. – Уфа, 2009. – 162с. – Библиогр.:с. 98–104. 04201055951.

УДК 004.94

А. В. Соловьева

**МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ
ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ
СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

Модель расчета температуры и давления газов описывает процесс распространения горения из центра возгорания до внутренних границ замкнутого пространства сложной конфигурации в каждой точке объема в определенный момент времени, используя метод концентрических сфер для послойного определения продуктов сгорания.

Данная модель расчета позволяет детально моделировать процесс горения с различными параметрами точности.

концентрические сферы, математическое моделирование, горение и взрывы, замкнутый объем.

Моделирование процесса теплового явления, его распространение, влияние на окружающие предметы необходимо на этапе проектирования.

Основным направлением в решении поставленной задачи является повышение качества моделирования процессов горения в замкнутых объемах сложной формы в динамическом режиме за счет использования современных алгебраических моделей.

Целью настоящей работы является решение задачи послойного расчета полей температуры и давления в каждой точке замкнутого объема сложной геометрической формы, внутри которой происходит тепловой процесс, на примере элементарной сферы.

Метод концентрических сфер

Расчет предложенной модели определения температуры и давления в каждой точке замкнутого объема сложной геометрической формы, внутри которого происходит тепловой процесс, достигается благодаря использованию разработанного метода концентрических сфер. Данный метод основан на зависимости величины температуры элементарного объема с продуктом горения не только от конечного давления, но и от давления, при котором произошло сгорание объема, что приводит к неоднородному состоянию и необходимости рассмотрения процесса горения послойно [1]. Метод концентрических сфер подробно рассмотрен в [2].

Алгоритм расчета температуры и давления газов процесса горения в замкнутом пространстве сложной формы в элементарном сферическом объеме

1. Определяем физико-химические характеристики продуктов сгорания на границе рассматриваемого слоя – температуру и давления в данных точках на поверхности сферы с радиусом $R_l = 1$.

После начала реакции давление в сосуде меняется, для его определения необходимо знать закон выгорания горючей массы (1) и функциональную зависимость массовой скорости горения от температуры и давления (2), которую считаем известной из теории распространения пламени.

$$M \frac{d\eta}{dt} = m(P, T_1)S(t), \quad (1)$$

где m – массовая скорость горения на единице поверхности фронта пламени;

$$m = bP^{\frac{n}{2}}e^{\beta T_1}, \quad (2)$$

где b – численный коэффициент, n – суммарный порядок химической реакции в пламени, β – температурный коэффициент скорости пламени.

2. Рассчитываем площадь поверхности пламени как функции времени $S(t)$. Для этого необходимо задать определенную геометрию сосуда и определенную геометрию фронта пламени. В данной работе рассматривается геометрия сложной конфигурации, внутри которой предлагается выделять концентрические сферы и рассматривать процесс горения послойно [2]. В таком случае получим (3)

$$V_s = \frac{4}{3}\pi r_s^3, \\ V_1 = \frac{4}{3}\pi(r_s^3 - r_f^3(\eta)), \quad (3)$$

где r_s – радиус концентрической сферы, внутри которой выделяем $r_f(\eta)$ – радиус сферы, заполненной продуктами горения в момент сгорания η -ой доли горючего вещества.

Учитывая, что при $\eta = 0$ давление равно начальному давлению $P = P_0$, а при $\eta = 1$ $P = P_b$ – конечному, получаем

$$P = P_0 + (P_b - P_0)\eta = P_0(1 + (\varepsilon - 1)\eta). \quad (4)$$

Достигая давления P' объем начальной массы газа в соответствии с уравнением адиабаты становится равным

$$V_1(\eta) = (1 - \eta)V_0\left(\frac{P_0}{P'}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = V_0(1 - \eta)(1 + \eta(\varepsilon - 1))^{\frac{-1}{\gamma}}, \quad (5)$$

температура поднимается до

$$T_1(\eta) = T_0\left(\frac{P'}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = T_0(1 + \eta(\varepsilon - 1))^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \quad (6)$$

где ε – отношение давления по окончании горения к начальному, V_0 – объем сосуда, γ – показатель адиабаты. С этой температурой газ поступает во фронт пламени в момент сгорания η -ой части всей массы горючего.

Соотношение (5) при условии $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$ и с учетом (3) при сферическом горении записываем в виде

$$\frac{r_s}{r_0} = (1 - (1 - \eta)(1 + (\varepsilon - 1)\eta)^{\frac{-1}{\gamma}})^{\frac{1}{3}}. \quad (7)$$

Таким образом, получаем площадь поверхности пламени равную:

$$S = 4\pi r_f^2 = 4\pi r_s^2 (1 - (1 - \eta)(1 + (\varepsilon - 1)\eta)^{\frac{-1}{\gamma}})^{\frac{2}{3}}. \quad (8)$$

3. Определяем изменение давления со временем (9) из уравнений (4)–(6), (1), (2), (8), которое может быть записано в виде интеграла (10). Вычисляем интеграл (10) для конкретных значений γ и n , распространяя интегрирование до $p = \varepsilon$ для получения полного времени горения (рисунок).

$$\frac{M}{\varepsilon - 1} \frac{dP}{dt} = 4\pi r_0^2 b P_0^{\frac{n}{2}} \exp\left(\beta T_0 \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right) * \left(1 - \frac{P}{P_0} \frac{\varepsilon - \frac{P}{P_0}}{\varepsilon - 1}\right)^{\frac{2}{3}}, \quad (9)$$

$$t' = \int_1^p (p')^{\frac{-n}{2}} \left(1 - (p')^{\frac{-1}{\gamma}} \frac{\varepsilon - p'}{\varepsilon - 1}\right)^{\frac{-2}{3}} \exp(-\beta T_0 (p')^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}) dp', \quad (10)$$

$$t' = t 4\pi r_0^2 b P_0^{\frac{n}{2}} (\varepsilon - 1) M, \quad p = \frac{P}{P_0}.$$

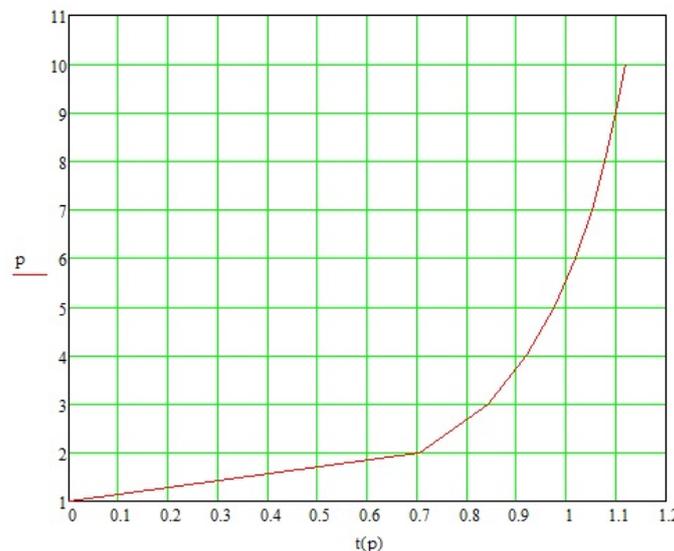


Рисунок. График изменения давления со временем

4. Рассчитываем температуру горючего газа как функцию времени. Для определения продуктов горения пользуемся лагранжевым описанием сплошной среды, для определения формы поверхности пламени и вывода

закона его перемещения в пространстве – эйлеровым описанием. Установим связь между лагранжевой и эйлеровой координатами.

Вследствие последующего сжатия продуктов горения от давления P' до давления P их температура еще увеличивается и становится равной (11):

$$T = T_0 \left(\left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + \frac{\varepsilon-1}{\gamma} \left(\frac{P}{P'} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right), \quad (11)$$

Рассчитав из (10) зависимость $p/p_0 = f(t)$, из (4) определяем $\eta(t)$, а из (7) – закон перемещения фронта пламени по элементарному объему.

Рассматривая случай сферического горения, определяем лагранжеву координату можно как массу, заключенную внутри сферического объема с центром, совпадающим с центром возгорания, и отнесенную к полной массе газа, содержащейся в объеме (r – радиальная координата). Данное определение лагранжевой координаты совпадает с использованной выше долей выгоревшего вещества в момент образования рассматриваемой частицы продуктов горения при $r = r_f$ и $\zeta = \eta$.

$$\zeta = \frac{1}{M} \int_0^r 4\pi r^2 \rho dr, \quad d\zeta = \frac{4\pi r^2 \rho dr}{M}, \quad (12)$$

при $0 < r < r_f$ плотность газа ρ связана с ζ соотношением, которое вытекает из формулы (11) с учетом (4) и $P = \rho RT$.

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} / \left(1 + \frac{\varepsilon-1}{\gamma} (1 + (\varepsilon-1)\zeta)^{\frac{-(\gamma-1)}{\gamma}} \right). \quad (13)$$

Подставляя (13) в (12), учитывая, что $M = 4/3\pi r_0^3 \rho_0$, и интегрируя от $\zeta = 0$ и $r = 0$ до текущих значений лагранжевых и эйлеровых координат, получаем связи между ними.

$$\left(\frac{r}{r_0} \right)^3 = \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left((1 + (\varepsilon-1)\zeta)^{\frac{1}{\gamma}} + \zeta - 1 \right). \quad (14)$$

Используя полученное соотношение (14) возможно представить величины в продуктах горения как функции координаты r при любом значении давления. Например, определение распределения температуры внутри элементарного объема производится следующим образом. Определив из (10) значение P в рассматриваемый момент времени, по формуле (4) находим η . Выбрав значение лагранжевой координаты $0 \leq \zeta_i \leq \eta$ и подставляя ζ_i в (4), находим соответствующие значения $P(\zeta_i)$, после чего по формуле (11) определяем значение $T(\zeta_i)$. Значения эйлеровой координаты r_i , соответствующие ζ_i , можно найти из формулы (14) [1].

В таблице представлены расчеты параметров процесса горения водорода с кислородом ($\gamma = 1,3$, $n = 1$), внутри элементарной сферы с радиусом $r = 1$ мм в моменты времени, соответствующие повышению давления до 10 атм. При 1) $P = 1.1P_0$; 2) $P = 3P_0$; 3) $P = 10P_0$.

ТАБЛИЦА. Текущие значения параметров процесса горения

1.	P_i , атм	T , К	2.	P_i , атм	T , К	3.	P_i , атм	T , К
	1	2430		1	3063		1	4043
	1.018	2421		1.45	2843		2.8	3296
	1.036	2413		1.9	2694		4.6	2994
	1.054	2404		2.35	2584		6.4	2812
	1.072	2396		2.8	2497		8.2	2684
	1.09	2388					10	2587

5. После определения параметров давления и температуры на границе элементарного объема, рассматриваем следующую концентрическую сферу, повторяя представленный алгоритм с начальными условиями, соответствующими переходу теплового процесса от одного сферического слоя к другому.

Заключение

Представленный алгоритм расчета позволяет определить давление и температуру в каждом рассматриваемом слое горения в определенный момент времени. Данная модель справедлива в случае, когда время горения горючего газа много больше времени выравнивания давления по замкнутому пространству и время выравнивания температурных неоднородностей много больше времени выгорания.

Предложенная модель расчета решает задачу описания теплового процесса внутри замкнутого объема сложной геометрической формы, позволяя увеличить точность моделирования и уменьшая объем компьютерной модели при её реализации [3].

Дальнейшие исследования в данной области необходимы в части определения влияния физико-химических параметров процесса горения на внутренние стенки замкнутого пространства сложной геометрической формы.

Список используемых источников

1. **Математическая** теория горения и взрыва / Я. Б. Зельдович, Г. И. Баренблатт, В. Б. Либрович, Г. М. Махвиладзе. – М. : Наука, 1980. – 478 с.
2. **Моделирование** процессов горения в замкнутых объемах сложной формы / В. М. Дегтярев, А. В. Хижняк // Материалы II Международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». – СПб. : СПбГУТ, 2013. – С. 585–590.
3. **Компьютерная** геометрия и графика : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Дегтярев. – М. : Академия, 2010. – 192 с. – ISBN 978-5-7695-8500-5.

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором технических наук, профессором Д. В. Волошиновым.

УДК 681.5:004

А. И. Стрижаченко

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА МНОЖЕСТВЕ ПАРЕТО В ДИАЛОГОВОМ РЕЖИМЕ

В статье рассматриваются метод и алгоритм выбора оптимального варианта компонентного состава пользовательской системы на основе альтернативного набора облачных сервисов, предлагаемых провайдерами. Поиск варианта компонентного состава проектируемой системы происходит в диалоговом режиме на множестве парето-оптимальных решений.

облачные сервисы, многокритериальные задачи выбора, парето-оптимальные решения.

Создание автоматизированных информационных систем (АИС) на базе облачных технологий привлекает пользователя по разным причинам – из-за отсутствия капитальных затрат на реализацию систем, ввиду ускорения этапов реализации и модернизации/развития, и т. д. Однако пользователь вынужден выбирать готовые компоненты структуры АИС из перечня, предлагаемого провайдерами, на основе декларируемых показателей стоимости и показателей качества функционирования, при этом полная информация о свойствах компонентов остается скрытой от пользователя. Очевидно, что (в общем случае) чем выше стоимость, тем лучше показатели качества. Поэтому оптимальное решение задачи поиска структуры АИС принадлежит множеству парето-оптимальных решений, т. е. множеству вариантов, несравнимых между собой по отношению строгого предпочтения.

Множество альтернативных вариантов объекта проектирования (МАОП) для предметной области проектирования АИС можно представить как:

$$M = \{ \pi_r \in 1 : q \},$$

где M – МАОП, π_r – r -й вариант структуры ОП.

Это представление определяется моделью

$$\mu = \langle X, S, Z, P \rangle,$$

где X – множество функций, выполняемых компонентами ОП, S – множество связей компонентов ОП, или структура ОП в узком смысле – как конфигурация связей компонентов, Z – множество технических элементов (ТЭ) реализации структуры ОП, P – множество параметрических характеристик ТЭ, $P = \cup p_{z_j}, z_j \in Z$.

В соответствии с принятой моделью МАВ ОП задачу проектирования можно рассматривать как задачу выбора структуры $M_r \in \mu$.

В общем случае, структуру $M_r \in \mu$ можно представить как:

$$M_r = \bigvee_{r \in R_s} C_r,$$

где $C_r = \bigwedge_{s \in S_r} D_s$, где $D_s = \bigvee_{r \in R_s} C_r$, т. е. структуру $M_r \in \mu$ и модель μ можно интерпретировать как иерархию подструктур, включая альтернативные.

В целях программной реализации структура M_r может быть представлена И-ИЛИ-графами, плекс-грамматиками, скобочными формами [1]–[4].

С точки зрения практики проектирования, в настоящее время наиболее удобным подходом является использование диалоговых алгоритмов поиска на множестве Парето с быстрым получением первых результатов поиска, с визуализацией этих и последующих промежуточных результатов, и выбором направления поиска на основе экспертных знаний и предпочтений проектировщика. Основные требования к интерактивным программным процедурам поиска оптимальных решений определены в работе [5].

Рассматриваемый далее алгоритм поиска оптимальной структуры ОП в диалоговом режиме может применяться, если:

- 1) МАВ ОП, задано в виде символьной структурированной модели μ , сводимой к представлению в виде И-ИЛИ-графа.
- 2) Численная параметрическая модель каждого варианта структуры $\pi \in M$, где M – множество допустимых структур, носит аддитивный характер:

$$P_j(\pi) = \sum_{z_i \in \pi} p_j(z_i), \quad j \in 1:m,$$

где $P_j(\pi)$ – j -й показатель ОП, имеющего структуру π ; $p_j(z_i)$ – j -й параметр ТЭ z_i ; m – число оптимизируемых показателей.

Считаем, что все показатели минимизируются, поскольку максимизируемый показатель всегда можно превратить в минимизируемый с помощью обратного монотонного преобразования.

Тогда для того, чтобы найти минимальное значение любого показателя $P_{jmin} = \min\{p_j(\pi) | \pi \in M\}$ по всему множеству допустимых структур, достаточно в модели μ произвести следующие подстановки:

1. ТЭ z_i поставить в соответствие $p_j(z_i)$.
2. Конъюнктивной подструктуре $C_r = \bigwedge_{s \in S_r} D_s$ присвоить оптимистическую оценку по показателю P_j , равную

$$P_j(C_r) = \sum_{s \in S_r} p_j(D_s),$$

где $p_j(D_s)$ – оптимистическая оценка конъюнкта D_s по показателю P_j .

3. Дизъюнктивной подструктуре $D_s = \bigvee_{r \in R_s} C_r$ присвоить оптимистическую оценку по показателю P_j , равную $P_j(D_s) = \min_{r \in R_s} P_j(C_r)$.

4. Дизъюнктивная подструктура D_s заменяется на подструктуру

$$D_s^* = \bigvee_{r \in R_s^*} C_r,$$

где $R_s^* = \mathit{Argmin}_{r \in R_s} P_j(C_r) = \{r^* \mid \min_{r \in R_s} P_j(C_r) = P_j(C_{r^*})\}$.

5. Вычисления по полученной структуре дадут P_{jmin} .

6. Подструктура исходной модели μ , на которой достигается значение P_{jmin} , представляет множество вариантов, для которых $P_j(\pi) = P_{jmin}$.

Оптимальное решение задачи поиска структуры ОП принадлежит множеству парето-оптимальных решений $M_\pi \subseteq M$, т. е. множеству вариантов, не сравнимых между собой по отношению строгого предпочтения при заданной системе показателей $P_j(\pi)$, $j \in 1:m$.

Если целевая функция оптимизационной задачи линейна, т. е.

$$f(\pi) = f[p_1(\pi), \dots, p_m(\pi)] = \sum_{j=1}^m w_j p_j(\pi) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где w_j – вес (важность) показателя $p_j(\pi)$, то решение оптимизационной задачи без ограничений на показатели p_j :

$$M^* = \mathit{Argmin}_{\pi \in M} f(\pi) = \{\pi^* \mid \min_{\pi \in M} f(\pi) = f(\pi^*)\}$$

принадлежит множеству $M_B \subseteq M_\pi$, представляющему выпуклую оболочку множества M_π .

Чтобы получить такое решение, в рассматриваемом алгоритме следует заменить $P_j(D_s)$ и $P_j(C_r)$ на $f(D_s)$ и $f(C_r)$ соответственно, где

$$\begin{aligned} f(D_s) &= \min_{r \in R_s} f(C_r), \\ f(C_r) &= \sum_{s \in S_r} f(D_s). \end{aligned}$$

Значение $p_j(z_i)$ заменяется на

$$f(z_i) = \sum_{j=1}^m w_j p_j(z_i)$$

При наличии ограничений на показатели P_j , точное решение оптимизационной задачи принадлежит M_π , но не обязательно M_B .

При реализации алгоритма на ЭВМ, программная процедура позволяет в режиме диалога просматривать множество M_B . Управление процессом просмотра производится путем изменения системы весов (w_1, \dots, w_m) вспомогательной целевой функции (1).

Пусть при заданной системе весов $w = (w_1, \dots, w_m)$ получено решение π оптимизационной задачи на M со вспомогательной целевой функцией (1), характеризуемое системой показателей

$$p(\pi) = (p_1(\pi), p_2(\pi), \dots, p_m(\pi)).$$

Для поиска варианта $\pi' \in M_B$ с меньшим значением показателя P_j следует увеличить вес w_j данного показателя.

Если при некотором наборе весов $w^0 = (w_1^0, \dots, w_m^0)$ получено решение $\pi^B \in M_B$, близкое к оптимальному, то для поиска решения π^0 , более близкого к оптимальному, производится операция продвижения вглубь области Парето за счет выделения решений, для которых значение вспомогательной целевой функции превышает $f[P(\pi^B)]$ в $1 + \varepsilon$ раз.

Для этого в пункте 4 приведенного алгоритма дизъюнктивная подструктура D_s заменяется на

$$D_s^\varepsilon = \bigvee_{r \in R_s^\varepsilon} C_r,$$

где $R_s^\varepsilon = \text{Argmin}_{r \in R_s}^{(\varepsilon)} f(C_r) = \{r^\varepsilon \mid (1 + \varepsilon) \times \min_{r \in R_s} f(C_r) \geq f(C_{r^\varepsilon})\}$.

Смысл этой операции заключается в ослаблении параметрических требований к набору альтернативных компонентов D_s .

В результате продвижения вглубь области Парето получается множество решений, представляемых некоторой подструктурой M^ε . Подструктура M^ε раскрывается подстановкой ТЭ для каждого решения $\pi^\varepsilon \in M^\varepsilon$. Полный перебор M^ε дает субоптимальное решение π^0 , которое может оказаться оптимальным решением π^* .

Список используемых источников

1. **Искусственный интеллект** / Н. Нильсон: пер. с англ. – М. : Мир, 1973. – 272 с.
2. **Синтез структуры сложных объектов: логико-комбинаторный подход** / Г. И. Анкудинов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. – 260 с.
3. **Символьно-численные методы решения оптимизационных задач на И-ИЛИ-графах с контурами** / Г. И. Анкудинов, А. И. Стрижаченко // Сев.-Зап. заоч. политехн. ин-т. – Л., 1988. – 9 с. – Деп. ВИНТИ 07.07.88, № 5479 – В88.
4. **Представление знаний в системе структурного синтеза** / А. И. Стрижаченко // научно-технический семинар «Методы и средства представления знаний», 30–31 марта 1990 г. – Л. : ЛДНТП, 1990. С. 22–27.
5. **Shooting stars in the sky: An online algorithm for skyline queries** / D. Kossmann, F. Ramask, S. Rost // In Proceedings of 28th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB-2002), August 20-23, 2002. – PP. 275–286.

УДК 004.738

В. А. Тарасов

**МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ**

Увеличение объёмов трафика и его гетерогенность обуславливают необходимость использования мультисервисных технологий доступа.

мультисервисная сеть, интеграция услуг, данные, речь, видео.

Мультисервисная сеть представляет собой универсальную многоцелевую среду, предназначенную для передачи речи, изображения и данных с использованием технологии коммутации пакетов. Мультисервисная сеть отличается степенью надежности, характерной для телефонных сетей и обеспечивает низкую стоимость передачи в расчете на единицу объема информации.

Основная задача мультисервисных сетей заключается в обеспечении работы разнородных информационных и телекоммуникационных систем и приложений в единой транспортной среде, когда для передачи обычного трафика (данных) и трафика другой информации (речи, видео и др.) используется единая инфраструктура.

Интеграция трафика разнородных данных и непрерывной информации (речи, видео) позволяет добиться качественного повышения эффективности информационной поддержки управления предприятием, при этом использование интегрированной транспортной среды позволяет снизить издержки на создание и эксплуатацию сети. Мультисервисная сеть использует единый канал для передачи информации разных типов, позволяет уменьшить разнообразие оборудования, применять единые стандарты, технологии и централизованно управлять коммуникационной средой [1].

Архитектурно структуру мультисервисной сети можно представить в виде магистрального уровня, уровня распределения и агрегирования, уровня доступа.

Магистральный уровень является универсальной высокоскоростной платформой передачи информации, реализованной на базе цифровых телекоммуникационных каналов.

Уровень распределения включает узловое оборудование сети оператора, а уровень агрегирования выполняет задачи агрегации трафика с уровня доступа и подключения к магистральной (транспортной) сети.

Уровень доступа включает корпоративные или внутридомовые сети, а также каналы связи, обеспечивающие их подключение к узлу (узлам) распределения сети.

Построение мультисервисных сетей осуществляется на базе самых различных технологий, как на платформе IP (IP/VPN), так и на базе выделенных каналов связи. На магистральном уровне получили распространение технологии IP/MPLS, Packet over SONET/SDH, POS, ATM, xGE, DWDM, CWDM, RPR [2]–[4].

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) – асинхронный, пакетно-ориентированный метод скоростной коммутации данных, позволяющий передавать данные по одним и тем же физическим каналам, работать с постоянными и переменными потоками данных, интегрировать тексты, речь, изображения и видеофильмы, поддерживать соединения разных типов.

CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) – технология спектрального уплотнения каналов с разделением по длинам волн, занимающая промежуточное положение между технологиями WDM и DWDM. Технология CWDM позволяет передавать по оптическому волокну до 8 мультиплексных каналов в окне 1550 нм с промежутком между каналами 200 ГГц и более.

DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) – технология плотного волнового мультиплексирования с разделением по длине волны. Оптическая технология, используемая для увеличения полосы пропускания существующих оптоволоконных магистралей. Ключевое преимущество DWDM в том, что протокол и скорость для каждого канала (а по одному волокну можно передавать более сотни каналов) – независимы. Сети на технологии DWDM могут передавать данные IP, ATM, SONET/SDH и Ethernet со скоростями между 100 Мбит/с и 2,5 Гбит/с.

ISDN (*Integrated Services Digital Network*) – стандарт цифровой сети с интегрированными услугами, позволяющий передавать речь, видео и данные по цифровым телефонным линиям или обычным телефонным проводам. ISDN поддерживает скорости передачи данных от 64 Кбит/с. Большого распространения не получил.

MetroEthernet (сети *Ethernet* масштаба города) – технология на базе протокола Ethernet, позволяющая операторам связи предлагать широкий спектр услуг и быстро внедрять новые сервисы по мере их появления.

MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) – технология быстрой коммутации пакетов, основанная на использовании меток. MPLS сочетает в себе возможности, присущие технологиям канального уровня (*Data Link Layer 2*), масштабируемость и гибкость протоколов, управление трафиком, характерные для сетевого уровня (*Network Link Layer 3*). Выбор данной технологии обусловлен существующими сегодня требованиями по оказанию полного спектра современных услуг с обеспечением соответствующего сквозного качества обслуживания (*QoS*) и классов обслуживания (*CoS*)

для приложений во всей сети, а также решения вопросов масштабируемости, управляемости и безопасности.

RPR (*Resilient Packet Ring*) – технология устойчивых пакетных колец, предназначенная для создания отказоустойчивых пакетно-ориентированных сетей класса Metro, которые могут обеспечить экономически эффективную транспортировку трафика, в первую очередь, Ethernet, через SDH-кольцевые топологии.

SONET (*Synchronous Optical Network*) – синхронная оптическая сеть, стандарт для соединения оптоволоконных систем передачи, определяющий иерархию скоростей, позволяющую мультиплексировать потоки данных с различными скоростями. SONET представляет собой транспортный уровень, определяющий механизмы передачи данных для локальных сетей, и поддерживает ATM, ISDN, FDDI, DQDB и SMDS. Европейский эквивалент SONET, стандартизованный ITU, называется SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).

VPLS (*Virtual Private LAN Service*) – услуги виртуальных частных локальных сетей, или VPN, уровня 2, дают возможность объединения распределенных локальных сетей в единую сеть. В основе концепции VPLS лежит идея передачи пакетов Ethernet из сети заказчика (включая информацию о внутренних VLAN) по операторской сети прозрачным образом, абсолютно без изменений. Для этого пакеты инкапсулируются с использованием технологии MPLS, которая обеспечивает создание в сети оператора связи туннелей, независимых от пользовательского трафика.

xDSL (*Digital Subscriber Line*) – семейство технологий, позволяющих значительно расширить пропускную способность абонентской линии местной телефонной сети. В аббревиатуре xDSL символ «x» используется для обозначения первого символа в названии конкретной технологии, а DSL означает «цифровая абонентская линия» (*Digital Subscriber Line*). К основным типам xDSL относятся ADSL, HDSL, RADSL, SDSL и VDSL.

Сети доступа обеспечивают доступ пользователей корпоративного уровня (или частных лиц) к услугам оператора связи. Это наиболее сложная часть телекоммуникационной сети, характеризующаяся большим набором интерфейсов и оконечного оборудования, различными топологиями и средой передачи, разнообразными требованиями к надежности и производительности.

В качестве технологий агрегирования доступа и услуг могут также использоваться различные подходы, которые определяются, в первую очередь, стоимостью подключения, необходимой пропускной способностью каналов и обеспечением требуемого качества обслуживания, а также уже существующей инфраструктурой, поверх которой создается мультисервисная сеть. Это, например, Fast/Gigabit Ethernet, ISDN, xDSL (HDSL, ADSL, VDSL и др.), сети кабельного телевидения, оптические абонентские сети, беспроводные сети Wi-Fi и WiMAX.

При большом числе пользователей в мультисервисной сети требуется сложная и интеллектуальная система управления. В сети одновременно передается множество разных видов трафика, причем для каждого из них требуется безусловное соблюдение одних параметров и допускаются более или менее серьезные уступки по другим, требуется использование специализированных средств, не допускающих перегрузки сети и нарушения требуемого качества. Сеть должна самостоятельно устранять перегрузки, автоматически решая, чем можно пожертвовать в разных случаях – полосой пропускания, временем доставки или, для отдельных потоков, целостностью информации.

С некоторых пор получил распространение маркетинговый телекоммуникационный термин «Triple Play» («3Р»), подразумевающий предоставление в рамках широкополосного доступа сервисов передачи данных, телефонии и потокового видео.

Существенным признаком реализации 3Р-концепции является некоторая единая среда оператора, на базе которой строятся все три сервиса. Существуют три основные технологии построения сетей Triple Play: вышеупомянутая xDSL, FTTx, xPON [5]–[7].

FTTx (*Fiber To The X*) – сети, структура которых основывается на различном расстоянии от узла связи до определенного места. Волоконно-оптический кабель прокладывается до точки X, до абонента – медный кабель (оптоволоконный кабель может прокладываться и до абонентского устройства – технология FTTH).

Исторически из-за достаточно высокой стоимости развертывания сети, технология FTTx сначала нашла свою реализацию в FTTN (*Fiber to the Node*) – волокно до сетевого узла и FTTC (*Fiber to the Curb*) – волокно до микрорайона, квартала или группы домов. Но скорости постепенно росли, росло и количество предоставляемых оператором услуг; оптоволоконно стали прокладывать до зданий – FTTB (*Fiber to the Building*) и квартир – FTTH (*Fiber to the Home*). На сегодняшний день самой эффективной технологией является FTTH, так как она позволяет обеспечивать наибольшую пропускную способность сетей широкополосного доступа на расстоянии нескольких десятков километров от узла связи. Также необходимо отметить, что для услуг Triple Play FTTX отлично сочетается с xDSL.

PON (*Passive Optical Network*) – технология пассивных оптических сетей, разновидность FTTx. Основана на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, представляет экономичный способ обеспечить широкополосную передачу информации. При этом архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания узлов сети и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

Существует три стандарта сети PON: APON (BPON – расширенный стандарт APON), GPON и EPON (GePON).

APON (ATM PON) использует асинхронный способ передачи данных. GPON (Gigabit PON) можно рассматривать как органичное продолжение технологии APON. При этом реализуется увеличение как полосы пропускания сети PON, так и эффективности передачи разнообразных мультисервисных приложений. Предоставляет масштабируемую структуру кадров при скоростях передачи от 622 Мбит/с до 2,5 Гбит/с, поддерживает как симметричную битовую скорость в дереве PON для нисходящего и восходящего потоков, так и ассиметричную. Сложность многоуровневой системы и управления – основной недостаток технологии.

EPON (*Ethernet In The First Mile PON*) – решение, основанное на соединении «точка-многоточка» по волокну. Реализация технологии PON, более приспособленная к сетям Ethernet. Более дешевое решение, чем GPON при сравнимых скоростях передачи.

В целом концепция построения мультисервисных сетей постепенно меняется, и канонического взгляда на пути её развития пока не сложилось.

Список используемых источников

1. **Технологии** мультисервисных сетей [Электронный ресурс] / С. Головин. – Режим доступа: <http://www.computerra.ru/cio/old/offline/2005/41/234700/> (Дата обращения 03.04.15).
2. **Анализ** критериев оценки качества IPTV / М. А. Маколкина // Вестник Связи. – 2010. – № 10. – С. 52–58.
3. **Анализ** модели объективной оценки качества передачи видео в IP-сетях / М. А. Маколкина // Электросвязь. – 2011. – № 12. – С. 20–23.
4. **Анализ** субъективных методов оценки качества IPTV / М. А. Маколкина // Информационные технологии моделирования и управления. – 2013. – № 5 (83). – С. 492–500.
5. **Создание** модели сети передачи данных оператора Tripple Play [Электронный ресурс] / Ф. С. Крошин // Режим доступа: <http://www.nauchforum.ru/node/946> (Дата обращения 03.04.15).
6. **Вопросы** моделирования мультисервисной сети связи с учетом особенностей услуги IPTV / Е. В. Давыдова // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», Санкт–Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013. – С. 568–572.
7. **Аналитические** модели процессов передачи и обработки мультимедийных потоков в мультисервисной сети связи / Е. В. Давыдова // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», Санкт–Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014. – С. 454–460.

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом технических наук, профессором О. И. Золотовым.

УДК 004.353

В. А. Тарасов

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Возрастающая роль и распространение электронных устройств требует создания новых технологий визуализации, отличающихся, прежде всего, компактностью, экономичностью энергопотребления и безопасностью.

дисплей, монитор, проектор, трёхмерное изображение.

В течение длительного времени в качестве устройств отображения использовались дисплеи на основе электронно-лучевой трубки (CRT), светодиодные экраны и проекционные устройства. Позднее, с развитием технологий, стало появляться оборудование на других физических принципах. На смену электронно-лучевым пришли жидкокристаллические (LCD) и газоразрядные экраны или плазменные панели (PDP). Кроме того, возникла необходимость в компактных дисплеях для мобильных устройств, и появились дисплеи на основе органических светодиодов (OLED) и электронная бумага.

Следует отметить, что, несмотря на ряд существенных достоинств LCD-устройств перед CRT-мониторами, последние обладают и преимуществами – большей гибкостью разрешения, отсутствием неработающих пикселей, очень хорошим масштабированием при различных разрешениях, пренебрежимо малым временем инерции, большей устойчивостью к механическим воздействиям.

По ряду характеристик, таких как контрастность, угол обзора (по контрасту), угол обзора (по цвету), точность отображения цвета, гамма-коррекция, однородность, качество цвета, данные классы устройств пересекаются, однако чаще электронно-лучевые системы демонстрируют лучшие результаты.

К неоспоримым преимуществам жидкокристаллических панелей относятся лучшая яркость, частота вертикальной развёртки (достаточно 60 Гц), отсутствие ошибок совмещения цветов, хорошая фокусировка, отсутствие геометрических искажений, поддержка высокоскоростных цифровых интерфейсов, отсутствие мерцания (в норме), хорошая устойчивость к внешним электромагнитным полям. Кроме того, каждый пиксель формируется индивидуально, что обеспечивает гладкое и целостное изображение, почти нет опасных электромагнитных излучений, уровень потребления энергии ниже, меньше габариты и вес.

Для плазменных панелей характерны как заметные достоинства, так и существенные недостатки.

Среди достоинств плазменных панелей следует отметить следующие: плоский яркий экран небольшой толщины, лучшую, по сравнению с LCD- и CRT-устройствами, контрастность, отсутствие инерционности. Кроме того, по сравнению с жидкокристаллическими средствами отображения, плазменные характеризуются большим углом обзора (около 160 градусов), а по сравнению с электронно-лучевыми – высокой чёткостью изображения, отсутствием мерцания, сильных электромагнитных излучений и проблем сведения, линейности и фокуса, а также нечувствительностью к электромагнитным полям. Разрешение то же, что и на входном канале.

К недостаткам PDP-устройств относятся высокие цена, масса и энергопотребление. Вследствие высокого потребления энергии плазменные панели значительно нагреваются, что требует систем принудительного охлаждения, вызывающих шум. Плазменные панели имеют тот же недостаток, что и CRT-устройства: интенсивность свечения отдельных горящих элементов со временем снижается. Кроме того, могут «выгорать» и точки плазменной панели как у LCD-систем. Как и во всех остальных типах панелей единицей изображения служит пиксель, у плазменных панелей эта точка больше, чем в других типах; вследствие этой и ещё ряда причин плазменные панели делают больших размеров (от 30 дюймов).

Современные технологии визуализации представлены в широком диапазоне устройств – системах видеоконференцсвязи, оборудовании для презентаций, телевизорах, мониторах для настольных систем и ноутбуков, дисплеях для планшетных и карманных компьютеров, телефонов, смартфонов, электронных книг, фотокамер, автомобильных видеорегистраторов, очков и шлемов виртуальной реальности и др.

В настоящее время сохраняется тенденция к облегчению, миниатюризации и уменьшению энергопотребления систем отображения. Последнее представляется особо актуальным, вследствие использования их в мобильных устройствах, ёмкость аккумуляторов которых является весьма важной характеристикой.

По физическим принципам функционирования перспективные средства визуализации также весьма разнообразны.

Дисплеи с электронной эмиссией (SED, FED) родственны CRT-устройствам. На одной панели нанесены эмиттеры электронов – мини-аналоги электронно-лучевой пушки, на противоположной – люминофор, аналогичный используемому в обычных электронно-лучевых трубках. В отличие от обычного кинескопа, каждому пикселю соответствует электронный эмиттер, отдельный для каждого из трех цветов – красного, зелёного, синего. Данные устройства, имея толщину, сопоставимую с жидкокристаллическими устройствами, обладает преимуществами электронно-лучевых мониторов: высокой насыщенностью, отличным отображением чёрного, малым временем отклика и большим углом обзора [1].

Лазерные телевизоры – устройства, созданные на основе технологии цветных лазеров. Переход на полупроводниковые лазеры позволил уйти от проблемы быстрой усталости глаз и обеспечил, по утверждению разработчиков, качество изображения лучшее, чем у плазменных и жидкокристаллических панелей, хотя толщина изделий оказывается больше. Кроме того, эти лазеры обладают пониженным энергопотреблением и большей долговечностью. Также к достоинствам лазерных телевизоров можно отнести широкий цветовой диапазон и высокую частоту обновления изображения [2].

Дисплеи на квантовых точках (QD-LED, QLED) основаны на использовании квантовых точек. Исследователи представили разработки первого полноцветного дисплея на основе этой технологии. Четырёхдюймовый дисплей управляется активной матрицей – каждый цветной пиксель с квантовой точкой может включаться и выключаться тонкопленочным транзистором. Были изготовлены прототипы на стекле и на гибком пластике. Данная технология, как и технологии электронной бумаги и OLED-дисплеев (а также, в некоторой степени, LCD), претендует на статус основной для гибких устройств. При этом декларируются гораздо более высокие, чем у конкурирующих технологий, яркость, контрастность, глубина цвета и более низкое энергопотребление [3].

Устройство DisplAir является интерактивным безэкранным дисплеем, который выводит в воздух изображение, полностью пронизываемое для физических объектов. В устройство встроена оптическая система, которая позволяет управлять изображением в воздухе с помощью жестов без использования специальных маркеров, перчаток и иных приспособлений. Основа изображения – защищенный от ветра тонкий холодный стабилизированный поток воздуха с мельчайшими частицами воды, созданными методом кавитации. Частицы воды настолько малы, что, в силу размеров и сильного поверхностного натяжения, остаются твердыми даже при столкновении с физическими телами, не оставляют влажных следов. Диапазон рабочих температур – от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Свойства водных частиц и аэродинамические особенности устройства позволяют сохранять целостность и стабильность изображения при проникновении в него посторонних объектов.

Виртуальный ретинальный монитор (VRD, RSD, RID) – устройство вывода, формирующее изображение непосредственно на сетчатке глаза. В результате пользователь видит изображение, расположенное в пространстве перед ним. Небольшое VRD-устройство может заменить полноформатный монитор. VRD, проецирующий изображение на один глаз, позволяет видеть одновременно компьютерное изображение и реальный объект, что может применяться для создания иллюзии «рентгеновского зрения» – отображения внутренних частей устройств и органов. А система, подающая изображение на оба глаза, позволяет создавать реалистичные трех-

мерные сцены. VRD поддерживает динамическую перефокусировку, что обеспечивает более высокий уровень, чем у классических шлемов виртуальной реальности. Такая система, примененная в мобильном телефоне или нетбуке, может существенно увеличить время работы устройства от батареи благодаря «целевой доставке» изображения непосредственно на сетчатку глаза. Считается, что VRD с использованием лазера и LED-элементов безопасны для человеческого глаза, поскольку они имеют низкую интенсивность, луч достаточно широк и не направлен на одну точку долгое время.

Отдельную группу перспективных устройств составляют средства для формирования трёхмерных изображений – стереоскопические и объёмные дисплеи, а также аэрозольные экраны.

Стереоскопические дисплеи делятся на два типа: автостереоскопические и требующие использования вспомогательных устройств для создания зрительного стереоэффекта.

Представители первого типа не нуждающиеся в дополнительных аксессуарах для головы или глаз (таких как стереочки или шлемы виртуальной реальности), и способны самостоятельно формировать стереоэффект путём направления пучка света в соответствующий глаз. У данного метода формирования изображения имеются множественные недостатки. В частности, выход зрителя из нужного ракурса или выход из ограниченной «зоны безопасного просмотра» приводит к разрушению эффекта стерео, а разрешение изображения по горизонтали автоматически уменьшается вдвое [4].

Системы второго типа включают в себя вспомогательные очки, которые делятся на две категории – пассивные и активные.

Пассивные очки не требуют управляющего сигнала и элементов питания. Для разделения ракурсов используется поляризованный свет. Подобные устройства делятся на два типа: с линейной и с круговой поляризацией.

Очки с линейной поляризацией пропускают изображения для обоих глаз, формируемые на одном экране. Снижение яркости изображения для поляризационных очков составляет примерно 50 %, разрешение остается тем же для систем с двумя ЖК-панелями или снижается вдвое.

В системах с круговой поляризацией на экране монитора каждая строка изображения поляризует проходящий свет по часовой стрелке или против. Очки имеют такой же круговой поляризатор на каждом стекле. Так создаётся чересстрочное изображение для каждого глаза отдельно. Снижения яркости нет даже при сильных наклонах головы.

В активных системах применён затворный способ. Очки жидкокристаллические или поляризационные с линейной поляризацией, синхронизированные с дисплеем и поочередно затемняющиеся с той же частотой, с которой дисплей выводит кадры для каждого глаза. За счёт эффекта

инерции зрения в мозгу зрителя формируется цельное изображение. Снижение яркости изображения составляет примерно 80 %, перекрёстные искажения больше чем у пассивной системы. Разрешение для каждого глаза не меняется [5].

В объёмных или воксельных дисплеях трёхмерное изображение формируется из светящихся точек в пределах некоторого объёма. Они строятся на разных принципах. Например, могут состоять из множества плоскостей, формирующих изображение, которые расположены одна над другой, одной качающейся плоскости или вращающихся плоских либо криволинейных панелей. Дисплеи на основе качающихся плоскостей и вращающихся панелей используют эффект зрительной инерции для достижения ощущения трёхмерности.

Аэрозольный экран проецирует изображение в объёме свободного пространства (в аэрозольной смеси, образующей туман). Обычно используется комплект из множества лазеров с вращающимися зеркалами. Очки в данной системе не требуются. Такие устройства имеют, однако, ограниченные возможности показа. Объёмный эффект, как результат данной технологии, получается вследствие использования таких факторов как окклюзия, проступающая проекция, проектор-камера калибровки ошибок, динамические сцены и ламинарное течение. Попеременно мощный проектор можно фокусировать на тонком вертикальном слое взвешенного аэрозоля. Наблюдается эффект прозрачного проекционного экрана. С помощью датчиков можно обеспечить интерактивность [6].

Список используемых источников

1. **Немного** о SED-дисплеях [Электронный ресурс] / И. А. Мухин – Режим доступа: http://www.all-displays.narod.ru/pages/articles/FD_010_SED.pdf (Дата обращения 10.02.2014).
2. **Лазерный** телевизор – прорыв на рынке больших экранов? [Электронный ресурс] / А. Будик, 2008. – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/editorial/laser-tv/> (Дата обращения 10.02.2014).
3. **The First Full-Color Display with Quantum Dots** [Электронный ресурс] / Prachi Patel, 2011. – Режим доступа: <http://www.technologyreview.com/news/422857/the-first-full-color-display-with-quantum-dots/?p1=A1&a=f> (Дата обращения 10.02.2014).
4. **Обзор 3D Дисплеев (3D Displays review)** [Электронный ресурс] / С. Книгин, 2007. – Режим доступа: <http://really.ru/articles/vr-hardware/106--3d-.html#addcomment> (Дата обращения 10.02.2014).
5. **Аппаратные средства РС** / О. В. Колесниченко, И. В. Шишигин, В. Г. Соломенчук; 6-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 800 стр.: ил. – (В подлиннике). – ISBN 978-5-9775-0432-4.
6. **Истинно** объёмное изображение [Электронный ресурс] / Р. Кей // Computerworld Россия. – 2002. – № 28–29. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cw/2002/28-29/54537/> (Дата обращения 10.02.2014).

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом технических наук, профессором О. И. Золотовым.

УДК 005.4

С. В. Хорошенко, Ю. В. Юрова

**ОЦЕНКА РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ КОНФИГУРИРОВАНИИ ВЕБ-СЕРВЕРА**

В статье рассматриваются методы оценки рисков при построении информационной системы безопасности.

оценка рисков, веб-сервер, модели оценки рисков.

Для многих компаний и людей по всему миру актуален вопрос защиты конфиденциальной информации. Все больше и больше операций проходят через Интернет и все больше и больше информации хранится и/или обрабатывается на web-серверах. Для некоторых компаний вопрос защиты информации является критичным, так как в случае реализации даже небольшой уязвимости может быть потеряна репутация компании, а это может нанести серьезный ущерб бизнесу как самой организации, так и ее клиентов. Для построения надежной системы защиты необходимо правильно оценивать риски при построении системы информационной безопасности.

На этапе оценки рисков находятся ответы на вопросы «Что необходимо защищать?» «От чего нужно защищать систему?» «Почему ее нужно защищать?» и наконец «Как это сделать эффективно?». Этап оценки рисков дает ответы на первые три вопроса, а дальнейшая обработка ответов помогает связать первые три вопроса с вопросом «Как защищать систему эффективно?».

Подход к управлению рисками выбирается исходя из степени актуальности проблемы защиты информации для каждой компании индивидуально. Например, для некоторых систем информационные активы являются вспомогательными и оценка рисков безопасности требуется минимальная. И оценка рисков производится, учитывая опыт, существующие нормативы и стандарты. Если в компании информационные активы не являются основными, но риски информационной безопасности, в случае их реализации, могут существенно повлиять на бизнес-процессы, оценка этих рисков будет производиться не только с использованием стандартов и нормативов, но также будут использоваться неформальными качественными подходами и основное внимание будет уделяться критическим активам системы. Если риски информационной безопасности являются основными для компании, то применяется формальный подход и количественные методы оценки рисков.

Количественная оценка риска заключается в определении значения его уровня и сравнения этого уровня с максимально допустимым уровнем и уровнем других рисков. Оценка включает идентификацию и оценку ценности активов, последствий для бизнеса, идентификацию и оценку угроз и уязвимостей, а также комбинирование этих факторов для определения уровня риска в количественных величинах. Количественную величину риска в отношении конкретного актива вычисляют, учитывая вероятность события и размер ущерба, который может получиться, если событие будет реализовано. При определении величины риска, используются значения, полученные путем экспертных оценок и на основании статистических данных. Величина уязвимости принимает значение от 0 до 1, а вероятность возникновения события – целое положительное число, определяющее ожидаемое количество попыток реализации угрозы за определенный период времени [1].

Существуют несколько методов управления рисками. Первый рассматриваемый метод – OCTAVE (*Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation*) [2]. Для оценки рисков по этому методу используется последовательность внутренних семинаров, на которых осуществляется оценка рисков. Оценка происходит в три этапа:

На первом этапе осуществляется разработка профилей угроз (инвентаризация и оценка ценностей активов, актуализация требования законодательства и нормативных документов, идентификация угроз, оценка их вероятности).

На втором этапе производится технический анализ уязвимостей систем организации (поиск имеющихся уязвимостей и оценка их величины).

На третьем этапе осуществляется оценка рисков информационной безопасности. Величина риска определяется как усредненная величина годовых потерь организации в случае реализации найденных уязвимостей.

Похожий подход используется в методе оценки рисков CRAMM. В CRAMM основной способ оценки рисков – это тщательно спланированные интервью, в которых используются подробнейшие опросники [1]. В отличие от предыдущего метода в CRAMM используется другая последовательность действий и методы определения величины рисков:

На первом этапе строится модель ресурсов информационной системы с взаимосвязями между всеми ресурсами и оценивается ценность активов, учитывая возможный ущерб при реализации уязвимостей.

На втором этапе идентифицируются и оцениваются риски. В CRAMM оцениваются «чистые» риски, без учета реализации системы. На этом этапе предполагается, что меры по защите активов не применяются и исходя из этого предположения формируется набор рекомендуемых действий по защите активов.

На третьем этапе производится сравнение рекомендуемых и существующих действий для защиты системы, после чего формируется план по обработке рисков.

Также существует риск-ориентированный подход к управлению информационной безопасностью. Риски рассматриваются как составная часть общей системы управления организации [3]. Подход включает в себя следующие этапы работы с рисками:

Планирование – определяются политика, контекст и методология управления рисками, идентифицируются активы и формируются профили угроз и уязвимостей, производится обработка рисков.

Выполнение – производится внедрение необходимых механизмов безопасности и действия по реализации плана обработки рисков.

Проверка – реализуются процессы мониторинга рисков и эффективности работы системы, позволяющие говорить, что внедренные механизмы работают корректно.

Корректирующие действия – совершенствование процессов управления рисками по результатам мониторинга и аудита. В случае необходимости пересматриваются определенные риски, используемые подходы, методы их оценки и вносятся изменения в процесс работы.

Существуют различные программные решения для web-серверов и выбор конкретной конфигурации будет зависеть не только от целей и задач, стоящих перед сервером, но и правильно выбранного и осуществленного подхода к оценке рисков.

Список используемых источников

1. **Искусство** управления информационными рисками / А. Астахов. – М. : ДМК Пресс, 2009. –312 с. – ISBN: 978-5-94074-574-7.

2. **ISO/IEC Guide 73:2002.** Управление риском. Словарь. Руководящие указания по использованию в стандартах. – URL: http://www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=34998 (Дата обращения 28.01.2015).

3. **ISO/IEC 13335-1:2004.** Information technology – Security techniques – Management of information and communications technology security – Part 1: Concepts and models for information and communications technology security management. – URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39066 (Дата обращения: 28.01.2015).

УДК 004.413.4

Е. В. Чурносов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМНОЙ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА

Предложена двухуровневая модель системной реакции организма пользователя на воздействие мобильного телефона, включающая в себя множество многомерных регрессионных функций, каждая из которых представлена в виде вектора в ортогональном многомерном пространстве нормированных значений коэффициентов. В результате становится возможным проводить сравнительный анализ специфики влияния МТ на различные функции и подсистемы организма.

мобильный телефон, системный анализ, факторы, математическое планирование эксперимента, коэффициенты модели.

Влияние электромагнитного излучения мобильного телефона (МТ) на организм пользователя может приводить к серьезной патологии, например, образованию злокачественных опухолей головного мозга и других органов, ухудшению характеристик жизнедеятельности [1]–[3]. В связи с этим возникла проблема разработки системы контроля влияния МТ на различные подсистемы организма и его жизнедеятельность [4, 5]. Системная оценка реакции организма пользователя на воздействие МТ предполагает, как минимум, два уровня исследования. На первом уровне осуществляется построение моделей, количественно описывающих зависимость каждой исследуемой выходной характеристики состояния организма (y_i) от комбинированного воздействия факторов риска, определяющих влияние МТ (x_1, x_2, \dots, x_n):

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

В результате формируется система моделей, каждая из которых описывает реакцию определенной подсистемы организма:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &\dots \\ y_m &= f_m(x_1, x_2, \dots, x_n). \end{aligned}$$

В качестве таких моделей могут быть использованы многофакторные регрессионные модели, построенные с помощью методологии математического планирования эксперимента [6, 7].

Далее оценивается реакция организма на воздействие МТ на основе совокупности построенных моделей. С этой целью определяются «связующие» параметры, позволяющие объединить все исследуемые модели в единую систему. Такими параметрами являются коэффициенты моделей. При этом необходимо значения факторов риска (x_1, x_2, \dots, x_n) привести к одному диапазону от -1 (минимум) до $+1$ (максимум).

Объединение моделей осуществляется в результате формирования общего факторного пространства, по осям которого отложены величины кодированных коэффициентов моделей. Оценки этих коэффициентов взаимно ортогональны, т. е. независимы. Поэтому оси факторного пространства также ортогональны между собой [6].

В результате реакцию организма на воздействие МТ геометрически можно представить как совокупность точек (векторов) в сформированном пространстве значений коэффициентов моделей. Каждая точка соответствует модели реакции организма на воздействие МТ по соответствующей характеристике (рис.).

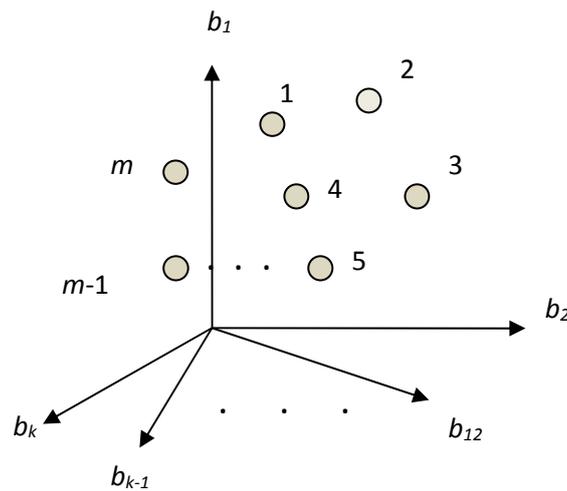


Рисунок. Геометрическая интерпретация реакции организма на воздействие МТ по совокупности из m моделей.

Аналитическое представление реакции организма на воздействие МТ по совокупности из m моделей, каждая из которых включает в себя k коэффициентов, можно представить в виде матрицы $k \times m$:

$$\begin{bmatrix} b_{01} & b_{02} & b_{03} & \dots & b_{0m} \\ b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

В результате построена модель реакции организма на комбинированное воздействие факторов риска по совокупности из m выходных характеристик, каждая из которых определяет состояние определенной его подсистемы. Влияние каждого из этих факторов оценивается по совокупности из k коэффициентов модели. Постоянная составляющая $-b_0$ является $k+1$ коэффициентом.

С позиции системного анализа построена двухуровневая модель системы оценки реакции организма. При этом первый, более низкий уровень составляют модели, описывающих зависимость каждой из исследуемых характеристик реакции от комбинированного влияния воздействующих факторов риска. На втором уровне все модели первого уровня объединены в единую систему.

Основная задача исследования построенной системной модели состоит в сравнительном анализе коэффициентов моделей в пространстве их кодированных значений. С этой целью целесообразно использовать многомерные статистические методы классификации, например, кластерный анализ.

Ниже представлен пример исследования шести моделей реакции различных подсистем организма пользователя на воздействие мобильного телефона. На основе методологии математического планирования эксперимента построены регрессионные модели 1-го порядка, количественно описывающие зависимости увеличения кси-потенциалов биологически активных точек (БАТ) исследованных систем от комбинированного воздействия двух факторов: продолжительности разговора по МТ (x_1) и длительности паузы после него (x_2). При этом во время «разговора» телефон в рабочем состоянии прикладывался к уху пользователя и таким образом в полном молчании выдерживалось необходимое по плану время. Возрастание величины кси-потенциала БАТ может свидетельствовать о гиперфункции, функциональном напряжении, активации системы [8].

Для контроля результатов спланированного эксперимента была проведена сравнительная оценка результата измерения потенциала БАТ до и после имитации разговора при выключенном телефоне. Разница оказалась статистически не значимой ($p < 0,05$), что свидетельствует об отсутствии влияния психофизиологического эффекта.

Продолжительность разговора изменялась в диапазоне от 1 до 5 мин., а паузы после него – от 5 до 25 мин.

Значения факторов приведены к одному диапазону от -1 (минимум) до $+1$ (максимум). В результате коэффициенты модели представлены в кодированном виде (табл.).

ТАБЛИЦА. Матрица коэффициентов модели

Коэффициенты	Названия подсистем					
	Легкие	Сердце	Перикард	Толстая кишка	Тонкая кишка	Желудок
b_0	-1,2	9,1	-2,4	7	-3,5	9,6
b_1	2,9	3,9	8,2	9,4	5,9	5,3
b_2	-8,7	-6,4	-4,3	-8,2	-2	-9
b_{12}	-3,4	-7,4	-5,8	-6,4	-5,5	-9,7

Из таблицы видно, что все коэффициенты, определяющие влияние на пользователя продолжительности разговора (b_1), положительные, а коэффициенты, характеризующие влияние длительности паузы после него (b_2), отрицательные. Это значит, что чем больше продолжительность разговора и меньше длительность паузы после него, тем большее отклонение величины кси-потенциала БАТ от его фонового, контрольного значения имеет место. Оценки эффектов взаимодействия факторов (b_{12}) все с отрицательными знаками. Это свидетельствует о том, что при самых неблагоприятных условиях разговора: при максимальной его продолжительности (+1) и минимальной паузе (отдыхе) после него (-1) за счет эффекта взаимодействия факторов величина кси-потенциала еще более увеличивается после разговора по МТ. Величина коэффициента b_0 является оценкой изменения кси-потенциала по сравнению с контролем при средних значениях длительности разговора и паузы после него ($b_1 = b_2 = 0$).

Сравнительный анализ чувствительности исследуемых систем к самому неблагоприятному варианту разговора ($x_1 = 1$ и $x_2 = -1$) по совокупности величин и знаков коэффициентов позволяет сделать заключение о том, что самыми чувствительными к воздействию МТ являются системы желудка ($y_{max} = 33,6mv.$), толстой кишки ($y_{max} = 31mv.$) и сердца ($y_{max} = 26,8mv.$). Подсистема «легкие» слабо реагирует на продолжительность разговора (b_1), но весьма чувствительна к длительности паузы после него (b_2). Это значит, что в этой подсистеме процессы восстановления нарушений после разговора по МТ преобладают над «разрушительными» процессами воздействия ЭМИ во время разговора. Обращает на себя также внимание подсистема «тонкая кишка», которая наоборот, более чувствительна к продолжительности разговора, чем к длительности паузы после него. И, наконец, высокая чувствительность «желудка» и «сердца» к воздействию МТ определяется, в первую очередь, высокими оценками эффектов взаимодействия (b_{12}).

Итак, представленная система оценки реакции организма на воздействие МТ позволяет одновременно учитывать, с одной стороны, комплекс факторов риска, определяющих воздействие МТ на организм пользователя,

а с другой стороны, множество выходных характеристик, отражающих реакцию различных подсистем объекта исследования.

В конечном итоге, используя методы классификации, становится возможным провести системный анализ специфики влияния МТ на различные функции и подсистемы организма.

Список используемых источников

1. **Электромагнитные** поля и общественное здравоохранение: мобильные телефоны / Информационный бюллетень Международного агентства по изучению рака (МАИР), № 193, июнь, 2011. – 52 с.

2. **Электромагнитное** поле мобильных телефонов: влияние на здоровье детей и молодежи / Ю. Г. Григорьев // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2011. – Т. 51, № 4. – С. 483–487.

3. **Исследование** многофакторного воздействия мобильного телефона на человека / Е. В. Чурносов // V Международный конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине», Санкт-Петербург, Россия, 29 июня – 3 июля 2009 г. – С. 182.

4. **Системная** оценка влияния мобильного телефона на пользователя / Е. В. Чурносов // IV Международный конгресс «Нейробиотелеком – 2010», Санкт-Петербург, Россия, 7–10 декабря 2010 г. – С. 213–216.

5. **Системный** контроль влияния мобильного телефона на пользователя / Е. В. Чурносов // V Международный конгресс «Нейробиотелеком – 2012», Санкт-Петербург, Россия, 6–7 декабря 2012 г. – С. 279–285.

6. **Математические** методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин, препринт 2005. – М. : ДеЛи, 2006. – 296 с.

7. **Планирование** эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер. – М. : Наука, 1976. – 320 с.

8. **КСИ-потенциал** – новый параметр оценки внешних воздействий на биосистему / Н. А. Загустина, С. В. Гурин., В. Г. Козлов // Материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздравсоцразвития РФ 17–18 декабря 2008 г. – М., 2008. – С. 44–46.

УДК 681.3.016(075)

О. И. Шеховцов

СПОСОБ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ВИДЕ СОВОКУПНОСТИ БАЗ ЗНАНИЙ И ДАННЫХ

Рассматривается способ формирования информационной базы автоматизированной информационной системы в виде баз знаний и данных.

способ, информационная база, база знаний, база данных.

Прежде всего сформулируем основные этапы предлагаемого способа проектирования информационной базы (ИБ):

– *первым этапом* проектирования ИБ является этап концептуализации проблемных знаний, реализуемый в виде спецификационной модели проблемной области (онтологии), построение которой осуществляется по определенным правилам, обеспечивающим единую унифицированную процедуру описания, не зависящую от особенностей или квалификации конечных пользователей – специалистов проблемной области ИУС, и которая должна служить формализованным предшественником модели представления знаний;

– *вторым этапом* является выбор формализма для построения проблемно-ориентированной модели представления знаний (МПЗ). Выбор должен обеспечить с одной стороны возможность представления различных знаний ПО (как декларативных, так и процедуральных) и иметь реализацию в виде СУБЗиД, коммерческого или промышленного характера;

– *третьим этапом* является отображение в выбранном формализме знаний о ПО, представленных спецификационной моделью. Естественным представляется потребовать, чтобы такое отображение имело вид взаимно-однозначного соответствия. Результатом выполнения третьего этапа должна быть СУБЗ-независимая МПЗ;

– *четвертый этап* состоит в преобразовании СУБЗ-независимой МПЗ в СУБЗ-ориентированную схему базы знаний, реализуемую средствами выбранной СУБЗ;

– *пятый этап* состоит в тестовой проверке работоспособности спроектированной ИБ на типовых задачах в существующей технологии автоматизированного проектирования. Если такой технологии нет (как в нашем случае) то ее необходимо отработать.

На рисунке представлена схема, иллюстрирующая методику реализации данного способа разработки информационной базы.

На рисунке приняты следующие обозначения:

ПНСМПО – структурная модель проблемной области (проблемнонезависимая) – формализм для построения спецификационной модели проблемной области (онтологии);

СМПО – спецификационная модель проблемной области (онтология);

ПНМПЗ – формализм для построения модели представления знаний;

СУБЗОМ – ограничения модели, задаваемые системой управления базой знаний;

ИСИБ – инструментальная среда информационной базы;

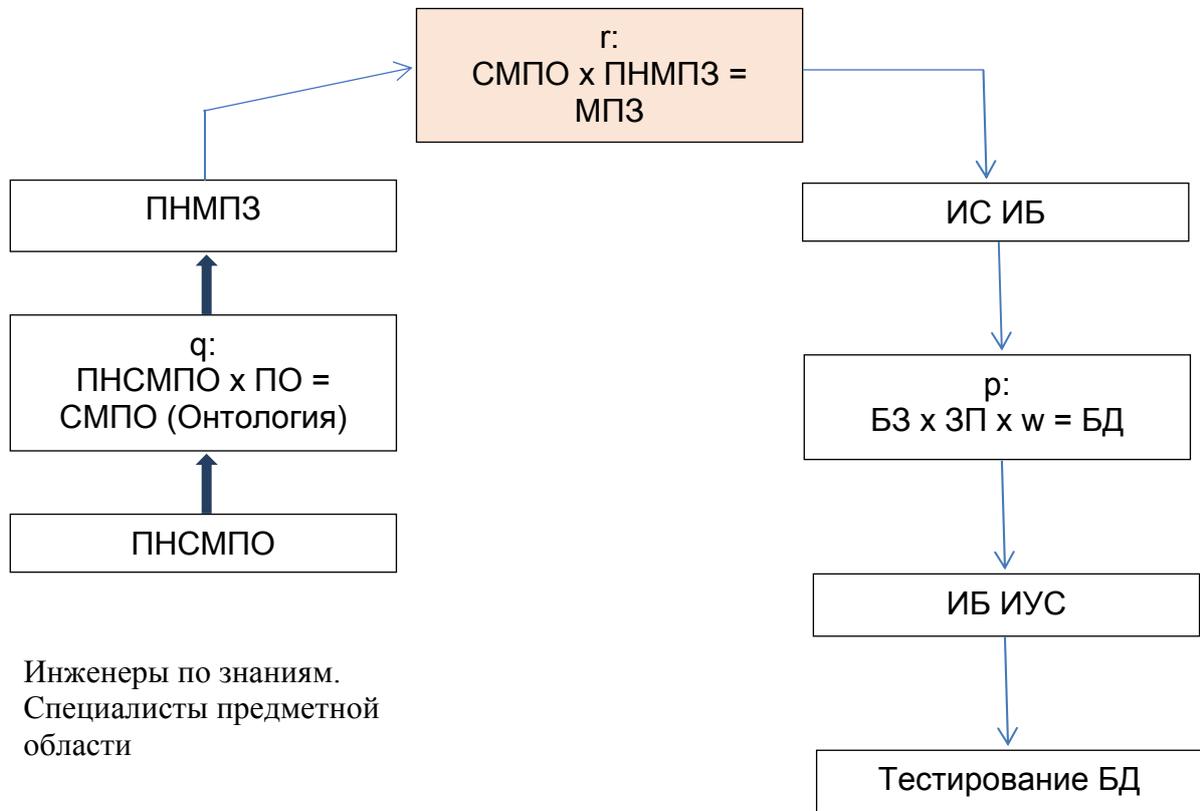
БЗ – база знаний;

ЗП – задача проектирования;

БД – база данных ИУС;

w – совокупность операций, реализующая отношения между базой знаний и базой данных;

q – отображение *ПО* в *СМПО* в формализме *ПНСМПО*;
 r – отображение *СМПО* в *МПЗ* в формализме *ПНМПЗ*
 p – отображение базы знаний в базу данных.



Инженеры по знаниям.
 Специалисты предметной области

Рисунок. Схема реализации данного способа разработки информационной базы

В соответствии с изложенными положениями, информационная база в автоматизированной системе системного этапа проектирования ИУС представляет собой совокупность баз знаний и баз данных о ИУС в целом, ее компонентах и средствах решения задач проектирования на уровне, достаточном для решения задач внешнего (системного) этапа проектирования.

Рассмотрим более детально совокупность используемых средств:

1. Формализм для построения спецификационной модели проблемной области (онтологии) представляет трехуровневую структуру

$$\text{ПНСМПО} = \langle \text{АМ, ПНМ, МЗ(ПОМ)} \rangle.$$

В этой структуре АМ – ЕСТЬ абстрактная модель – структура следующего вида < объекты (концепты), связи, атрибуты > – интенционал проблемно независимой модели (ПНМ).

КОНЦЕПТ снм. ОБЪЕКТ – некоторое предельно широкое понятие предметной области, имеющее самостоятельный смысл;

СВЯЗЬ – определяет существование отношений между двумя и более КОНЦЕПТАМИ;

АТРИБУТ – поименованная характеристика КОНЦЕПТА или СВЯЗИ.
Для большинства проблемных областей концепты ПНМ можно представить в виде

ПНМ = < ЗАДАЧА, ДОКУМЕНТ, ДАННОЕ, МОДЕЛЬ, МЕТОД, ПРОЦЕСС, СИСТЕМА, СТРУКТУРА, КОМПОНЕНТА, ПРОЦЕДУРА, ДЕЙСТВИЕ, БАЗИС >

Если в качестве базового (центрального) понятия примем понятие задачи проектирования, то ее формализованное представление определим следующим образом:

Задача_проектирования: ==> < Имя_задачи_проектирования, цель, модель, критерии, ограничения, данные, компоненты_задачи_проектирования, структура_задачи_проектирования, метод_решения_задачи_проектирования, система_проектирования, процесс_решения_задачи_проектирования, свойства_задачи_проектирования, характеристики_задачи_проектирования >

ЦЕЛЬ – ЕСТЬ долгосрочный ожидаемый результат;
МОДЕЛЬ_ЗАДАЧИ_ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ЕСТЬ формализованное описание задачи проектирования;

КРИТЕРИИ – ЕСТЬ правила принятия решения (записанные в количественной форме);

ОГРАНИЧЕНИЯ – ЕСТЬ предельные значения некоторых выделенных в качестве приоритетных факторов (характеристик задачи), определяющих возможность достижения ЦЕЛИ;

ДАННЫЕ_ЗАДАЧИ – ЕСТЬ исходные данные, необходимые для получения результата;

МЕТОД_РЕШЕНИЯ_ЗАДАЧИ – ЕСТЬ описание пути достижения ЦЕЛИ (на концептуальном уровне описания (непроцедурное);

СТРУКТУРА_ЗАДАЧИ – ЕСТЬ временная и логическая упорядоченность компонент, на которые декомпозируется задача;

СВОЙСТВА_ЗАДАЧИ_ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ЕСТЬ выраженные в количественной или качественной форме (системные) характеристики;

ПАРАМЕТРЫ_ЗАДАЧИ_ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ЕСТЬ характеристики компонентов задачи проектирования;

СИСТЕМА – ЕСТЬ определенным образом взаимосвязанная и взаимодействующая по определенной программе совокупность КОМПОНЕНТ, системные (интегративные) СВОЙСТВА которой отличаются от СВОЙСТВ, образующих ее КОМПОНЕНТ; СИСТЕМА – ЕСТЬ средство решения ЗАДАЧИ.

2. Формализм для построения МПЗ – ЕСТЬ проблемнонезависимая фреймовая модель представления знаний.

3. Проблемно-ориентированная компонента, включающая диалоговые сценарии решения задач проектирования и среду FRAMEBOX¹⁰, состоящую из редактора фреймов FREDIT и набора процедур оперирования фреймами – прототипами и экземплярами. В данной работе она рассматривается как СУБЗ.

4. ИБ ИУС включает совокупность объектов-фреймов, сгруппированных в виде фреймовых баз знаний и данных, и процедур, реализующих операции над фреймами. База знаний представляется в виде совокупности фреймов-прототипов, а база данных в виде совокупностей фреймов-экземпляров, соответствующих фреймам-прототипам. Исходя из этого, решение задачи проблемной ориентации сводится к решению двух взаимосвязанных задач: во-первых, к разработке фреймовых баз и создания на их основе сетей фреймов и, во-вторых, к разработке совокупности процедур, реализующих методы обработки фреймов и сценарии проектирования.

¹⁰ Пакет программ для работы с фреймами в среде языка PROLOG Фреймбокс / Информационно-программный центр «ИНТЕЛЛЕКТ-БАНК». – СПб., 1992.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 621.375

А. Г. Алексеев, П. В. Климова

К РАСЧЁТУ ШИРОКОПОЛОСНОГО
УСИЛИТЕЛЯ-ФОТОПРИЁМНИКА
НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Стремление повысить скорость передачи информации в волоконно-оптических системах требует расширения полосы пропускания усилителя-фотоприёмника. Для широкополосного усиления, реализуемого на интегральных схемах, это требует увеличения их верхних граничных частот.

фотодиод, оптическая связь, операционный усилитель, широкополосный.

Источником сигнала усилителя-фотоприёмника (УФП) в подавляющем большинстве случаев является фотодиод. При анализе таких схем его заменяют генератором тока. Предусилитель в широкополосных системах, как правило, строится по трансимпедансной схеме (рис. 1), а другие каскады – как масштабный усилитель без поворота фазы [1].

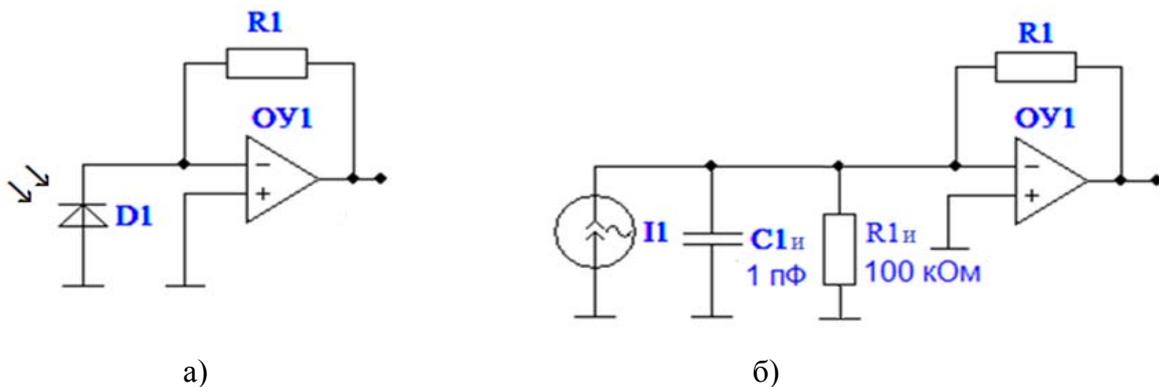


Рис. 1. Трансимпедансный усилитель а) и его эквивалентная схема б)

Частотные свойства усилителя в первую очередь зависят от правильного выбора интегральной схемы (ИС), т. е. операционного усилителя (ОУ). В паспортных данных на ОУ в этом случае должны интересовать три параметра: частота единичного усиления f_l , коэффициент усиления μ и входная ёмкость $C_{вх}$. По этим параметрам можно смоделировать АЧХ ОУ, соответствующую паспортным данным.

Каким же должен быть ОУ УФП для системы со скоростью передачи 154 МГб/с, (частота верхнего среза порядка 150 МГц). Согласно теореме Котельникова, частота единичного усиления ОУ должна превосходить указанное значение не менее 8 раз. Это требование может обеспечить, например, ИС ОРА640 с $f_l = 1,3$ ГГц.

Проверим это предположение, построив эквивалентную схему фотодиода с моделью ОУ.

Частотная модель ОУ строится на основе идеальных ОУ с частотно зависимыми нагрузками (рис. 2), которые формируют АЧХ с двухполусной функцией передачи (рис. 3).

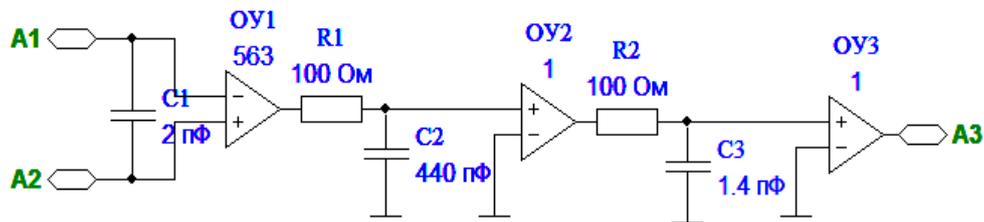


Рис. 2. Частотная модель ОУ

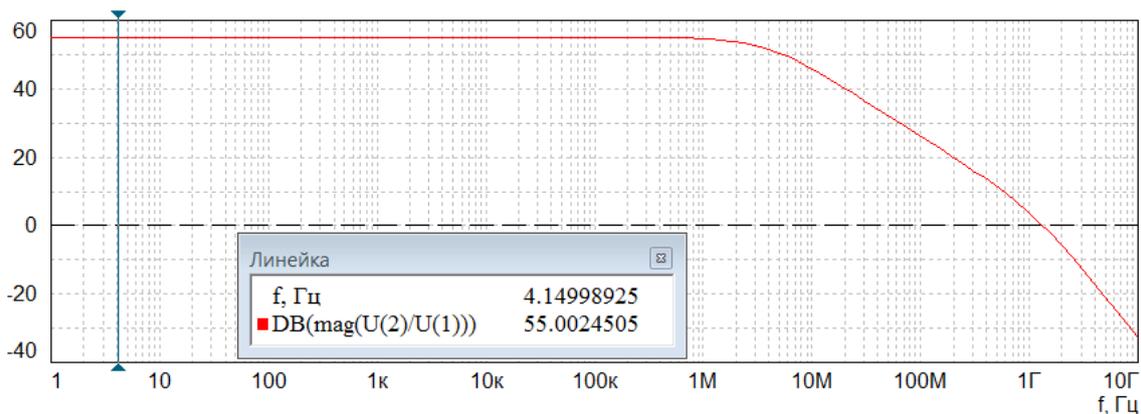


Рис. 3. АЧХ ОУ ОРА640

В трансимпедансной схеме (рис. 1) увеличение сопротивления ОС R_1 приводит к росту выходного напряжения, но одновременно уменьшает верхнюю граничную частоту. Оптимальное значение R_1 можно определить по АЧХ преобразователя ток-напряжение при разомкнутой петле ОС (рис. 4) Задав граничную частоту, получаем на оси ординат (или на линейке) оптимальное значение сопротивления ОС. При этом следует учитывать, что с ростом числа последующих каскадов верхняя граничная частота неуклонно уменьшается, вследствие чего расчёт необходимо вести с запасом по частоте. В данном случае принят двукратный запас. Выбрав по графику рисунка 4 сопротивление ОС R_1 (рис. 3), узнаём выходное напряжение первого каскада. При токе фотодиода 1 мкА и сопротивлении $R_1 = 1$ кОм

оно равно 1 мВ. Это напряжение определяет необходимое количество каскадов усиления напряжения, выполняемых по схеме решающего усилителя.

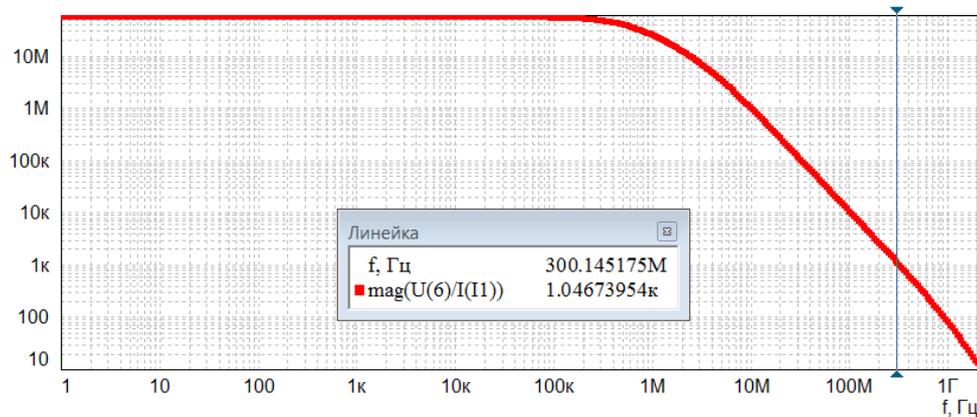


Рис. 4. АЧХ преобразователя ток-напряжение

В выбранном ОУ частота второго полюса практически совпадает с частотой f_1 , поэтому одновременно можно определить граничные частоты усилительных каскадов. На частоте 300 МГц коэффициент усиления равен 9 (рис. 1). ИС ОРА640 содержит два ОУ в одном корпусе, по этой причине решаем построить УФП на двух ИС.

Программа Fastmean 6.0 позволяет сложные схемные структуры преобразовывать в подсхемы. Можно модель ОУ представить в виде подсхемы, целесообразно подсхемы ОУ объединить повторно в новую подсхему с двумя ОУ (рис. 5) и строить на них УФП. Это значительно упрощает общую эквивалентную схему и облегчает её анализ.

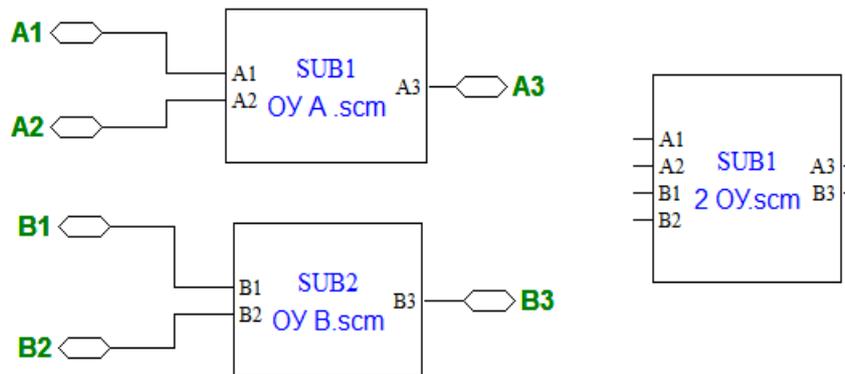


Рис. 5. Преобразование моделей ОУ в подсхемы

Полная эквивалентная схема УФП изображена на рисунке 6. При малом значении сопротивления ОС R_1 по сравнению с R_1 и фотодиода в предусилителе возникает глубокая ОС [2] и в области верхних частот появляется существенный подъём на АЧХ, возможно самовозбуждение [3]. Это явление традиционно устраняет корректирующий конденсатор C_2 .

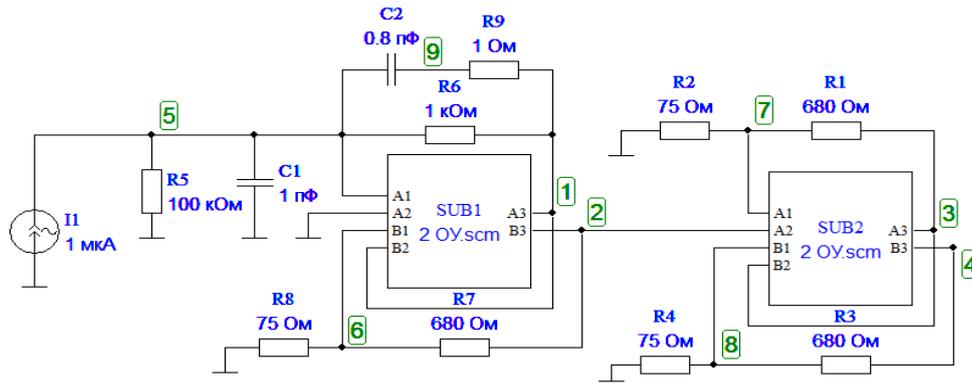


Рис. 6. Эквивалентная схема УФП

На рисунке 7 изображена частотная характеристика передаточного сопротивления УФП. При выходном напряжении сигнала 980 мВ верхняя граничная частота по уровню 0,707 достигает 154 МГц.

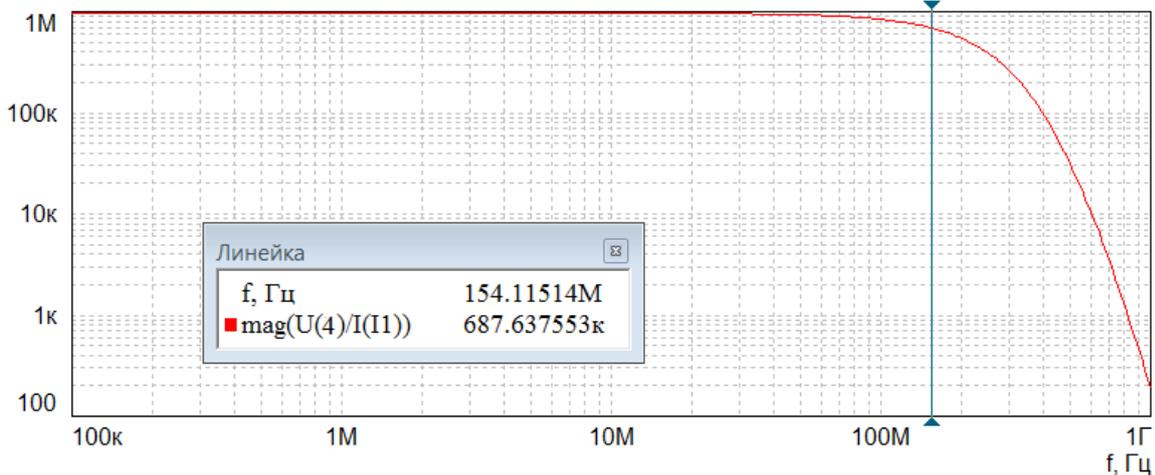


Рис. 7. Частотные характеристика передаточного сопротивления УФП

При граничной частоте предусилителя 300 МГц и граничной частоте трёхкаскадного усилителя напряжения (с коэффициентом усиления 980), равной 178 МГц можно получить в УФП заданные частотные свойства на ОУ с частотой единичного усиления $f_1 = 1,3$ ГГц.

Список используемых источников

1. **Схемотехника** аналоговых электронных устройств: методические указания к курсовому проектированию / А. Г. Алексеев, П. В. Климова. – СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. – 20 с.

2. **Определение** глубины ОС на ПК / А. Г. Алексеев, П. В. Климова // II международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–26 февраля 2013 г. – С. 41–43.

3. **Схемотехника** телекоммуникационных устройств Обеспечение устойчивости операционных усилителей: учеб. Пособие / А. Г. Алексеев, П. В. Климова, В. А. Юрова. – СПб. : Издательский центр СПбГУТ, 2014. – 52 с.

УДК 621.375

А. Г. Алексеев, П. В. Климова

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРОВ ПРИ ИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПИТАНИИ В ПРОГРАММЕ EWB (Multisim)

Биполярный транзистор, благодаря низким потенциалам на его электродах и наличию двух видов проводимости кардинально изменил аналоговую схемотехнику и улучшил её качественные показатели. Пришедшие на смену транзисторам ИС продолжили это развитие. Усилительные каскады содержат несколько усилительных элементов, транзисторы используются также в качестве вспомогательных элементов.

режим покоя, вертикальная структура, токовое зеркало, динамическая нагрузка

Усложнённые структуры транзисторных каскадов создают трудности при их настройке. Ниже рассмотрены схемы с последовательным питанием, предложен метод обеспечения режима покоя в программе EWB.

Каскодная схема

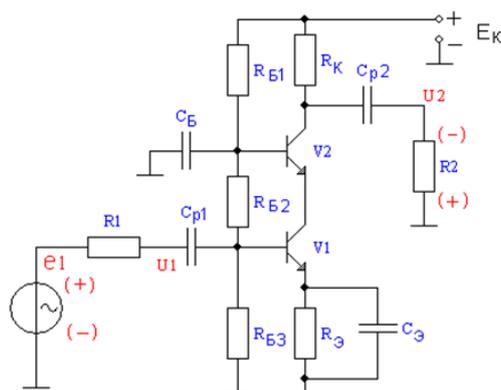


Рис. 1. Каскодная схема усилительного каскада

На рисунке 1 приведена традиционная каскодная схема типа ОЭ-ОБ с последовательным соединением транзисторов на постоянном токе. Смещение на транзисторы подаётся с базового делителя $R_{B1} - R_{B3}$. Его настройка

затрудняется взаимодействием токов баз и изменением потенциалов на базах при одновременной зависимости токов коллектора. Обеспечить режим работы транзисторов поможет программа EWB, благодаря её уникальной наглядности. Решение задачи начинается с выбора точки покоя на выходных статических характеристиках. Строить их, однако, не требуется. Программа содержит библиотеку транзисторов. Возьмём для примера транзистор BC107 фирмы Motorola. Выбираем напряжение $U_{КЭ} = 5$ В, ток покоя коллектора $I_{0К} = 1$ мА (рис. 2, а). Устанавливая напряжение на базе $U_{БЭ} = 605,13$ мВ, находим величину тока покоя базы, при котором получится выбранный режим работы транзистора. На рисунке 2, б показано как можно зарезервировать часть напряжения питания для второго транзистора.

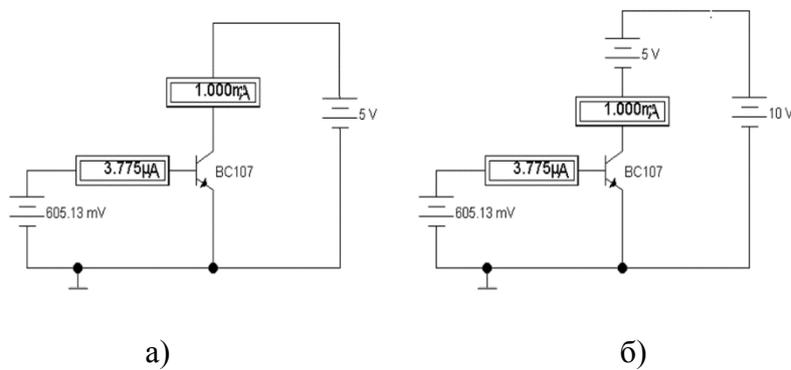


Рис. 2. Схема определения входных параметров транзистора

Приняв в схеме рисунка 1 напряжение источника питания $E_{к} = 10$ В, образуем две подсхемы, в которых находятся по одному транзистору и одному опорному источнику питания 5 В (рис. 3). Настройка каждой подсхемы на режим коллекторной цепи особых пояснений не требует [1, 2].

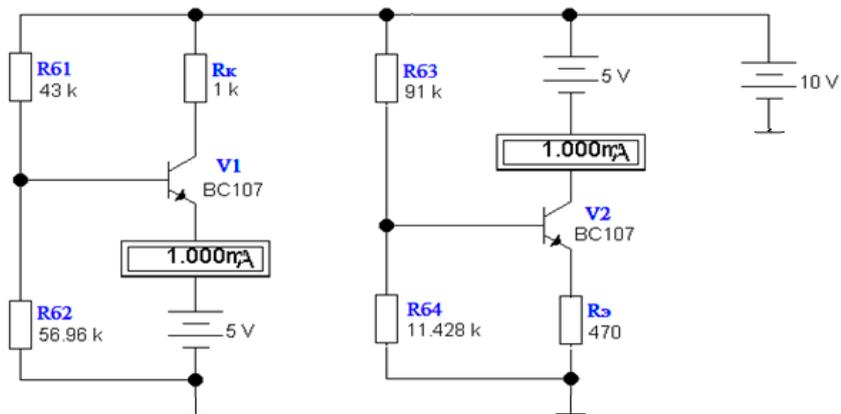


Рис. 3. Настройка подсхем каскодной пары

Закончив настройку подсхем, отключаем опорные источники напряжения и соединяем эмиттер транзистора $V1$ с коллектором $V2$ (рис. 4, а). Резисторы базового делителя указаны с такой точностью исключительно для иллюстрации работы предложенного метода.

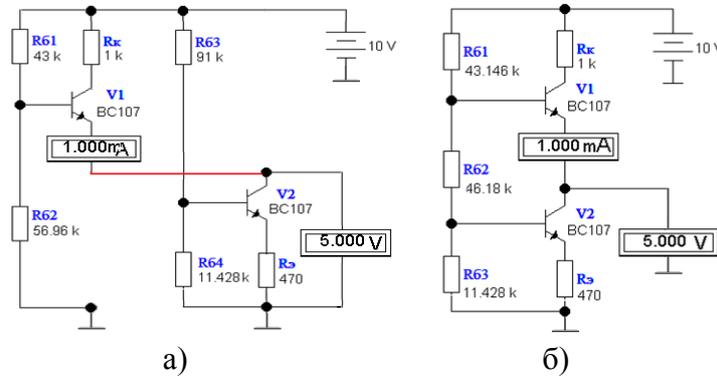


Рис. 4. Цепи смещения каскодной схемы

Дифференциальный каскад

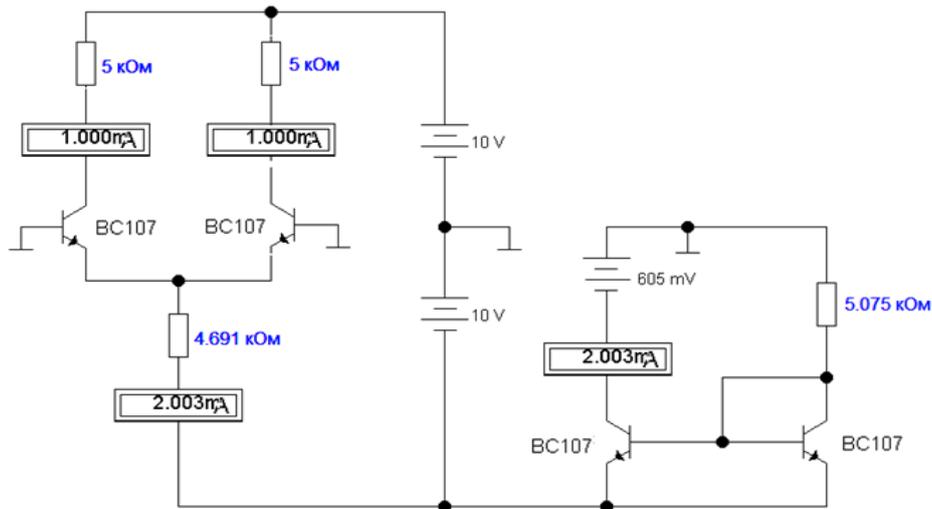


Рис. 5. Дифференциальный каскад с источником опорного тока

На рисунке 5 показан простой ДК с двухполярным питанием. Для подавления синфазной составляющей необходимо в эмиттерной цепи обеспечить высокоомное сопротивление переменному току. Это выполняется с помощью токового зеркала. В таком случае получится снова последовательное соединение двух транзисторов по постоянному току. Ведущий транзистор токового зеркала питаем от нижнего источника 10 В. Ведомый транзистор получает в коллекторную цепь источник напряжения 605 мВ, поскольку он будет подключён к эмиттерам ДК. Задача считается решённой при получении одинаковых токов в цепи эмиттера и в токовом зеркале (рис. 6).

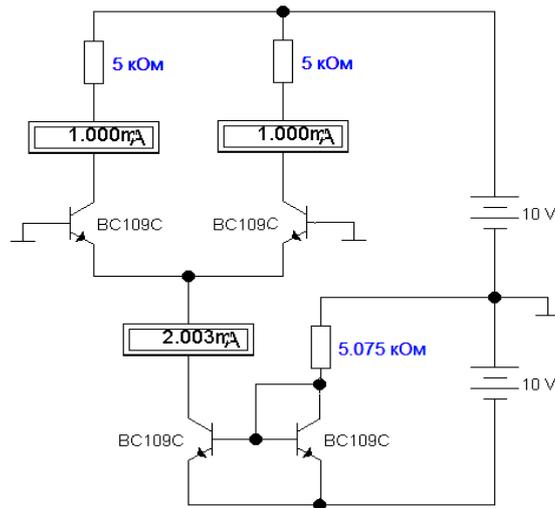


Рис. 6. ДК с токовым зеркалом в качестве источника опорного тока

Каскад с динамической нагрузкой

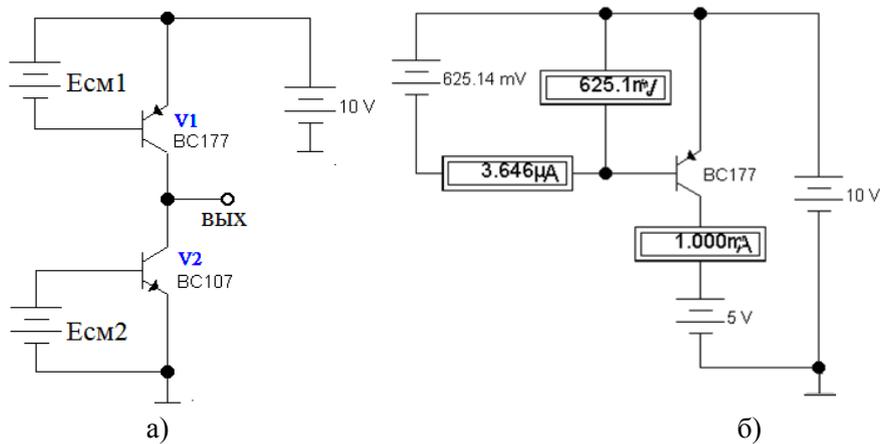


Рис. 7. Схема с динамической нагрузкой: а) структура, б) исследование нагрузки

На рисунке 7, а дана структура каскада с динамической нагрузкой. В качестве её выбран транзистор РПР BC177. Для расчётов необходимо провести исследование (рис. 7, б) подобные рисунку 2, а. В результате две под-схемы рисунка 2, а и рисунка 7, б можно соединить известным способом и получить законченный вариант схемы с динамической нагрузкой (рис. 8).

В схеме рисунка 8 активным прибором является транзистор BC107, транзисторы BC177 образуют токовое зеркало, которое используется в качестве высокоомного сопротивления в коллекторе BC107. Необходимо хорошо представлять себе, что при соединении двух коллекторов незначительное изменение любого тока коллектора приводит к существенному перераспределению напряжений на коллекторах. Это объясняет необходимость подключения внешней нагрузки R_4 и отведения части тока покоя транзистора BC177.

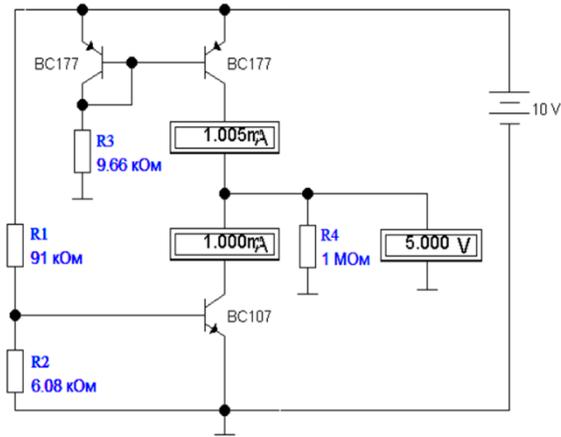


Рис. 8. Усилитель с динамической нагрузкой

Рассмотренные приёмы позволяют выполнять расчёты достаточно сложных структур, как например, СА3080 (рис. 9). Анализ интегральных структур с помощью дискретных транзисторов может показаться странным. Однако он позволяет глубже понимать происходящие физические процессы и обогащает процесс обучения.

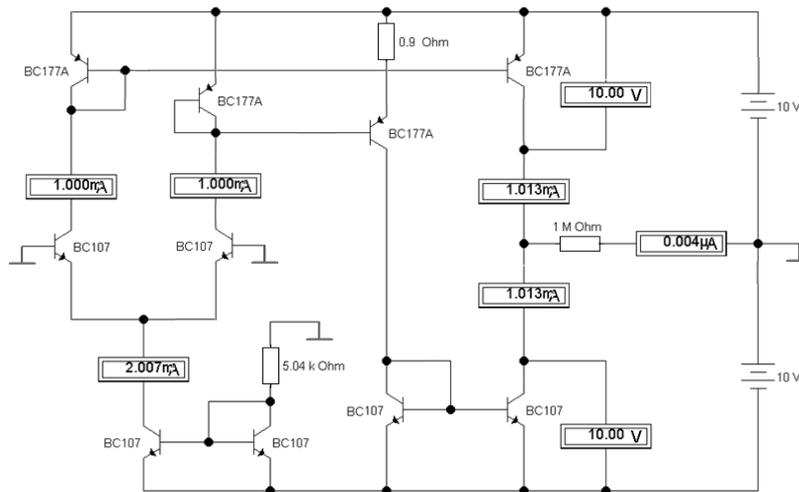


Рис. 9. Модель ИС СА3080

Список используемых источников

1. **Электроника** практический курс / М. Х. Джонс. – М. : Техносфера, 2006. – 528 с. – ISBN 5-94836-086-5.
2. **Транзисторы** и линейные ИС: руководство по анализу и расчёту/ Дж. Гринфилд; пер. с англ. – М. : Мир, 1992. – 560 с. – ISBN 5-03-001633-3.
3. **Определение** глубины ОС на ПК / А. Г. Алексеев, П. В. Климова // II международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–26 февраля 2013 г. – С. 41–43.

УДК 539.217.5

В. Н. Алимов, А. О. Буснюк, А. И. Лившиц,
М. Е. Ноткин, Е. Ю. Передистов

КОМПОЗИТНЫЕ ВОДОРОДОПРОНИЦАЕМЫЕ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЯ: ЭФФЕКТЫ ЛЕГИРОВАНИЯ ПАЛЛАДИЕМ

Исследована растворимость водорода в неупорядоченных сплавах ванадия с палладием в пределах концентраций Pd от 0 до 18,8 ат% и температур от 150 до 400 °С. Найдено, что Pd в качестве легирующего элемента снижает растворимость водорода в ванадии существенно сильнее, чем другие металлические элементы. Растворимость водорода в неупорядоченных сплавах V-Pd снижается с увеличением концентрации Pd экспоненциально. Это означает, что растёт энтальпия растворения, тогда как энтропийный фактор остаётся практически постоянным.

ванадиевые сплавы, растворимость водорода, композитные мембраны, палладий.

Коммерчески доступные мембраны для выделения водорода из газовых смесей обычно делаются из сплавов палладия. В качестве альтернативного материала водородопроницаемых мембран рассматриваются металлы 5-й группы, в которых транскристаллический перенос водорода происходит на порядки быстрее [1]. Столь высокая скорость транспорта водорода обусловлена тем, что в ОЦК решётках металлов 5-й группы, атомы Н обладают значительно более высокой подвижностью, чем в ГЦК решётке палладия и в этих металлах существенно выше растворимость водорода. Высокая растворимость водорода в металлах 5-й группы приводит, однако, к ряду проблем. При рабочих давлениях (выше 0,1 МПа) и температурах (150–400 °С), концентрация растворённого водорода оказывается столь высокой, что происходит значительная дилатация материала и, как следствие, возникают проблемы его механической стабильности и, прежде всего, проблема герметичного соединения мембраны с конструкционными материалами (например, с аустенитной нержавеющей сталью).

Таким образом, задача состоит в создании сплавов металлов 5-й группы (в первую очередь сплавов V) с оптимально сниженной растворимостью водорода. Представляется, что для сохранения высокой подвижности атомов Н характерной для чистых металлов 5-й группы следует рассматривать сплавы замещения, имеющие ОЦК решётку ванадия. В качестве таких материалов в настоящей работе исследуются разупорядоченные сплавы V-Pd с содержанием Pd от 5 до 18,8 ат%.

Методика эксперимента. Определение растворимости водорода

Ленточные образцы для исследований сплавов $V-Pd$ с различным содержанием Pd были предоставлены ООО «МЕВОДЭНА». Сплавы были приготовлены из ванадия чистотой 99,96 мас% и палладия чистотой 99,9 мас%. Для каталитической диссоциации молекул H_2 при их абсорбции и ассоциации абсорбированных атомов H в молекулы при десорбции обе поверхности каждого образца химически покрывались слоем Pd толщиной 2 мкм [2, 3].

Элементный состав каждого сплава и его однородность были проверены с помощью анализа распределения концентрации легирующего элемента (Pd) в продольном и поперечном направлениях для каждого образца с помощью энерго-дисперсионного рентгеновского микроанализа (EDX). Также был проведен рентгеноструктурный анализ образцов при помощи многоцелевого рентгеновского дифрактометра Rigaku Ultima IV (рис. 1). Анализ образцов выявил только пики, соответствующие ОЦК решетке V при том, что сплавы с содержанием Pd больше, чем 15 % могли бы содержать и пики, соответствующие фазе PdV_3 [4].

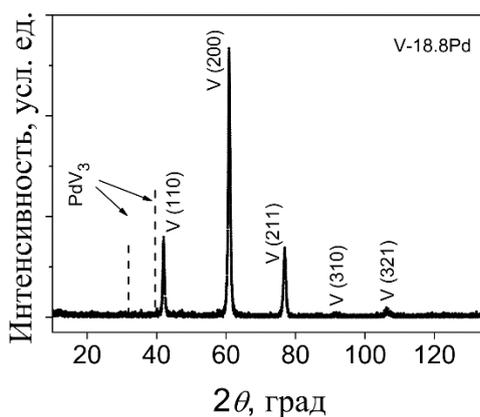


Рис. 1. Рентгенограмма сплава $V-18.8Pd$

Растворимость водорода в чистом V и сплавах $V-Pd$ была найдена путём определения равновесной концентрации водорода в образцах в зависимости от давления водорода в диапазоне ($10-10^6$) Па и температуры ($250-400$ °С). Равновесная концентрация водорода определялась по стандартной методике (метод Сивертса): исследовались зависимости давления от концентрации растворенного в образце водорода при различных температурах и таким образом строились стандартные РСТ-зависимости (*Pressure-Concentration-Temperature*).

Для определения РС-зависимости при данной температуре, давление водорода пошагово увеличивалось от самого низкого до максимального значения. После достижения равновесия при данном давлении, водород откачивали и образец выдерживали в вакууме при данной температуре до тех

пор, пока остаточное содержание поглощенного водорода не падало до пренебрежимо низкого уровня (благодаря палладиевому покрытию это происходит достаточно быстро, например, при 150 °С в течение 18 минут). Затем камера с образцом вновь наполнялась водородом и достигалось равновесие при более высоком давлении.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Растворимость водорода в сплавах V-Pd

Полученные РСТ зависимости представлены на рисунке 2. Наблюдаемая растворимость водорода в чистом V в данном эксперименте близка к справочным данным [5, 6] (рис. 2). В согласии с этими данными, вплоть до концентрации растворенного водорода в образце, $C, H/M \approx 0,05$, кривые РС для чистого V подчиняются закону Сивертса

$$C = S_V \sqrt{P}, \quad (1)$$

где S_V – константа растворимости водорода в чистом ванадии, а P – давление водорода.

Если C превышает $H/M \approx 0,05$, РС – зависимости для чистого V отклоняются от закона Сивертса [7]. Чем ниже температура, тем более выражено это отклонение (рис. 2).

Согласно представленным данным (рис. 2), поглощение водорода в сплавах V-Pd также подчиняется закону Сивертса в определенной области C .

$$C = S_{alloy} \sqrt{P}, \quad (2)$$

где S_{alloy} – константа растворимости водорода в сплаве. Для сплавов V-Pd закон Сивертса (2) остается в силе до значительно более высоких концентраций поглощенного водорода, чем в случае чистого ванадия (рис. 2).

Найденная из РСТ-данных (рис. 2) константа растворимости водорода в сплавах ванадия при 300 °С, S_{alloy} , отнесённая к константе растворимости водорода в чистом ванадии, S_V , представлена на рисунке 3 в зависимости от содержания легирующего элемента в сплаве. Можно видеть, что легирование ванадия палладием чрезвычайно эффективно снижает растворимость водорода. Эффект Pd оказывается, в частности, существенно сильнее, чем действие Cr [8] и Ni [9].

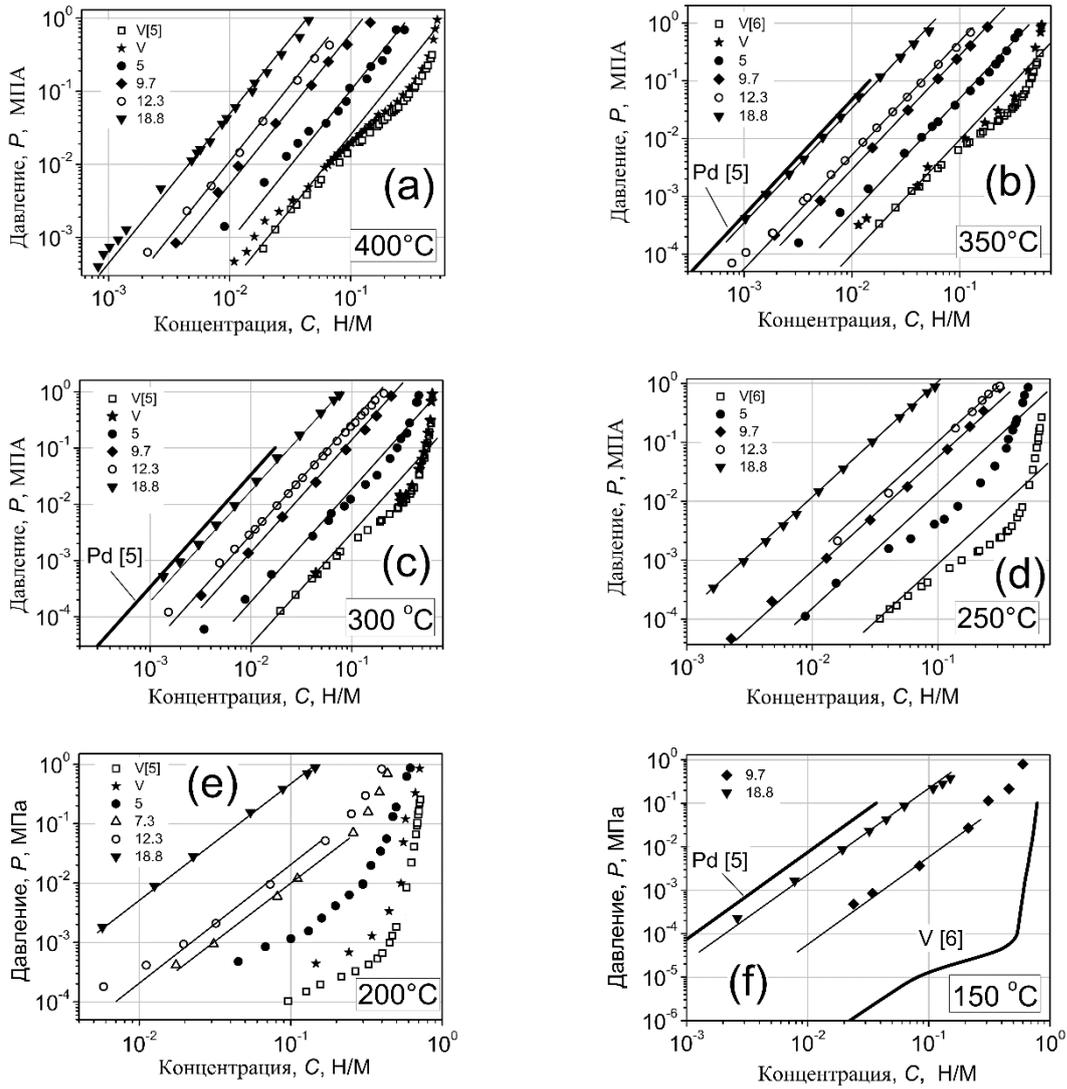


Рис. 2. Изотермы зависимости давления от концентрации абсорбированного водорода в сплавах замещения $V-Pd$ с различным содержанием Pd (PC-зависимости).

Приведены также литературные данные для чистых V и Pd .

Линии соответствуют закону Сиверта ($H / M \propto \sqrt{P}$).

a): 400 °C, b): 350 °C, c): 300 °C, d): 250 °C, e): 200 °C, f): 150 °C

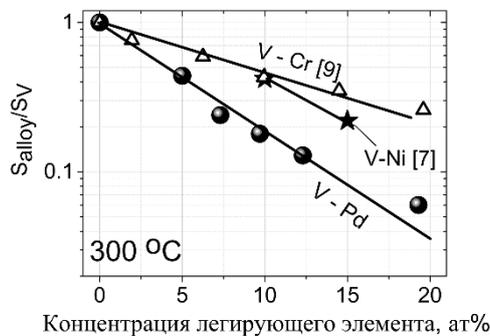


Рис. 3. Способность различных легирующих элементов (Pd , Cr , Ni) снижать растворимость водорода в сплавах замещения ванадия (данные по Pd – наш эксперимент, данные по Ni и Cr найдены из работ [9] и [8] соответственно)

Температурная зависимость констант растворимости для сплавов $V-Pd$, а также чистых V и Pd представлена на рисунке 4. Аррениусовские графики для S_{V-Pd} можно аппроксимировать прямыми линиями без каких-либо изменений в их наклоне во всем диапазоне температур (150 °С–400 °С) для всех исследованных сплавов. Будучи экстраполированными к $1/T = 0$, эти линии пересекают ось растворимости практически в одной точке, в той же, в которой такое пересечение происходит для чистого ванадия (рис. 4) (тогда как аналогичная точка пересечения для чистого палладия расположена довольно далеко). Это свидетельствует о том, что действие Pd практически целиком обусловлено изменением энтальпии растворения водорода, тогда как энтропийный (предэкспоненциальный) фактор константы растворимости водорода при легировании почти не меняется, оставаясь близким к его значению в чистом ванадии [10]. Аналогичный результат был получен для сплавов $V-Cr$ [8].

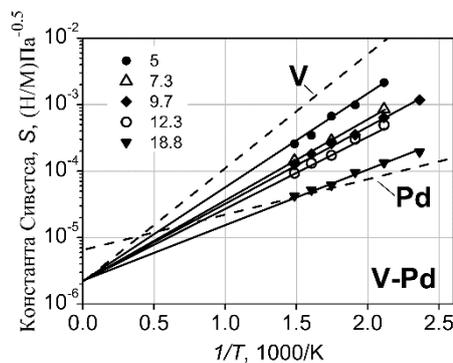


Рис. 4. Температурная зависимость константы растворимости, S , в сплавах $V-Pd$ при разной концентрации Pd (указана в атомных процентах), а также в чистых V и Pd

На основании всей совокупности полученных экспериментальных данных можно заключить, что снижение растворимости водорода при легировании ванадия палладием обусловлено изменениями в электронной подсистеме металла, в то время как локальные эффекты (типа блокирования мест сорбции атомов H в ближайшем окружении атомов Pd) не играют существенной роли [10].

Найдено, что легирование ванадия палладием значительно снижает растворимость водорода. Поэтому Pd является перспективным легирующим элементом для создания водородопроницаемых сплавов ванадия с пониженной (по сравнению с чистым ванадием) водородной дилатацией. Чем выше содержание палладия в сплаве, тем выше значение концентрации абсорбированного водорода, при которой ещё соблюдается закон Сиверта. Для концентраций Pd 9,7 ат% или выше закон Сиверта выполняется во всём исследованном диапазоне концентраций растворённого водорода при всех исследованных температурах вплоть до значений, соответствующих области концентрированных растворов ($H/M \approx 0,3$). Снижение растворимости

водорода при легировании ванадия палладием происходит практически только за счет увеличения энтальпии растворения при почти постоянном энтропийном факторе. Благодаря этому эффекту снижается риск разрушения мембраны при ее охлаждении в водородной среде.

Список используемых источников

1. **Pd-V-Pd** composite membranes: hydrogen transport in a wide pressure range and mechanical stability / V. N. Alimov, A. O. Busnyuk, M. E. Notkin, A. I. Livshits // Journal of Membrane Science. – 2014. – N 457. – PP. 303–312
2. **Pd-V-Pd** composite membranes: hydrogen transport in a wide pressure range and mechanical stability / V. N. Alimov, A. O. Busnyuk, M. E. Notkin, A. I. Livshits // Journal of Membrane Science. – 2014. – N 457. – PP. 103–112.
3. **Hydrogen** permeation through the Pd–Nb–Pd composite membrane: Surface effects and thermal degradation / V. N. Alimov, Y. Hatano, A. O. Busnyuk, D. A. Livshits, M. E. Notkin, A. I. Livshits // International Journal of Hydrogen Energy. – 2011. – N 36. – 7737–7746.
4. **Smith JF**: in ‘Binary alloy phase diagrams’ / ed. J. F. Smith // Materials Park, OH, ASM International. – 1989. – PP. 3062–3065.
5. **Gase** und Kohlenstoff in Metallen / E. Fromm, E. Gebhardt. – Berlin: Springer, 1976. – PP. 423–443.
6. **Vanadium**-, Niobium- and Tantalum-Hydrogen / T. Schober // Solid State Phenomena. – 1996. – N 49–50. – PP. 357–422.
7. **The Form** of the Interaction between Palladium and Hydrogen / R. Burch, F. A. Lewis // Platinum Metals Review. – 1971. – N 15. – PP. 21–25.
8. **The absorption** of hydrogen by binary vanadium-chromium alloy / F. Lynch, J. J. Reilly, F. Millot // Journal of Physics and Chemistry of Solids. – 1978. – N 39. – PP. 883–890.
9. **Hydrogen** permeation characteristics of Vanadium-Nickel alloys / C. Nishimura, M. Komaki, M. Amano // Materials Transactions JIM. – 1991. – N 32 (5). – 501–507.
10. **Substitutional** V-Pd alloys for the membranes permeable to hydrogen: hydrogen solubility at 150–400 °C / V. N. Alimov, A. O. Busnyuk, M. E. Notkin, E. U. Peredistov, A. I. Livshits // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – N 39. – PP. 19682–19690.

УДК 378.02:37.016

А. Д. Андреев, Л. М. Черных

ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА

Представлена новая лабораторная работа для физического практикума по проверке принципа суперпозиции для магнитной индукции. Приведены схемы измерительных установок лабораторной работы. Измерение магнитной индукции проводится с помощью эффекта Холла. Лабораторная установка в настоящее время находится в стадии разработки.

физический практикум, эффект Холла, магнитная индукция, принцип суперпозиции.

Как известно, холловская разность потенциалов U_x (напряжение Холла) связана с силой тока I_0 в образце (металле или полупроводнике) и индукцией магнитного поля B , в которое помещен образец, соотношением [1]:

$$U_x = \frac{R_x I_0 B}{b}, \quad (1)$$

где R_x – постоянная Холла, зависящая от материала образца, b – расстояние между гранями образца, параллельными вектору магнитной индукции. Из выражения (1) получаем формулу для магнитной индукции

$$B = \frac{b}{R_x I_0} U_x = \gamma U_x, \quad (2)$$

где коэффициент пропорциональности γ зависит от материала и формы образца и для данной силы тока I_0 является постоянной величиной. Измерение магнитной индукции с помощью датчиков Холла основано на применении равенства (2). Протекающий по цепи датчика ток I_0 называется номинальным управляющим током. Величина $K=1/\gamma$ называется чувствительностью датчика. То есть чувствительность равна напряжению Холла, когда датчик помещен в магнитное поле, магнитная индукция которого $B = 1$ Тл.

В установке лабораторной работы имеется цепь, создающая магнитное поле, и измерительная цепь.

Измерительная цепь (рис. 1) состоит из источника постоянного тока ИТ, миллиамперметра mA , измеряющего ток I_0 , переменного сопротивления R , служащего для установления нужного значения I_0 , милливольтметра mV , измеряющего напряжение Холла. Основу измерительной цепи составляет датчик Холла D , который помещается в исследуемое магнитное поле.

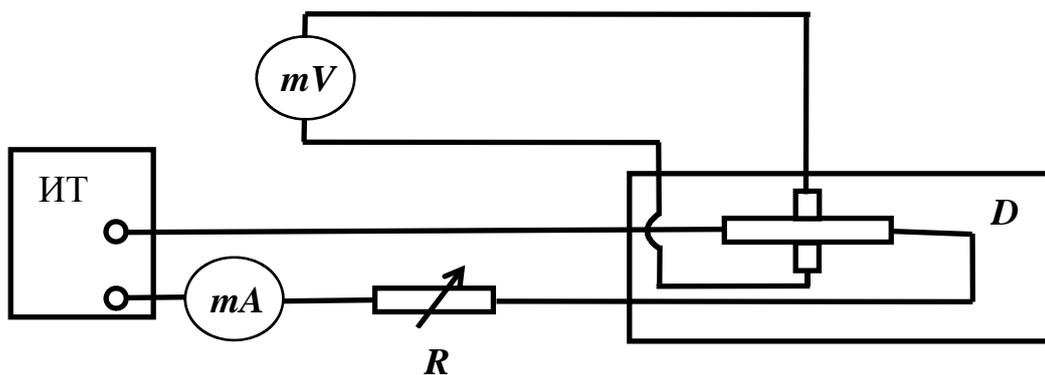


Рис. 1. Измерительная цепь

Чтобы измерить магнитную индукцию, надо знать коэффициент γ (или чувствительность K), как это следует из формулы (2). Для этого датчик Холла помещается в магнитное поле с известной магнитной индукцией.

В качестве такого поля взято поле на оси соленоида на одном из его концов. Индукция этого поля [2]:

$$B = \frac{\mu_0 N}{2\ell} I_s, \quad (3)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, N – число витков соленоида, ℓ – его длина, I_s – сила тока в витках соленоида. Измерения напряжения Холла проводятся при нескольких значениях силы тока в соленоиде и строится зависимость $U_x = f(B)$. Как следует из выражений (2) и (3), с точностью до погрешностей измерений график этой

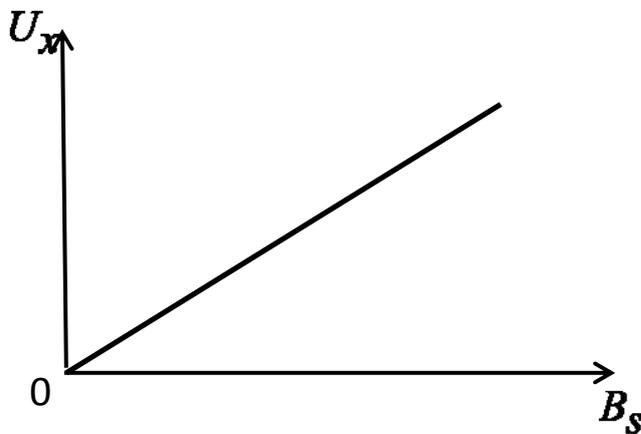


Рис. 2. Теоретическая зависимость напряжения Холла от магнитной индукции

зависимости должен представлять прямую линию, исходящую из начала координат (рис. 2). По наклону этой прямой определяется коэффициент γ . Чтобы магнитное поле Земли вносило минимальные погрешности в измерения, магнитная индукция на оси соленоида взята в несколько сотен раз больше чем магнитная индукция магнитного поля Земли, а ось соленоида (она горизонтальна) располагается перпендикулярно горизонтальной составляющей этого поля. Направление этой составляющей определяется с помощью компаса.

Основу цепи, создающей исследуемое магнитное поле составляют две катушки, которые, как каждая по отдельности, так и соединенные друг с другом, могут подключаться к источнику постоянного тока. Параметры катушек подобраны так, чтобы создаваемая ими магнитная индукция не менее чем на два порядка превосходила магнитную индукцию поля Земли. Сначала катушки располагаются так, чтобы они имели общую ось (рис. 3). Датчик Холла помещается в точку наблюдения и по вольтметру mV измеряется напряжение Холла, а по формуле (2) определяется магнитная индукция в этой точке. Направление магнитной индукции определяется с помощью компаса. Координата точки наблюдения определяется по линейке 3 (рис. 3). Сначала подключается первая катушка и проводятся измерения магнитной индукции B_1 справа от катушки 1 в нескольких точках на ее оси (рис. 3) при заданной силе тока I в катушке. Затем к источнику подключается вторая катушка и проводятся измерения магнитной индукции B_2 слева от катушки 2 на ее оси. Измерения проводятся при том же значении I и в тех же точках, что и для первой катушки (рис. 3). Направления полей B_1 и B_2 определяются по компасу. Затем катушки соединяются так, чтобы их магнитные поля в зоре между ними были направлены навстречу друг другу, что проверяется

с помощью компаса. Устанавливается прежнее значение силы тока I . Проводятся измерения магнитной индукции в тех же точках, что и в первых двух случаях. Проверяется выполнение соотношения для магнитной индукции B результирующего магнитного поля, следующее из принципа суперпозиции для магнитных полей:

$$B = B_1 - B_2. \quad (3)$$

Перемещая датчик вдоль оси катушек, определяется точка x_0 , в которой магнитные поля катушек компенсируют друг друга. Перемещая компас вдоль оси катушек, проверяется изменение направления магнитной индукции при прохождении точки x_0 .

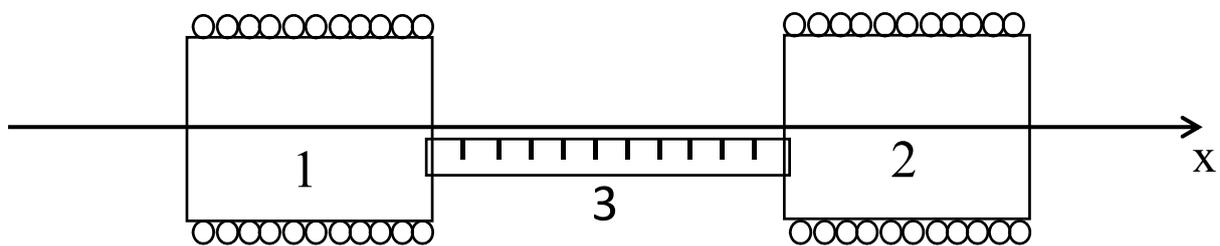


Рис. 3. Измерительная установка для изучения магнитного поля на оси катушек

Далее оси катушек располагаются перпендикулярно друг другу. Катушки подключаются поочередно к источнику тока и измеряются индукции B_1 и B_2 в точке пересечения осей X и Y (рис. 4) при одинаковом значении силы тока в них. При измерениях с каждой катушкой убеждаемся, что изменения направления тока не приводит к изменению модуля магнитной индукции (проверяем это по милливольтметру mV). С помощью компаса проверяется, что изменения направления тока приводит к изменению направления векторов \vec{B}_1 и \vec{B}_2 на противоположные. Затем катушки подключаются к источнику тока, соединяя их так, чтобы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 смотрели вдоль положительных направлений осей (это легко проверить, располагая компас на осях вблизи каждой катушки). Проводится измерение результирующей индукции в точке O . Все три опыта проводятся при одинаковом токе в катушках. Проверяем выполнение принципа суперпозиции, согласно которому

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}. \quad (4)$$

При этом, согласно принципу суперпозиции, результирующий вектор \vec{B} должен располагаться в четверти I плоскости XU (рис. 4). Проверяется это с помощью компаса. Затем изменяется направление тока в катушке 1 и проверяется, что величина вектора \vec{B} не изменилась, а направление изменилось. Согласно принципу суперпозиции, вектор \vec{B} должен располагаться в четверти II плоскости XU . Восстанавливается направление тока в катушке 1 и изменяется в катушке 2. Проверяется, что модуль вектора прежний,

а направлен вектор \vec{B} в сторону четверти IV. Изменяется направление тока в обеих катушках. Проверяется, что величина результирующего вектора прежняя, а направлен он в сторону четверти III.

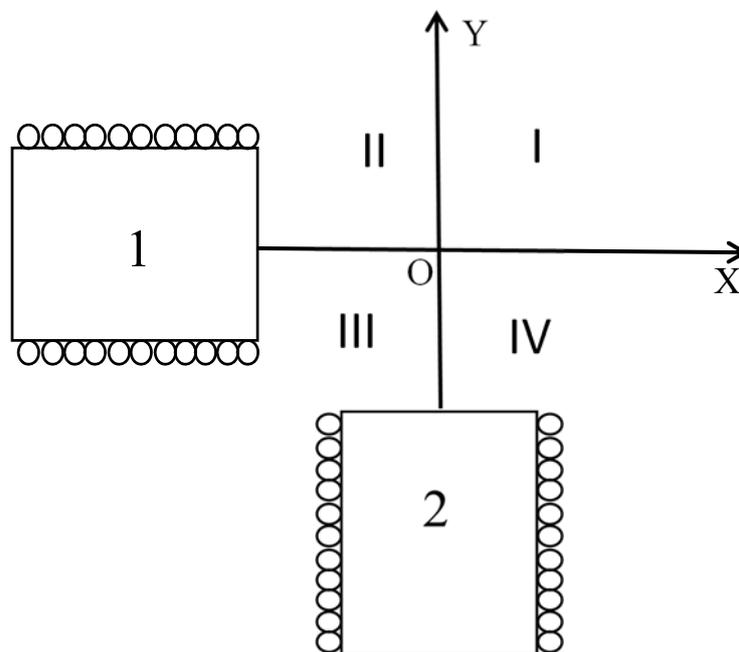


Рис. 4. Измерительная установка для проверки принципа суперпозиции в случае ортогональных магнитных полей суперпозиции в случае ортогональных поле

Список используемых источников

1. **Справочник** по физике для инженеров и студентов вузов / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф, А. К. Лебедев. – М. : ОНИКС, 2006. – 1056 с. – ISBN 5-488-00330-4.
2. **Берклеевский** курс физики. Т. 2. Электричество и магнетизм / Э. Парселл. – М. : Наука, 1971. – 448 с.

УДК 538.935; 519.63

Л. М. Баскин, М. М. Кабардов, П. З. Мкртычян,
В. С. Старостин, Н. М. Шаркова

ВЛИЯНИЕ КОНЕЧНОЙ РАБОТЫ ВЫХОДА НА РЕЗОНАНСНОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В КВАНТОВЫХ ВОЛНОВОДАХ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Исследовано влияние конечной работы выхода материала нановолокна на процессы резонансного туннелирования в квантовых волноводах с двумя сужениями. Показано, что конечность работы выхода накладывает существенные ограничения

на геометрию резонансной структуры: прямоугольные сужения должны иметь значительную (> 1 нм) ширину, а угол при вершине клиновидных сужений должен выбираться максимально возможным ($> 30\text{--}40^\circ$). Кроме того, возможность увеличения добротности квантового резонатора путем уменьшения диаметра сужений имеет предел.

квантовые волноводы, резонансное туннелирование, работа выхода.

Достаточно давно разработаны устройства, работа которых основана на транспорте носителей в нанопроволоках (квантовых волноводах) в баллистическом режиме. Такие электронные элементы могут быть использованы как транзисторы на эффекте поля [1], резонансные туннельные диоды [2], лазеры [3], а также как кубиты [4]. Создание квантовых резонаторов осуществляется обычно приложением внешнего потенциала к определенным областям волновода [2]. Однако существует гораздо более простой способ создания квантовых резонаторов – путем формирования двух или нескольких сужений в волноводе [5, 6].

При бесстолкновительном (баллистическом) движении электрона в квантовом волноводе, кинетическая энергия электрона E складывается из двух составляющих – поперечной $E_{n\perp}$ и продольной E_{\parallel} : $E = E_{n\perp} + E_{\parallel}$. Вследствие финитности движения в поперечном сечении волновода, спектр поперечной энергии дискретен: $E_{n\perp} \approx \hbar^2 \pi^2 n^2 / 2m_{\perp} d^2$.

Здесь обозначено m_{\perp} – эффективная масса электрона в поперечном направлении, n – целое число, d – минимальный диаметр волновода. Величина $E_{n\perp}$ будем называть энергией n -ого порога, или просто n -м порогом. Если величина d уменьшается, то поперечная компонента энергии возрастает. Вследствие сохранения полной энергии электрона, продольная энергия электрона уменьшается, что эквивалентно возникновению потенциального барьера для продольного движения. Аналогично, увеличение d формирует потенциальную яму. Таким образом, изменением поперечного сечения волновода можно формировать потенциальную структуру произвольной формы.

В работах [5, 6] подробно исследованы процессы резонансного туннелирования в квантовых волноводах с двумя сужениями. Все расчеты проводились в предположении, что волновая функция электрона обращается в ноль на границе волновода, т. е. предполагается, что работа выхода материала волновода равна бесконечности. На самом деле работа выхода конечна, что приводит к проникновению волновой функции вне волновода и, соответственно, к сильному изменению транспорта электрона.

Рассмотрим, сначала качественно, влияние конечной работы выхода на эти процессы. При движении в однородном волноводе, проникновение электронов в вакуум приводит к увеличению эффективной ширины волновода.

Вследствие этого несколько понижаются значения пороговой энергии. Оценим величину понижения в простейшем случае, когда волновод представляет собой полосу шириной d . Считая, что потенциальная энергия электрона внутри волновода $U = 0$, а вне волновода $U > 0$, простые оценки показывают, что для нескольких первых порогов получаем

$$E_{n\perp} \approx \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2m^* d^2} \left(1 + \sqrt{\frac{2\hbar^2}{md^2 U}} \right)^{-2}.$$

Таким образом, реальная ширина волновода d заменяется эффективной шириной $d_{\text{eff}} = d \left(1 + \sqrt{2\hbar^2 / md^2 U} \right)$. Здесь m и m^* – масса свободного электрона, и эффективная масса электрона внутри волновода, соответственно. При $d = 10$ нм и $U = 4$ эВ $\eta = 0,96$. Таким образом, величина $E_{n\perp}$ уменьшается всего на 4 %. Это делает обоснованным предположение о малости влияния работы выхода на $E_{n\perp}$. Однако, для очень тонких волноводов, особенно в том случае, когда работа выхода мала, это предположение выполняется несколько хуже. Так при $d = 3$ нм $U = 2$ эВ величина $\eta = 0,84$.

Из вышесказанного, очевидно, что влияние конечной работы выхода будет весьма заметным в сужениях волновода. В сужениях эффективное уширение будет гораздо больше. В случае сильного сужения влияние конечной работы выхода нельзя считать малым. Даже если ширина сужения стремится к нулю, эффективная ширина будет составлять десятые доли нанометра. Это накладывает ограничения на максимально достижимую добротность квантового резонатора.

Конечность работы выхода накладывает существенные ограничения на форму вырезов волновода, формирующих сужения. Для узких вырезов с малым углом при вершине расстояние между противоположными «берегами» волновода будет крайне малым (рис. 1 а, б). При этом волновая функция электрона, выходящая с противоположных берегов, перекрывается, и сужение практически исчезает. Простые оценки показывают, что практически полное исчезновение сужения достигается в том случае, когда угол при вершине $\alpha \approx 2^{3/2} \hbar / (\sqrt{mU} d)$. Для типичного случая $d = 10$ нм и $U = 4$ эВ величина $\alpha \approx 2-3^\circ$.

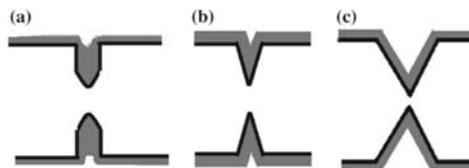


Рис. 1 Качественный вид волновой функции вблизи сужений.

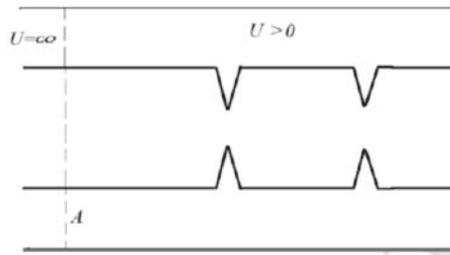


Рис. 2. Геометрия системы, используемой для численного моделирования влияния работы выхода на процесс резонансного туннелирования

Приведенные выше качественные соображения подтверждаются численными расчетами. Исследовалось влияние конечной работы выхода на процесс резонансного туннелирования для систем с той же геометрией (рис. 2), для которой выполнены расчеты в работе [6].

Для учета проникновения электрона под барьер, волновод окружался цилиндром диаметр которого был в два раза больше, чем диаметр волновода. Так как вне волновода волновая функция затухает экспоненциально с характерной глубиной затухания $\delta = \hbar / \sqrt{mU}$, то на поверхности цилиндра величина волновой функции уменьшается в $\exp(-d\sqrt{mU}/2\hbar)$ раз. Даже при малой работе выхода и тонком волноводе показатель экспоненты превышает значение 10 и значение волновой функции на поверхности цилиндра пренебрежимо мало. Поэтому при расчетах значение волновой функции на стенках цилиндра полагалось равным нулю.

Внутри волновода потенциальная энергия электрона считается равной нулю. Левее плоскости А (рис. 2) между стенками волновода и внешнего цилиндра потенциальная энергия принималась равной бесконечности, а правее – равной работе выхода материала. Левее плоскости А внутри волновода падающая волна выбирается в той же форме, что и в [6]. Далее рассчитывается рассеяние на структуре, представленной на рис. 2. Диаметр сужения составлял 0,2 от диаметра волновода. Угол при вершине сужения выбирался сравнительно небольшим (18°). При такой геометрии наиболее ярко проявляются эффекты влияния работы выхода на резонансное туннелирование. Исследовалась зависимость полученных результатов от параметра $D = d/2\delta$. Значения параметра D лежали в диапазоне $10 < D < 100$. Наименьшее значение $D = 10$ достигается для диаметра волновода $d = 3$ нм и $U = 2$ эВ, а наибольшее при $d = 20$ нм и $U = 5$ эВ. Практически наибольший интерес представляет диапазон $20 < D < 50$.

На рис. 3 а представлена расчетная зависимость положения центра резонанса k_{res} , а на рис. 3 б зависимость ширины резонансной кривой Δ от величины D . Как видно из графиков при достаточно малых D влияние конечной работы выхода проявляется в некотором сдвиге резонансного уровня и, главное, в резком уширении резонансной кривой. Такое поведение

полностью согласуется с вышеприведенными оценками: при малой работе выхода и сильном сужении резонатора сильно меняется эффективный диаметр сужения, что заметно ухудшает добротность резонатора.

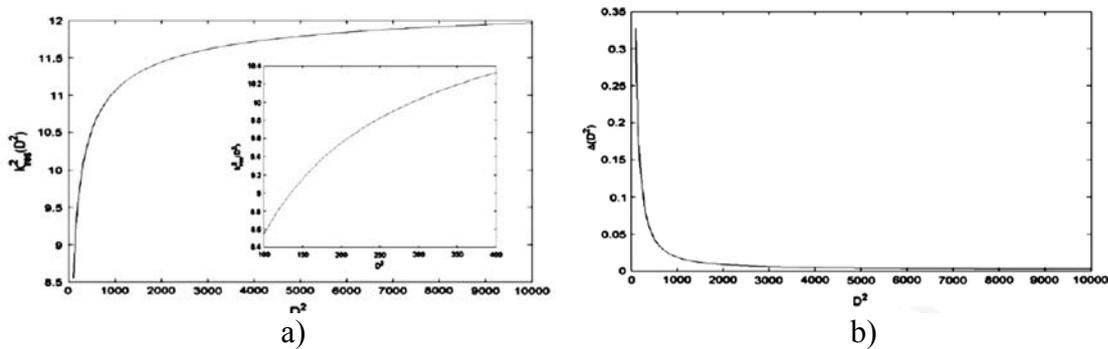


Рис 3. Зависимость положения (а) центра резонансного пика k_{res} и (б) его ширины Δ от параметра D^2 .

Определяющее влияние именно области сужения на поведение системы при учете конечной работы выхода подтверждают и графики распределения плотности вероятности по сечению волновода (рис. 4 а) и по сечению в сужении (рис. 4 б). Пунктиром обозначены границы волновода в плоскости сечения. Видно, что в первом случае влияние проникновения электрона под барьер весьма незначительно, в то время, как в сужении этот эффект весьма заметен.

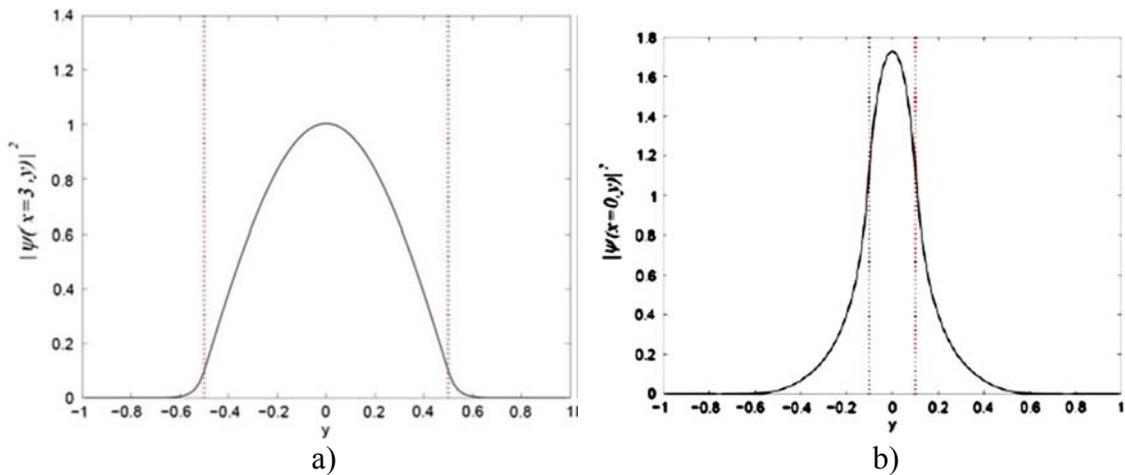


Рис. 4. Распределение плотности вероятности $|\psi(x, y)|^2$ по сечению при резонансе: а) в волноводе вне резонатора; б) в сужении

Полученные результаты позволяют сделать следующие практические выводы.

1. Уменьшение диаметра волновода ниже пороговой величины не имеет смысла, так как эффективный диаметр волновода будет оставаться практически постоянным.
2. Возможность увеличения добротности квантового резонатора путем уменьшения диаметра сужений имеет предел.
3. Прямоугольные сужения должны иметь значительную (> 1 нм) ширину.
4. Угол при вершине клиновидных сужений должен выбираться максимально возможным ($>30-40^\circ$).
5. Материал волновода должен выбираться, исходя из требования максимальной работы выхода.

Список используемых источников

1. **Ge/Si** nanowire heterostructures as high performance field-effect transistors / J. Xiang, W. Lu, Y. J. Hu, Y. Wu, H. Yan, C. M. Lieber // Nature. – 2006. – V. 441. – PP. 489–493.
2. **Resonant** Tunneling in Nanocolumns Improved by Quantum Collimation / J. Wensorra, K. M. Indlekofer et al. // Nano Lett. – 2005. – V. 5. – PP. 2470–2475.
3. **Multicolor** nanolasers from multi-quantum well nanowire heterostructures / F. Qian, Y. Li, S. Gradečak, H.-G. Park et al. // Nature Mater. – 2008. – V. 7. – PP. 701.
4. **A Ge/Si** heterostructure nanowire-based double quantum dot with integrated charge sensor / Y. Hu, H. O. H. Churchill, D. J. Reilly et al. // Nature Nanotechnology. – 2007. – V. 2. – N 10. – PP. 622–625.
5. **On electron** transport in 3D quantum waveguides of variable cross-section / L. M. Baskin, P. Neittaanmäki, B. A. Plamenevskii, A. A. Pozharskii // Nature Nanotechnology. – 2006. – V. 17. – PP. 19–23.
6. **Asymptotic** and numerical study of resonant tunneling in two-dimensional quantum waveguides of variable cross-section / L. M. Baskin, M. M. Kabardov, P. Neittaanmäki, B. A. Plamenevskii, O. V. Sarafanov // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – V. 53, N 11. – PP. 1664–1683.

УДК 537.5

А. А. Бегидов, М. А. Поляков, Г. Н. Фурсей

ВНЕШНЯЯ ФОКУСИРОВКА ИМПУЛЬСНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Прямыми экспериментами показана возможность эффективной фокусировки рентгеновского излучения, генерируемого под действием наносекундных импульсов взрывной электронной эмиссии из углеродных нанокластеров. В экспериментах использовался принцип полного внутреннего отражения рентгеновского излучения. С этой целью применялась поликапиллярная оптика Кумахова. Получены новые данные, подтверждающие возможность эффективной фокусировки мощного импульсного рентгеновского излучения в наносекундном диапазоне. На основании этих данных были сделаны

выводы о дальнейшем улучшении конструкции рентгеновской трубки и фокусирующей оптической системы для лучшей производительности.

рентгеновское излучение, рентгеновские оптические системы, фокусировка.

Основным затруднением, влияющим на качество рентгеновского изображения, является сравнительно большой размер рентгеновского пятна источника (1–2 мм). В импульсных рентгеновских трубках, работающих на основе взрывной электронной эмиссии (ВЭЭ), уменьшение пятна с использованием электростатической и магнитной фокусировки оказывается сложным вследствие малых расстояний катод – анод.

Наиболее привлекательной является непосредственная фокусировка рентгеновского излучения на выходе из рентгеновской трубки. Такая возможность в принципе открывается при использовании поликапиллярной рентгеновской оптики, предложенной Кумаховым [1]–[3]. Как показано в ряде последних работ, линза Кумахова принципиально позволяет фокусировать рентгеновское излучение в пятно диаметром менее 6 мкм.

Эффективная работа этих линз продемонстрирована в целом ряде устройств со стационарными рентгеновскими источниками.

В настоящем исследовании делается попытка применить эту оптику к мощным импульсным рентгеновским источникам, работающим на основе ВЭ в наносекундном диапазоне длительностей импульсов [4].

Принцип осуществления внешней фокусировки рентгеновского излучения основывается на явлении полного внешнего отражения. В рентгеновской области спектра показатель преломления $n < 1$, и вакуум является оптически наиболее плотной средой. Высокая отражательная способность имеет место при скользящих углах падения.

Ниже на рисунке 1 показана принципиальная схема фокусировки помощью поликапиллярной оптики.

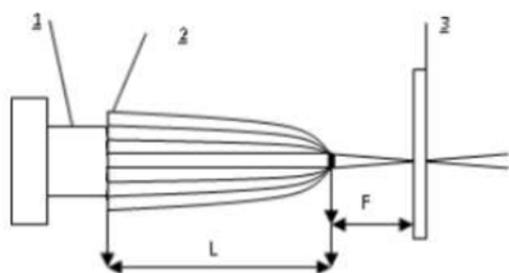


Рис. 1. Принцип внешней фокусировки: 1 – головная часть рентгеновской трубки; 2 – поликапиллярная полулинза; 3 – визуализатор. Длина фокуса $F = 160$ мм. Длина полулинзы $L = 268$ мм. Диаметр входного отверстия полулинзы 11,3 мм. Диаметр выходного отверстия полулинзы 6 мм

Было проведено два эксперимента. В первом случае использовался рентгеновский источник (рентгеновская трубка) с острым антикатодом (рис. 2).

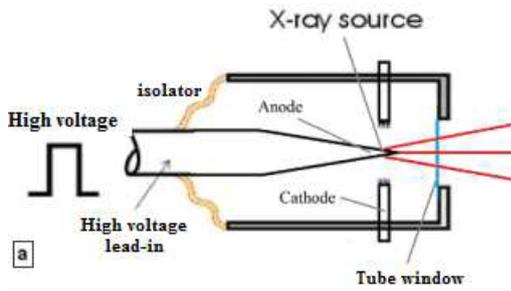


Рис. 2. Импульсная рентгеновская трубка с острым антикатодом (а)

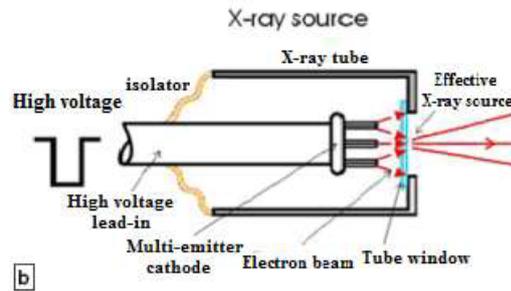


Рис. 3. Прострельная импульсная рентгеновская трубка (b)

В этом случае было достигнуто сжатие рентгеновского пятна приблизительно в 2 раза. (см. рис. 4, а).

Во втором случае эксперимент проводился с использованием прострельной рентгеновской трубки (рис. 3).

При этом входное отверстие полулинзы располагалось непосредственно на выходном окне. Размер рентгеновского пятна на окне приблизительно соответствовал диаметру на входе капиллярной полулинзы и составлял 11 мм.

На выходе было получено пятно 0,5 мм (рис. 4, b).

На рисунке 4 представлены полученные результаты.

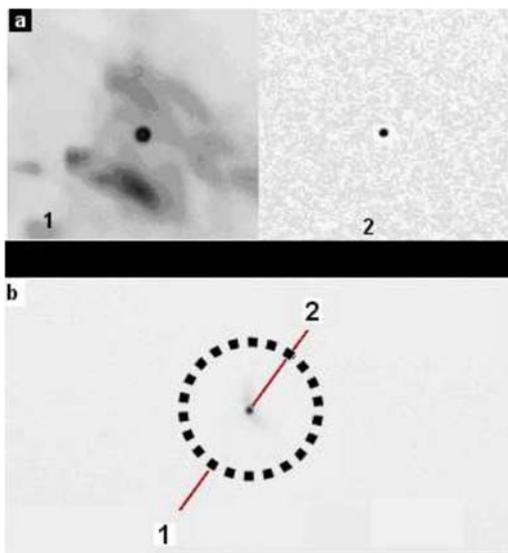


Рис.4. Результаты рентгеновской фокусировки с помощью полулинзы Кумахова: а) рентгеновское пятно полученное с помощью рентгеновской трубки с острым антикатодом: 1 – изначальное рентгеновское пятно; 2 – сфокусированное рентгеновское пятно; б) рентгеновского пятна, полученное с помощью прострельной рентгеновской трубки: 1 – изначальное рентгеновское пятно; 2 – сфокусированное рентгеновское пятно

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при соответствующих усовершенствованиях внешняя фокусировка рентгеновских источников в импульсных режимах (в наносекундном диапазоне) является перспективной.

Список используемых источников

1. **Status** of polycapillary optics and perspectives / Muradin A. Kumakhov // Proceedings SPIE, International Conference on X-ray and Neutron Capillary Optics, July 20, 2002, V. 4765. Editor M. Kumakhov, Zvenigorod, Russia, 8 September 2001. – PP. 170–182.
2. **X-ray** lens for forming quasiparallel beam / V. A. Arkadiev, D. I. Gruev, M. A. Kumakhov // Optics of Beams. – М. : Institute For Roentgen Optical Systems, 1993. – PP. 27–32.
3. **Poly-capillary** lens for neutrons / G. I. Borisov, M. A. Kumakhov // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 2004. – A 529, N 1–3. – PP.129–133.
4. **Возможность** фокусировки мощных наносекундных импульсов рентгеновского излучения / Г. Н. Фурсей, И. А. Дмитриев, Я. Б. Скуратник, А. А. Бегидов, А. А. Кумаров // Практическая силовая электроника. – 2012. – № 2 (46). – С. 50–55.

УДК 621.382.33

Е. И. Бочаров, Ю. М. Першин, В. С. Смирнов, В. А. Филин

РЕАЛИЗАЦИЯ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ
БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА В ПРОГРАММЕ FASTMEAN

Компьютерные модели полупроводниковых приборов широко используются в учебном процессе. Кусочно-линейная модель биполярного транзистора, реализованная на базе программы FASTMEAN, позволяет достаточно просто рассчитывать характеристики и параметры различных устройств и сравнивать их с полученными экспериментально.

биполярный транзистор, линейная модель, кусочно-линейная модель.

Целью настоящей работы является разработка компьютерных моделей биполярного транзистора, предназначенных для использования студентами в лабораторных практикумах по дисциплинам «Электроника» и «Схемотехника». Эти модели должны адекватно описывать биполярный транзистор в усилительных каскадах и электронных ключах.

Для моделирования была выбрана простая и наглядная программа FASTMEAN [1], широко используемая в учебных дисциплинах студентами Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Она позволяет студентам создавать модели транзистора на основе выполненных в лаборатории измерений, проводить с их помощью расчеты и сопоставлять их результаты с результатами экспериментов. Кроме того, в отличие о известных программ Electronics Workbench и Micro-Cap [2], в программе FASTMEAN имеется возможность использовать нелинейные резисторы и конденсаторы, характеристики которых могут задаваться непосредственно по полученным экспериментально параметрам.

В работе рассматриваются две модели. Линейная модель, описывающая работу транзистора в активном режиме («модель 1»), предназначена для анализа усилительных каскадов в малосигнальном режиме. При использовании этой модели необходимо следить за тем, чтобы транзистор не выходил из активного режима. Кусочно-линейная модель («модель 2») описывает работу транзистора в любых режимах и может быть использована для анализа электронных ключей. В ее основу положена транспортная модель биполярного транзистора [3].

Схема исследования стандартного усилительного каскада ОЭ с эмиттерной стабилизацией на основе линейной модели n-p-n-транзистора приведена на рисунке 1. Элементы модели задаются следующим образом. Сопротивление $r_{БЭ}$ (резистор $R2$ на рис. 1) определяется по снятой экспериментально входной характеристике $i_B = f(u_{БЭ})$ при $u_{КЭ} = 0$ (граница активного режима). Барьерная емкость эмиттерного перехода берется из паспортных данных. Диффузионная емкость эмиттерного перехода также оказывается постоянной и рассчитывается исходя из значения граничной частоты. Сумму указанных емкостей на рисунке 1 отражает конденсатор $C2$. При необходимости можно приближенно учесть эффект Эрли, включив в схему сопротивление $r_{КЭ}$.

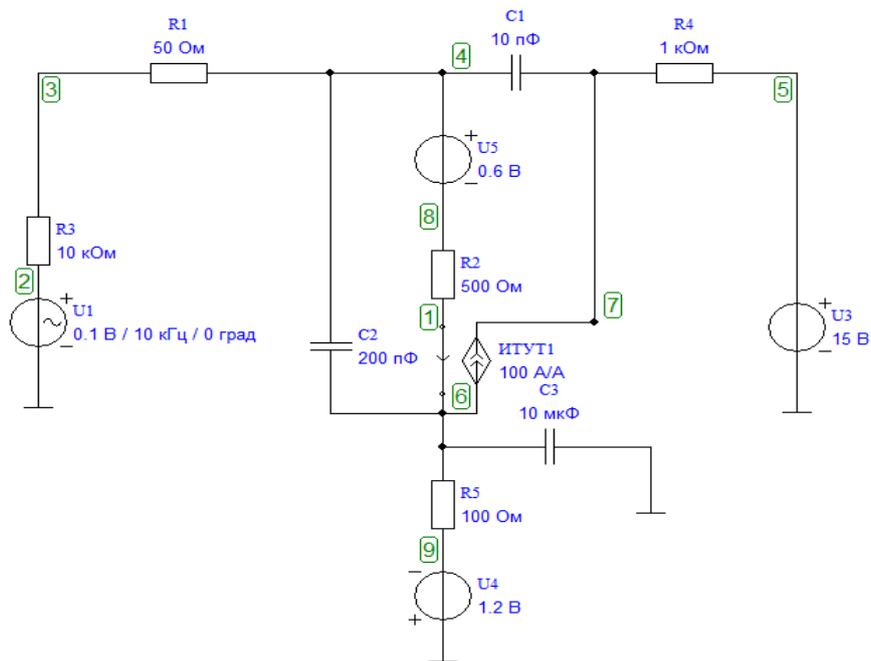
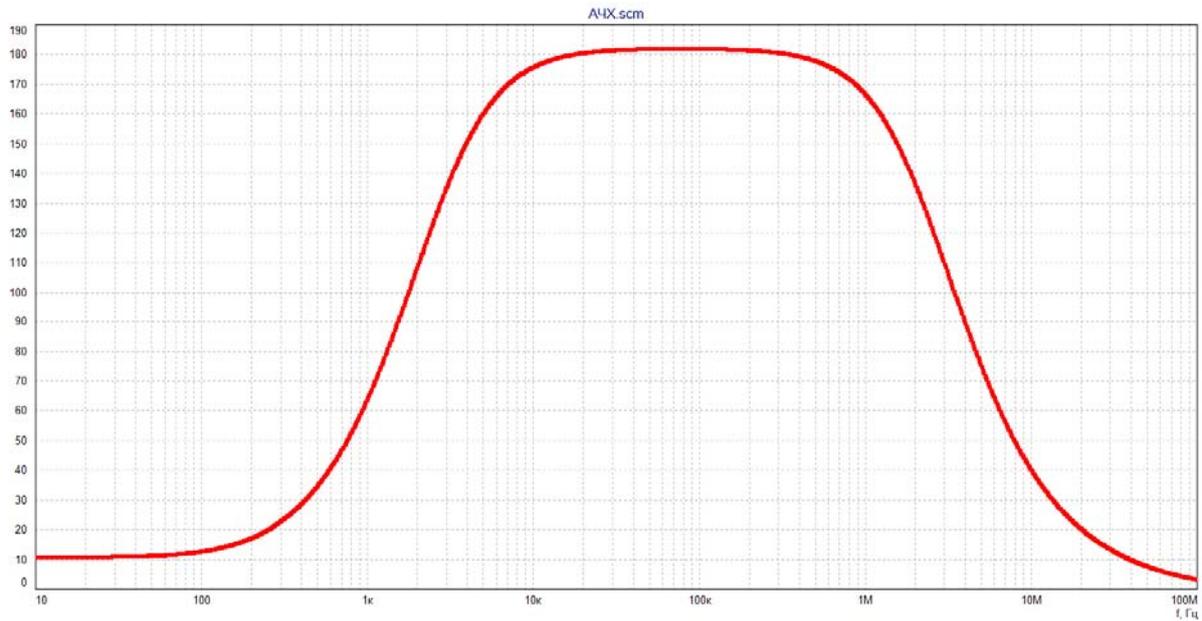


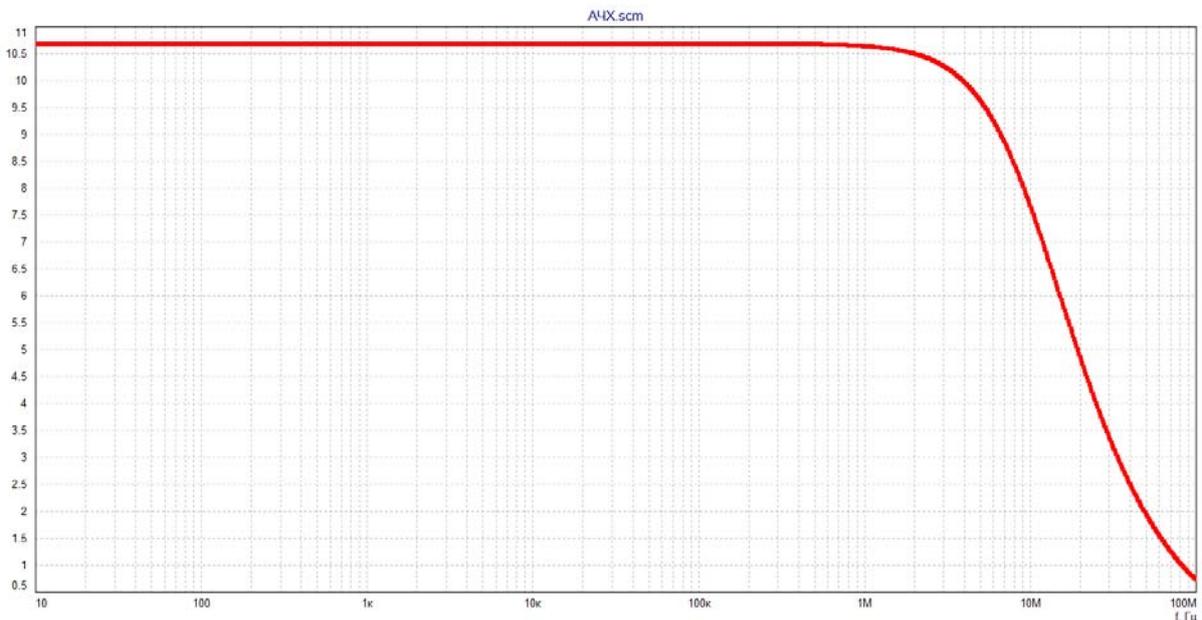
Рис. 1. Линейная модель биполярного транзистора

Результаты расчетов амплитудно-частотной характеристики каскада для значения $R_Э = 100$ Ом (резистор $R5$) и внутреннего сопротивления генератора $R_Г = 10$ кОм (резистор $R3$) приведены на рисунке 2. Приведенная на рисунке 2,а АЧХ соответствует выключению ООС за счет емкости $C_Э = 10$ мкФ (конденсатор $C3$), а АЧХ, приведенная на рисунке 2,б соответствует

наличию ООС (отсутствию конденсатора C_3). Результаты расчетов хорошо согласуются с теорией.



а)



б)

Рис. 2. АЧХ усилительного каскада: а) АЧХ соответствует выключению ООС за счет емкости $C_3 = 10$ мкФ, б) АЧХ соответствует наличию ООС

Кусочно-линейная «модель 2» $n-p-n$ -транзистора представлена на рисунке 3. В этой модели нормальный $\beta_N I_{B1}$ и инверсный $\beta_I I_{B2}$ сквозные токи транзистора моделируются с помощью зависимых источников тока ИТУТ1 и ИТУТ2, управляемых токами I_{B1} и I_{B2} соответственно. Зависящие от напряжений $u_{БЭ}$ и $u_{КЭ}$ диффузионная и барьерная емкости эмиттерного

перехода (конденсатор $C3$) и коллекторного перехода (конденсатор $C1$), заменены своими средними значениями, причем включение диффузионных емкостей происходит только при наличии токов I_{B1} и I_{B2} соответственно.

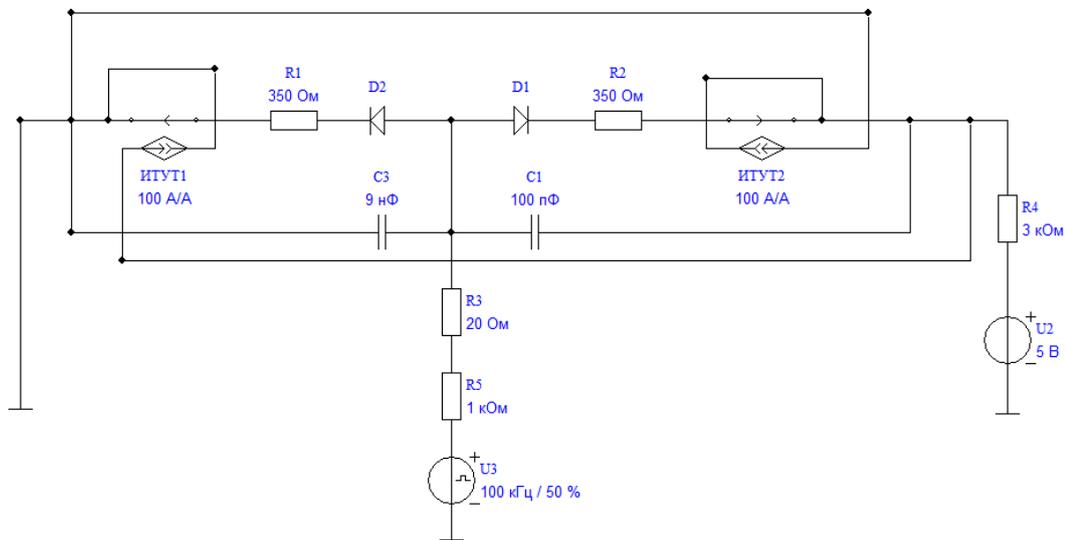


Рис. 3. Кусочно-линейная модель биполярного транзистора

На рисунке 4 приведены полученные с помощью «модели 2» осциллограммы входного напряжения и тока коллектора. Входной сигнал представляет собой меандр с $U_{\text{МАКС}} = 4 \text{ В}$ и $U_{\text{МИН}} = 0,1 \text{ В}$. На осциллограмме тока коллектора наглядно видны времена задержки включения и рассасывания и конечные времена фронтов. Изменяя $U_{\text{МАКС}}$ можно проследить изменение времени задержки и времени рассасывания. Таким образом, кусочно-линейная модель в первом приближении корректно отражает работу транзистора с импульсными сигналами и может быть использована в лабораторном практикуме для исследования электронных ключей.

Необходимо отметить, что рассмотренная модель оказывается достаточно грубой. В частности, неверно рассчитывается ток базы транзистора. Это объясняется тем, что в модели не учитывается зависимость диффузионных емкостей переходов от приложенных к ним напряжений. В дальнейшем будут исследованы нелинейные модели биполярного транзистора, которые должны обеспечить более высокую точность.

Необходимо отметить, что рассмотренная модель оказывается достаточно грубой. В частности, неверно рассчитывается ток базы транзистора. Это объясняется тем, что в модели не учитывается зависимость диффузионных емкостей переходов от приложенных к ним напряжений. В дальнейшем будут исследованы нелинейные модели биполярного транзистора, которые должны обеспечить более высокую точность.

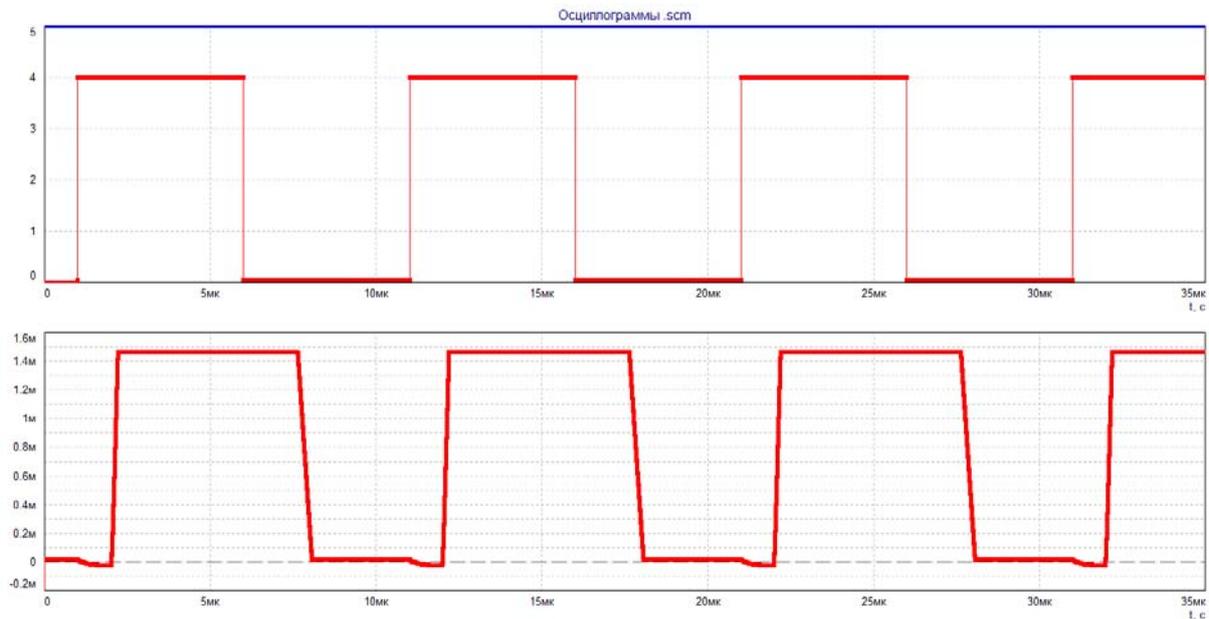


Рис. 4. Осциллограммы входного напряжения и тока коллектора

Список используемых источников

1. **Свидетельство** о регистрации № 2002610191 «Автоматизированная компьютерная программа быстрого расчета и оптимизации переходных и стационарных процессов в электрических цепях радиотехнических и телекоммуникационных устройств FASTMEAN» / Филин В. А., Смирнов В. М. ; Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.
2. **Виртуальная электроника** / Г. А. Кардышев. – М. : Горячая линия – телеком, 2002. – 260 с. – ISBN 5-93517-067-1.
3. **Полупроводниковая схемотехника. Т. 1** / У. Титце, К. Шенк; пер. с нем. – М. : Додека XXI век, 2008. – 832 с. – ISBN 978-5-94120-200-0.

УДК 621.372.512.34

Е. И. Бочаров, Е. В. Рынгач, Э. Ю. Седышев

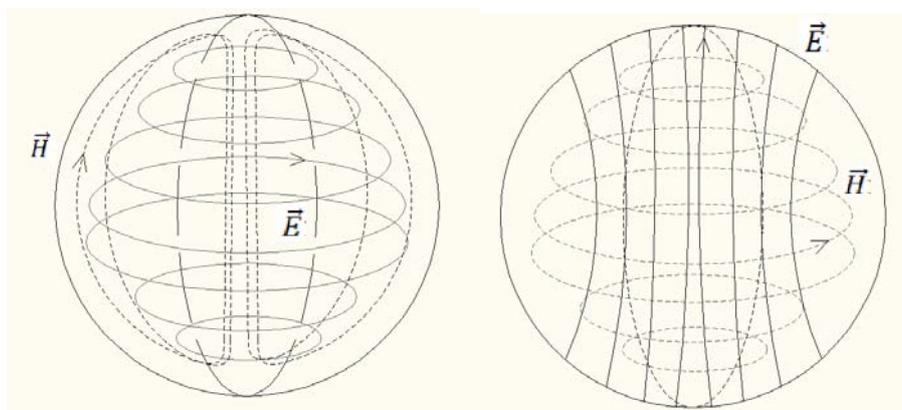
**ВОЗБУЖДЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВОЛН
В СФЕРИЧЕСКОМ ИЗЛУЧАТЕЛЕ ПУТЕМ ВЫБОРА
КОНФИГУРАЦИИ ПИТАЮЩЕГО ВОЛНОВОДА**

В работе рассмотрены возможные конфигурации питающего элемента нагруженного сферического резонатора и основные принципы выбора конфигурации питающего волновода для возбуждения различных типов волн в сферическом излучателе.

сферический резонатор, электрическая, магнитная и щелевая связь, питающий волновод, прямоугольный и цилиндрический волновод, излучение из открытого конца волновода.

В предыдущих работах была рассмотрена возможность использования объема сферического резонатора в качестве симметрирующего согласующего устройства (ССУ) антенных систем [1], в том числе с диаграммой направленности (ДН) изотропного характера [2], при переходе к частотам диапазонов СВЧ и КВЧ. В настоящей работе рассматриваются вопросы питания сферического излучателя.

Первоначально ограничим количество рассматриваемых типов волн сферического резонатора, исходя из требуемой конструкции антенной системы, которая в свою очередь определяется требуемой диаграммой направленности (ДН) и технологическими ограничениями производства. Простейшие типы колебаний представлены на рисунке 1 [3]. Требуемое распределение поверхностного тока для питания щелевых излучателей можно получить при использовании колебаний типа ТМ. С одной стороны, для улучшения изотропности ДН системы следует использовать колебания высших типов, с другой стороны невозможно в стенке сферического резонатора прорезать неограниченное количество щелевых отверстий, а также при увеличении порядка используемой моды значительно усложняется процесс настройки устройства, поэтому ограничим рассмотрение типов колебаний сферического резонатора модами $TM_{101-601}$. Резонансные частоты данных колебаний приведены в таблице.



а) Мода TE_{101}

б) Мода TM_{101}

Рис. 1. Простейшие типы колебаний сферического резонатора

ТАБЛИЦА. Соотношение параметров сферического резонатора и подводящего волновода. Тип колебаний сферического резонатора ТМ.

Тип волны в подводящем волноводе TM_{01}

Радиус сф. р-ра, мм	Но-мер моды	Резонанс-ная ча-стота, ГГц	Минимальный ра-диус цилиндриче-ского подводящего волновода, см	Отношение радиуса под-водящего волновода к ра-диусу сферического излу-чателя
80	1	1,638	71	0,88
	2	3,651	32	0,39

Радиус сф. р-ра, мм	Номер моды	Резонансная частота, ГГц	Минимальный радиус цилиндрического подводющего волновода, см	Отношение радиуса подводющего волновода к радиусу сферического излучателя
	3	5,560	21	0,26
	4	7,452	16	0,19
	5	9,337	13	0,15
	6	11,218	11	0,13
50	1	2,62	44	0,88
	2	5,841	20	0,39
	3	8,897	13	0,26
	4	11,923	10	0,19
	5	14,939	8	0,15
	6	17,949	7	0,13

Стандартными устройствами питания объемных резонаторов являются: электрический вибратор (рис. 2, а), магнитный вибратор (рис. 2, б) и щелевое отверстие (рис. 2, в). При электрической связи резонатора вектор E должен быть параллелен оси вибратора. При магнитном возбуждении – плоскость витка должна быть перпендикулярна силовым линиям магнитного поля, при дифракционной связи щелевые отверстия должны разрывать линии поверхностного тока. При этом элементы связи должны располагаться в максимумах соответствующего им параметра. В математической модели нагруженного сферического резонатора стандартные устройства питания учитываются введением сторонних электрического или магнитного токов. Использование приведенных схем питания позволяет относительно легко учитывать их при расчетах, а также согласовывать сферический излучатель с питающим фидером путем изменения их \vec{H} конструкций. Основным недостатком предложенных способов является их узкополосность, т. е. элемент питания конкретного размера позволяет возбуждать только одну моду сферического резонатора.

Для увеличения рабочей полосы частот системы предлагается использовать питание посредством открытого конца волновода, при этом конструкция волновода определяется распределением векторов E и H распространяющегося колебания, его резонансной частотой и критической частотой волновода. Целесообразно рассмотреть аксиально-симметричное питание сферы круглым волноводом.

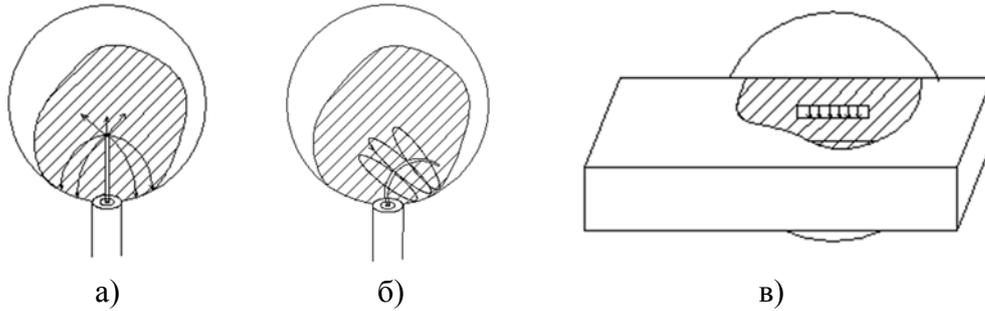


Рис. 2. Стандартные устройства питания сферического резонатора: а) электрический вибратор, б) магнитный вибратор, в) щелевое отверстие

Для цилиндрического волновода с магнитным типом колебаний имеем:

$$f_p = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{p\pi}{l}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{mn}}{r_0}\right)^2},$$

где l – длина волновода, r_0 – радиус волновода, μ_{mn} – корни производной функции Бесселя, m – соответствует числу полных периодов стоячих волн поля, укладываемых по окружности, n – характеризует число полупериодов стоячей волны поля, укладываемых по радиусу, p – соответствует числу полупериодов поля стоячей волны, укладываемых на длине волновода. Для электрического типа колебаний μ_{mn} заменяется на η_{mn} – корни функции Бесселя.

Следует отметить, что очень важную роль играет соотношение размеров волновода и сферического резонатора (рис. 3): если поперечный размер питающего волновода становится сравним с диаметром сферы, сферический резонатор теряет свои резонансные свойства.

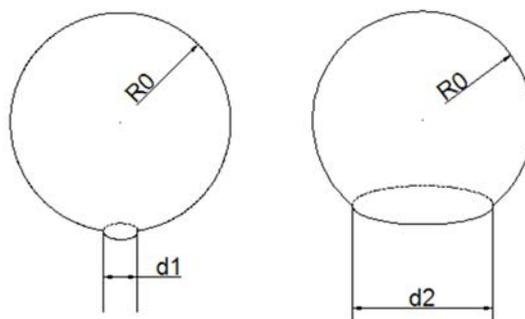
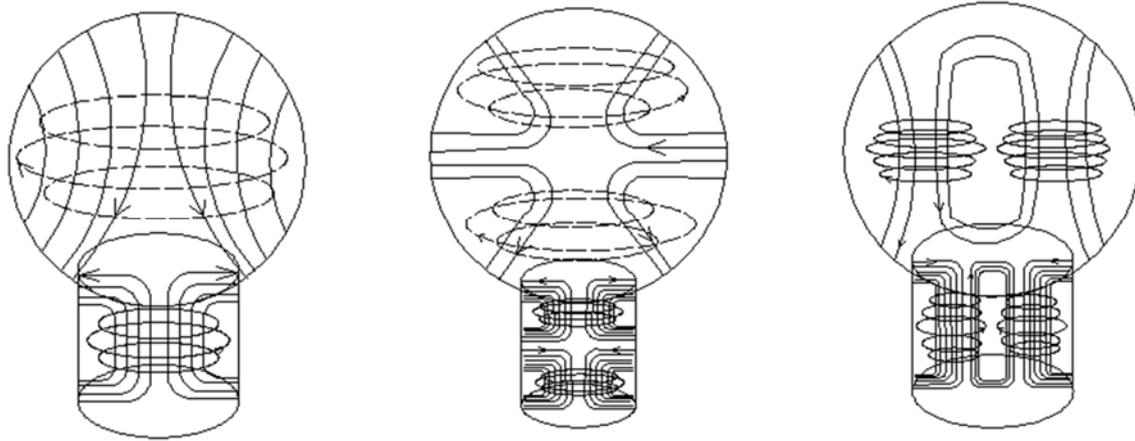


Рис. 3. Соотношение размеров питающего волновода и сферического резонатора

Трансформация поля волновода представлена на рисунке 4, другие параметры представлены в таблице. Сферический резонатор при этом можно

рассматривать как неоднородность волновода, нам лишь потребуется рассмотреть в дальнейшем возможность согласования подводящего волновода и сферического излучателя.



а) $TM_{01} \rightarrow TM_{101}$

б) $TM_{01} \rightarrow TM_{201}$

в) $TM_{01} \rightarrow TM_{102}$

Рис. 4. Трансформация поля подводящего цилиндрического волновода

В ходе работы было выявлено, что наиболее подходящим питанием для сферического излучателя является использование подводящего цилиндрического резонатора с волной типа ТМ.

Список используемых источников

1. **Анализ** математической модели нагруженного сферического резонатора / Е. В. Рынгач // II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 26–27 февраля 2013 г. – С. 402–404.

2. **Комбинированная антенная система на сферическом резонаторе**: дис. магистр техники и технологии : 210400 / Корнева Екатерина Владимировна. – СПб., 2010. – 92 с. – Библиогр.: с. 86–91.

3. **Поля и волны в современной радиотехнике** / С. Рамо, Дж. Уиннери; пер. с англ. Л. П. Лисовского, И. А. Полетаева, А. И. Шестакова, под ред. Ю. Б. Колзарева. – М.-Л. : Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1943. – 631 с.

4. **Электродинамика и распространение радиоволн** / Г. Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская. – М. : Советское радио, 1979. – 374 с.

УДК 621.396.67

И. А. Булатова, Э. Ю. Седышев

МИКРОВОЛНОВЫЕ СПИРАЛЬНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В МЕТАМАТЕРИАЛ

Рассмотрены возможности применения метаматериалов для улучшения характеристик печатных излучателей в составе объёмно-интегральных схем СВЧ.

спиральная антенна, объёмно-интегральные схемы СВЧ, метаматериалы, высокоимпедансная поверхность.

Предыдущие исследования [1] были посвящены вопросам синтеза антенны в составе объёмно-интегральной схемы СВЧ (ОИС СВЧ): выбору типа излучателя, способа питания, экранированию. В настоящее время в зарубежной и отечественной литературе публикуется много работ, посвящённых направлению «Метаматериалы». Теоретические и практические исследования в этой области говорят о том, что применение метаматериалов в антенной технике позволит улучшить характеристики излучателя и оптимизировать его размеры. В связи с этим, хотелось бы рассмотреть возможность использования метаматериалов при помещении антенны в объём интегральной схемы СВЧ.

Метаматериалы – это искусственно сформированные и особым образом структурированные среды, обладающие электромагнитными свойствами, сложно достижимыми технологически либо не встречающимися в природе.

Все многообразие естественных и искусственных сред можно классифицировать в зависимости от эффективных значений их диэлектрической (ϵ) и магнитной (μ) проницаемостей.

Если $\epsilon > 0$ и $\mu > 0$, материал называется дважды положительными или правосторонним (*double positive* – DPS). Если $\epsilon < 0$ и $\mu > 0$, материал называют ϵ -отрицательным (ENG), если $\epsilon > 0$ и $\mu < 0$ – μ -отрицательным (MNG). Если $\epsilon < 0$ и $\mu < 0$, материал называют дважды отрицательными или левосторонним (*double negative* – DNG).

По способу исполнения антенны на основе метаматериалов можно разделить на несколько категорий [2], для нас наиболее интересны антенны, окружённые слоем метаматериала. Остальные исполнения обладают рядом конструктивных и технологических недостатков.

Основная идея заключается в том, чтобы согласовать электрически малую антенну, сопротивление излучения которой имеет ёмкостной характер

(электрический диполь), с окружающей средой при помощи материала, сопротивление которого имеет индуктивный характер (дважды отрицательный и ϵ -отрицательный материалы).

По аналогии магнитный диполь можно согласовать при помощи μ -отрицательного материала.

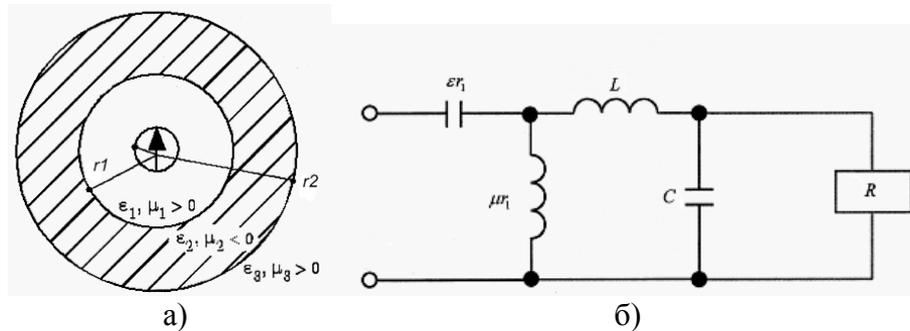


Рис. 1. Электрический диполь, окруженный метаматериалом (а) и его эквивалентная схема (б)

Таким образом, эквивалентная схема электрически малого излучателя, окружённого метаматериалом, представляет собой классический резонансный LC контур, работающий в определённом частотном диапазоне (рис. 1, б) [3]. Недостатком такого типа антенн являются высокие потери и узкая полоса пропускания, влияние дисперсии в материале, сложность изготовления на высоких частотах.

Реализация этого принципа в двухмерном пространстве представлена на рисунке 2. Метаматериал принимает вид элементарной ячейки, в большей, напоминающей некоторое включение (распределённая или сосредоточенная, или индуктивность) [4]. Такие антенны получили название «EZ-антенны».

Недостатком в данном случае является то, что согласующая ячейка должна находиться в ближней зоне излучателя. На высоких частотах это может привести к необходимости изготовления очень узкого зазора.

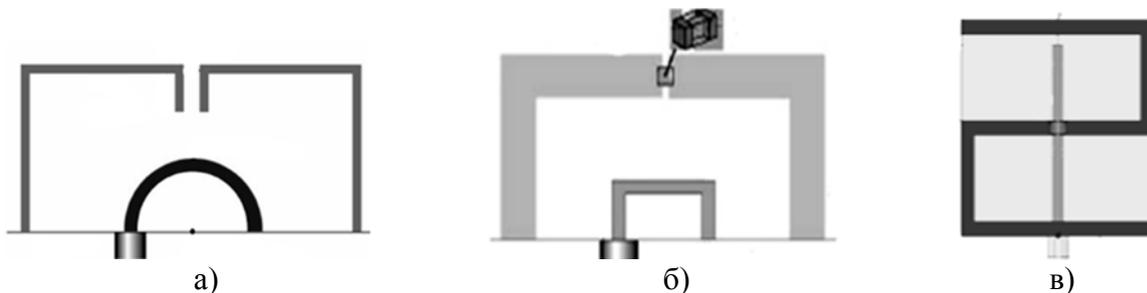


Рис. 2. Вид сверху на печатную плату с магнитным диполем, согласованным при помощи распределённой (а) и сосредоточенной (б) ёмкости, и с электрическим диполем, согласованным при помощи распределённой индуктивности (в)

Во-вторых, говоря об электрически малой антенне, авторы не учитывают используемую земляную плоскость, которая имеет значительные габариты по сравнению с антенной. Например, на частоте 570 МГц может достигать 457,2 мм² при максимальном линейном размере антенны 30 мм (рис. 3) [5].

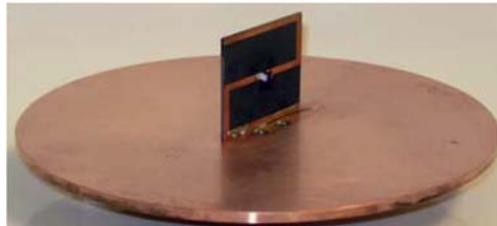


Рис. 3. Расположение EZ-антенны 570 МГц над земляной плоскостью

Расположение антенны относительно направления излучения, громоздкая земляная плоскость не позволяют интегрировать её в ОИС СВЧ в качестве миниатюрной антенны, работающей в узком диапазоне частот. Однако, принцип согласования с окружающей средой может быть использован при конструировании других печатных излучателей в составе ОИС (кольцевого, прямоугольного, щелевого) для достижения малой электрической длины.

Ко второму типу антенн, окружённых метаматериалом, можно отнести антенны, расположенные над высокоимпедансной поверхностью.

Как правило, в антеннах используется отражающая земляная плоскость в виде металлического листа. Чтобы такая антенна эффективно работала, её необходимо разместить на расстоянии $\lambda/4$ от земляной плоскости поскольку фаза коэффициента отражения постоянна и равна π .

Изменение структуры проводящей плоскости позволяет изменить её радиочастотные электромагнитные свойства. В работе [6] описана поверхность, фаза коэффициента отражения которой зависит от частоты – высокоимпедансная поверхность или электромагнитный материал с запрещённой зоной (*electromagnetic bandgap*, EBG материал). Около резонансной частоты на участке, где фаза варьируется в пределах от $-\pi/2$ до $+\pi/2$, поверхностный импеданс превышает импеданс свободного пространства. Внутри этого диапазона зеркальные токи находятся в большей степени в фазе, и антенна может непосредственно лежать на высокоимпедансной поверхности при сохранении КПД, что позволяет минимизировать габариты антенны.

Пример высокоимпедансной поверхности (ВП) приведён на рисунках 4а, 4б. Она состоит из сетки металлических шестиугольников (сот), соединённых со сплошным металлическим слоем при помощи вертикальных проводящих отверстий. Такую структуру можно изготовить в виде печатной платы, что очень технологично.

Эквивалентная схема такой поверхности представляет собой сеть из параллельных *LC* резонансных контуров (рис. 4, в), которая работает как двумерный электрический фильтр, блокируя поверхностные токи. Благодаря

этому уменьшается излучения назад и боковые лепестки, ДН становится более симметричной, повышается направленность и КПД антенны. Окружив расположенные рядом излучатели высокоимпедансной поверхностью, можно исключить их взаимное влияние [6].

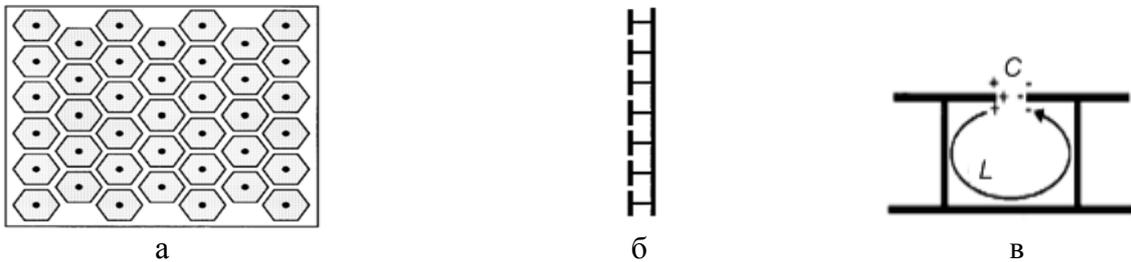


Рис. 4. Высокоимпедансная поверхность: вид сверху (а), сбоку (б); эквивалентная схема ячейки поверхности (в)

Использование высокоимпедансной поверхности позволяет улучшить полосу частот согласования и ДН как узкополосных, так и широкополосных излучателей, что особенно важно, так как в предыдущих исследованиях наиболее перспективным для интеграции в ОИС был признан широкополосный спиральный печатный излучатель [1].

В работе [7] исследована спиральная антенна, расположенная над (ВП). Излучатель спроектирован для работы в диапазоне частот от 8 до 18 ГГц. Для увеличения ширины полосы пропускания материалом подложки выбран магнитодиэлектрик. Расстояние от излучателя до земляной плоскости составило $\lambda/105$ на центральной частоте 14 ГГц. При использовании в качестве земляной плоскости сплошного металлического листа антенна не излучает. При использовании ВП полоса пропускания равна 30,9 % для диэлектрика с $\mu = 1$ и 83,9 % – для $\mu = 6$, что составляет диапазон частот от 9 до 19 ГГц с КСВн не более 2 (рис. 5, б). Сдвиг по частоте рабочего диапазона вверх на 1 ГГц объясняется наложением ближних полей ВП и антенны. При этом коэффициент усиления составил 6,2 дБ, коэффициент обратного излучений антенны – 16 дБ (рис. 5, в).

Исследование [8] показало, что наложение ближних полей высокоимпедансной поверхности и спиральной антенны приводит также к увеличению коэффициента эллиптичности: поляризация антенны становится линейной. Для сохранения круговой поляризации требуется убрать ячейки ВП, расположенные непосредственно под излучателем.

Таким образом, при интеграции в ОИС СВЧ узкополосных излучателей наиболее перспективным представляется применение метаматериалов для согласования излучателя с окружающим пространством (миниатюризация) и экранирования (увеличение рабочей полосы частот и повышение КПД антенны).

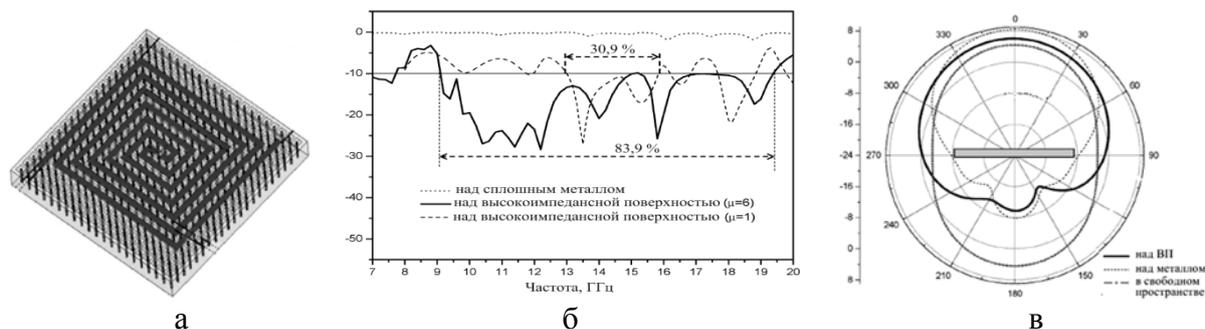


Рис. 5. Спиральный излучатель над ВП (а), зависимость коэффициента отражения (б) и диаграмма направленности (в) от частоты для разных земляных плоскостей

Стоит отметить, что во всех приведённых работах питание осуществлялось идеальным источником. Не рассмотрен случай, когда спиральная антенна расположена в плоскости высокоимпедансной поверхности. Эти вопросы требуют дальнейшего изучения.

Список используемых источников

1. **Расчёт** и анализ спиральных излучателей для ОИС СВЧ с линейным и логарифмическим подъёмом токонесущей частоты / В. В. Ветров, Э. Ю. Седышев, И. А. Усатова // III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании», СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия, 25–26 февраля 2014 г. – С. 554–559.
2. **Малогобаритные** антенны на основе метаматериалов (Практические аспекты) / С. Н. Бойко, В. Г. Веселаго, Е. А. Виноградов, А. А. Жуков // Антенны. – 2012. – Вып. 12. – С. 32–41.
3. **Application** of Double Negative Materials to Increase the Power Radiated by Electrically Small Antennas / R. W. Ziolkowski, A. D. Kiple // IEEE Transaction on Antennas and Propagation. – 2003. – V. AP-51. – N 10. – PP. 2626–2640.
4. **Metamaterial-Insperid** Efficient Electrically Small Antennas / A. Erentok, R. W. Ziolkowski // IEEE Transaction on Antennas and Propagation. – 2008. – V. AP-56. – N 3. – PP. 691–707.
5. **Design** and experimental verification of Z antennas at UHF frequencies / R. W. Ziolkowski, P. Jin, J. A. Nielsen, M. H. Tanielian, C. L. Hollowai // IEEE Antennas Wireless Propagation Letters. – 2009. – V. 8. – PP. 1329–1332.
6. **High-Impedance** Electromagnetic Surfaces with Forbidden Frequency Band / D. L. Sievenpiper, R. F. Zhang, R. F. J. Broas N. G. Alexopolous, E. Yablonovitch // IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques. – 1999. – V. MT-47. – N 11. – PP. 2059–2074.
7. **Enhanced** Bandwidth Artificial Magnetic Ground Plane for Low-Profile Antennas / L. Yousefi, B. Mohajer-Iravani, O. M. Ramahi // IEEE Antennas Wireless Propagation Letters. – 2007. – Vol. 6. – PP. 289–292.
8. **Low profile** equiangular spiral antenna backed by an EBG Reflector / H. Nakano // IEEE Transactions on antennas and propagation. – 2009. – V. 57. – N 5. – PP. 1309–1318.

УДК 53.043, 539.196.3

Г. Л. Климчицкая, А. Б. Федорцов, В. А. Юрова

**ДИСПЕРСИОННЫЕ СИЛЫ В СТРУКТУРАХ
МЕТАЛЛ–ДИЭЛЕКТРИК–ПОЛУПРОВОДНИК
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ РАЗЛИЧНЫХ СОСТАВОВ**

Представлены результаты теоретического исследования величины давления, создаваемого дисперсионными силами на слой диэлектрика, в широко используемых в производстве интегральных схем структурах металл–диэлектрик–полупроводник (МДП) на основе кремниевой подложки. Установлены зависимости расчетной величины давления дисперсионных сил в МДП–структурах интегральных схем от электрооптических параметров слоев, характерных для современной электронной техники.

давление дисперсионных сил; теория Лифшица; МДП-структура; диэлектрик; металл.

Дисперсионными называют силы взаимодействия объектов, которые носят универсальный характер, обусловлены длинноволновым флуктуационным электромагнитным полем (силы Ван-дер-Ваальса), и могут учитывать эффекты запаздывания электромагнитного поля (силы Казимира-Польдера) [1]. Исследования дисперсионных сил являются актуальными и представляют практический интерес в связи с развитием техники наноэлектронных и наноэлектромеханических систем, так как эти силы могут накладывать ограничения на дальнейшую миниатюризацию современной электронной техники [2], или, наоборот, могут служить основой для разработки новых устройств, принцип работы которых основан на действии дисперсионных сил. Например, устройств памяти, контроллеров движения микроэлектромеханических устройств и т. д.

В настоящее время развитие электронной техники привело к тому, что расстояния между проводящими частями интегральных схем и компонентов находятся в диапазоне действия дисперсионных сил. Большинство теоретических и экспериментальных работ по исследованию дисперсионных сил, как правило, проводятся для несколько абстрактных систем, в которых взаимодействующие объекты представляют собой различные конфигурации (металлические сферы, цилиндры, отдельные атомы и молекулы и пр.) [1, 3, 4]. Однако исследованием дисперсионных сил в структурах, которые широко используются в электронной технике, практически не занимаются. Поэтому актуальной является задача исследования дисперсионных сил в структурах, которые широко применяются в современной электронной технике.

Некоторые аспекты задачи рассматривались нами в работах [5]–[7], в которых впервые были получены значения давления, создаваемого дисперсионными силами на слой диэлектрика, в структурах на основе Si–SiO₂. Эти структуры широко используются в электронной технике как основа полупроводниковых интегральных схем, полевых транзисторов, приборов с зарядовой связью, конденсаторов и т. д. В качестве электрода был рассмотрен металлический слой, выполненный из алюминия. Для вычислений использовались параметры структур, которые характерны для современной полупроводниковой электроники.

На рисунке 1 показана зависимость расчетной величины давления, создаваемого дисперсионными силами на слой диэлектрика, в структуре Si–SiO₂–Al от толщины слоя SiO₂ в диапазоне значений от 40 нм до 3 нм в состоянии теплового равновесия ($T = 300$ К). Знак «минус» отвечает силе притяжения между взаимодействующими слоями металлизации и полупроводника.

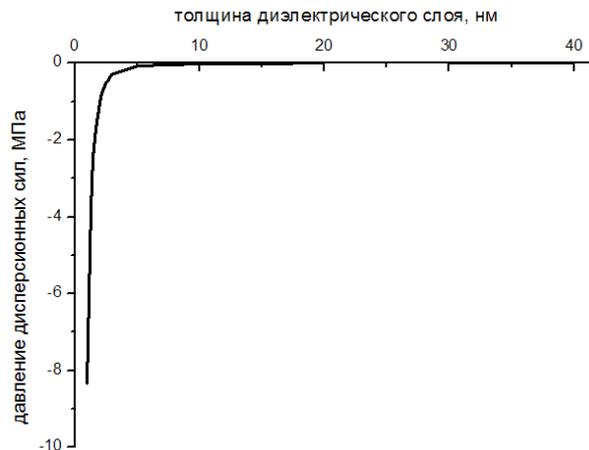


Рис. 1. Зависимость расчетной величины давления дисперсионных сил от толщины диэлектрического слоя в структуре Si–SiO₂–Al

Результаты вычислений показали, что при уменьшении толщины диэлектрического слоя от 40 нм до 3 нм расчетная величина давления дисперсионных сил в исследуемой МДП–структуре резко, на шесть порядков, возрастает от 70 Па до 0,3 МПа. И, значит, дисперсионные силы могут оказывать существенное влияние на функционирование приборов.

Было проведено теоретическое исследование влияния толщины слоя металлизации на величину давления дисперсионных сил, действующих в структурах Si–SiO₂–Al при фиксированной толщине диэлектрического слоя ($a = 40$ нм). Установлено, что толщина металлизации в диапазоне реально используемых величин не оказывает заметного влияния на результат.

Представляет интерес исследование теоретической зависимости величины давления дисперсионных сил на слой диэлектрика, от типа материала, который используется в качестве диэлектрического слоя и слоя металлиза-

ции в МДП–структурах. Для этого были рассмотрены структуры, выполненные на основе Si–SiO₂ с металлизацией из палладия (Pd) и платины (Pt). Эти структуры наравне с Si–SiO₂–Al получили широкое применение в таких приборах на основе интегральных схем как датчики водорода для систем аккумулирования, хранения и индикации в водородной энергетике [8]. Такие приборы позволяют измерять высокие, и низкие концентрации водорода. Принцип действия газовых датчиков основан на процессах адсорбции атомов различных газов (водород, кислород, азот и другие) на поверхности металлов и их оксидов, в результате чего атомы газа действуют как доноры электронов.

Для исследования расчетной зависимости давления дисперсионных сил от электрооптических параметров диэлектрического слоя помимо структуры Si–SiO₂–Al была рассмотрена структура, в которой роль диэлектрического слоя выполняет нитрид кремния Si₃N₄ [9]. Этот материал обладает высокой диэлектрической проницаемостью по сравнению с SiO₂.

Расчеты проводились с использованием макроскопического подхода, в котором взаимодействующие тела рассматриваются как сплошные среды. Это обосновано тем, что хотя расстояния между поверхностями тел предполагаются малыми по абсолютной величине, но большими по значению с расстояниями между атомами в телах. Макроскопический подход и теория Лифшица, основанная на данном приближении, являются справедливыми для диапазона расстояний между взаимодействующими объектами от доли нанометров до нескольких сотен микрон [1, 6, 7, 10].

Так как характерные размеры исследуемых наноразмерных МДП–структур, и, значит, характерные длины волн электромагнитных флуктуаций превышают атомные размеры по величине, то все свойства этих флуктуаций и их вклад в величину дисперсионного давления можно выразить через комплексную диэлектрическую проницаемость материалов слоев. В настоящее время толщины слоев исследуемых полупроводниковых структур составляют менее 50 нм, поэтому расчет комплексной диэлектрической проницаемости материалов (Si, SiO₂, Si₃N₄, Al, Pd, Pt) проводился на основе экспериментальных данных [11] для комплексного показателя преломления и поглощения в широком диапазоне частот и соотношений Крамерса-Кронига. Квантовомеханические расчеты величины давления, создаваемого на слой диэлектрика дисперсионными силами в МДП–структуре, проводились в компьютерной алгебраической среде Mathematica версии 5.0 компании Wolfram Research. Алгоритмы программ расчетов давления дисперсионных сил, действующих на слой диэлектрика в наноразмерных структурах на основе Si–SiO₂, представлены в [12].

В результате проведенных расчетов получили следующие неравенства во всем диапазоне частот для рассматриваемых слоистых структур:

$\varepsilon^{(Me)}(i\xi) > \varepsilon^{(Si)}(i\xi) > \varepsilon^{(diel)}(i\xi)$. Это означает, что дисперсионное взаимодействие между слоями алюминия и кремния, палладия и кремния является притягивающим для любой толщины диэлектрического слоя SiO_2 .

Нами были рассмотрены МДП структуры с толщиной слоя SiO_2 , равной $a_{diel} = 50$ нм, при температуре $T = 300$ К. Из рисунка 2 видно, что расчетная величина дисперсионного давления изменяется менее чем на 1 % при уменьшении толщины металлического слоя от 100 нм до 40 нм. Эти значения соответствуют диапазону толщин, реально используемых в электронной технике. Ранее [5]–[7] нами было установлено, что расчетное давление слабо зависит от моделей (Друде и плазменная), которые используются для описания функции диэлектрической проницаемости металлического слоя от частоты в МДП-структурах на основе Si.

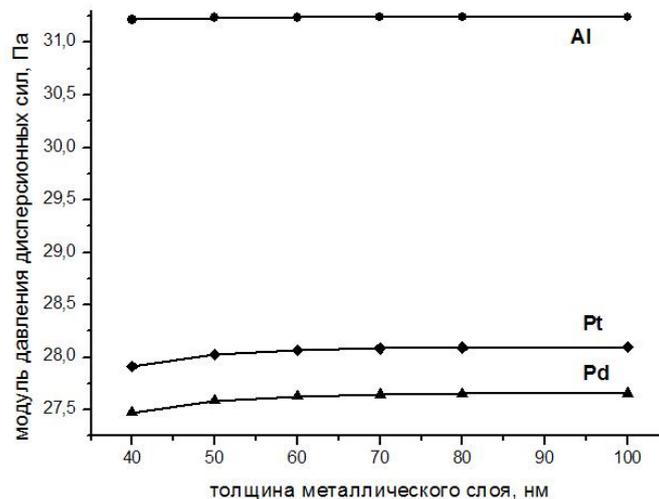


Рис. 2. Расчетная зависимость модуля давления дисперсионных сил от толщины металлического слоя в МДП-структуре на основе Si–SiO₂

Относительное изменение значения дисперсионного давления сохраняется при изменении толщины диэлектрического слоя SiO_2 от 50 нм до 10 нм и связано с соотношением диэлектрических проницаемостей материалов, из которых выполнена МДП-структура, в области малых и средних частот: $\varepsilon^{(Al)}(i\xi) > \varepsilon^{(Pt)}(i\xi) > \varepsilon^{(Pd)}(i\xi)$.

Теперь рассмотрим МДП-структуры в состоянии теплового равновесия ($T = 300$ К) с разными материалами диэлектрического слоя и фиксированной толщиной слоя Al, равной $d_{Al} = 80$ нм. Характер расчетной зависимости давления дисперсионных сил в МДП-структуре соответствует представленному графику на рисунке 1 и сохраняется при изменении материала, используемого в качестве диэлектрика. Результаты вычислений величины давления, оказываемого дисперсионными силами на диэлектрический слой в исследуемых МДП-структурах, приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Расчетные значения модуля давления дисперсионного давления в МДП-структурах при различных параметрах диэлектрического слоя

Толщина д/э слоя, нм	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50
$ P^{(SiO_2)} $, Па	$8,4 \cdot 10^6$	$0,3 \cdot 10^6$	63310	7215	1948	752	354	190	111	69	31
$ P^{(Si_3N_4)} $, Па	$4,0 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$	30615	3548	969	377	178	96	56	35	16

Таким образом, получили, что относительное изменение расчетной величины давления дисперсионных сил сильно зависит от толщины диэлектрического слоя. Эта величина также зависит от типа используемых материалов в качестве диэлектрического слоя в МДП-структуре. Уменьшение величины дисперсионного давления почти на 30 % при исследовании структур с разным типом диэлектрического слоя (SiO_2 или Si_3N_4) связано с соотношением диэлектрических проницаемостей веществ в области малых и средних частот: $\epsilon^{(Si_3N_4)}(i\xi) > \epsilon^{(SiO_2)}(i\xi)$. Рассмотренный диапазон толщин диэлектрического слоя соответствует реально получаемым значениям толщин в современной электронике.

Анализ полученных результатов показывает, что относительное изменение расчетной величины дисперсионного давления слабо зависит от типа используемых материалов в качестве металлического слоя в МДП-структуре. Толщина металлического слоя в диапазоне толщин, реально используемых в современной электронике, практически не влияет на эту величину. В то же время установлена сильная зависимость расчетной величины давления, создаваемого дисперсионными силами на слой диэлектрика в МДП-структуре, от таких параметров диэлектрического слоя, как толщина и электрооптические свойства материала, из которого выполнен слой.

Таким образом, дисперсионные силы могут оказывать влияние на работу интегральных схем, основанных на полупроводниковых наноразмерных слоистых структурах. Поэтому актуальной остается задача дальнейшего изучения дисперсионных сил в реальных структурах и их возможного влияния на работу современной полупроводниковой техники. Это позволит определить тот рубеж, при котором дисперсионные силы становятся значительными, и даст возможность устранения нежелательного действия этих явлений или их использования в работе элементов полупроводниковой электроники.

Список используемых источников

1. **Статистическая физика.** Часть 2. Теория конденсированного состояния. Серия: Теоретическая физика. Т. IX / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М. : Физматлит, 2001. – 496 с. – ISBN 5-9221-0296-6/
2. **Metastability and the Casimir effect in micromechanical systems** / E. Buks, M. L. Roukes // *Europhysics Letters* – 2001 – Vol. 54, No 2. – PP. 220–226.

3. **Модуляция** силы Казимира лазерными импульсами: влияние окисных пленок на поверхности кремния // Г. Л. Климчицкая, М. Н. Букина, Ю. В. Чуркин, В. А. Юрова // Физика твердого тела. – 2010. – Т. 52, № 10. – С. 1897–1902.

4. **Dispersion** interaction of atoms with singlewalled carbon nanotubes described by the Dirac model / Yu. V. Churkin, A. B. Fedortsov, G. L. Klimchitskaya, V. A. Yurova // International Journal of Modern Physics A. – 2011. – Т. 26, № 22. – С. 3958–3966.

5. **Давление** силы Казимира на слой диэлектрика в структурах металл-диэлектрик-полупроводник / А. Б. Федорцов, Г. Л. Климчицкая, Ю. В. Чуркин, В. А. Юрова // Физика твердого тела. – 2011. – № 53. – С. 1820–1825.

6. **Исследование** особенностей проявления дисперсионных сил в наноразмерных слоистых структурах на основе кремния : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.10 / Юрова Валентина Александровна. – СПб., 2013. – 20 с.

7. **Давление** силы Казимира на слой диэлектрика в наноразмерных слоистых твердотельных структурах алюминий–оксид кремния–кремний / А. Б. Федорцов, Г. Л. Климчицкая, Ю. В. Чуркин, В. А. Юрова // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. – 2012. – Т. 3, № 153. – С. 22–28.

8. **Hierarchical** nanostructured semiconductor porous materials for gas sensors / I. E. Gracheva, V. V. Kuznezov, A. I. Maximov // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2010. – No 356. – PP. 2020–2025.

9. **Электронная** структура нитрида кремния / В. А. Гриценко // Успехи физических наук. – 2012. – Т. 182, No 5. – С. 531–541.

10. **Силы** Ван-дер-Ваальса / Ю. С. Бараш. – М. : Наука, 1988 – 344 с. – ISBN 5-02-013818-5.

11. **Handbook** of optical constants of solids. Vol. I / ed. E.D. Palik. – USA, NY: Academic Press, 1985. – 749 p.

12. **Свидетельство** № 2012612343 Российская Федерация. Комплекс программ «Квантовомеханический расчёт давления, оказываемого силой Казимира на слой диэлектрика в МДП-структуре, при толщинах диэлектрика от 1 нм до 1000 нм» / А. Б. Федорцов, Г. Л. Климчицкая, Ю. В. Чуркин, В. А. Юрова; № 20126100004; заявл. 10.01.2012; опубл. 05.03.2012.

УДК 621.396

О. В. Косарев

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛИКА ЦИФРОВОГО СОГЛАСОВАННОГО УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА С УЧЕТОМ РАЗРЯДНОСТИ КВАНТОВАНИЯ

Устройства цифровой согласованной обработки широко применяются для обнаружения импульсных радиотехнических сигналов. В качестве опорного возможно использование исходного сигнала, оцифрованного и записанного в устройство памяти. Представляет интерес вероятностная оценка зависимости отклика устройства согласованной обработки от разрядности квантования сигналов.

согласованная обработка, радиотехнические сигналы.

Большое значение при выполнении операций цифровой согласованной обработки имеет разрядность выборок сигнала и частота дискретизации. Влияние разрядности квантования выборок входного сигнала на амплитуду отклика цифрового согласованного устройства показано в [1]. Рекомендованное число разрядов – 10...12.

Известна методика определения величины отклика согласованного фильтра при аналоговой обработке. Применить ее в случае цифровой обработки не представляется возможным, так как она не позволяет количественно оценить влияние разрядности квантования входного сигнала на амплитуду отклика цифрового согласованного устройства. В работе предлагается методика расчета величины отклика цифрового согласованного устройства обработки сигналов с учётом разрядности квантования.

В ряде случаев представляется возможным обнаружение воздушных целей по переотраженным сигналам внешних источников излучения. В этом случае прямой сигнал внешнего источника излучения используется в качестве опорного [2].

Разработанная методика основана на использовании совместной плотности распределения вероятности принимаемого и опорного сигналов. Плотность вероятности суммы гармонического сигнала со случайной равномерно распределенной начальной фазой и гауссовского стационарного шума с нулевым математическим ожиданием известна [3]:

$$p_{\xi}(x) = \frac{1}{\pi \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot D_x}} \cdot \int_0^{\pi} \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{(x - A \cdot \cos(\varphi))^2}{D_x} \right] d\varphi, \quad (1)$$

где: D_x – дисперсия гауссовского шума; A – амплитуда гармонического сигнала; φ – случайная фаза гармонического сигнала.

В момент полного совпадения, принимаемого и опорного сигналов их фазы можно считать случайными, но одинаковыми. Выражение для совместной плотности вероятности принимаемого и опорного сигналов имеет вид:

$$p_{xy}(x, y) = \frac{1}{2 \cdot \pi^2 \cdot \sqrt{D_x \cdot D_y}} \cdot \int_0^{\pi} \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{(x - A \cdot \cos(\varphi))^2}{D_x} + \frac{(y - B \cdot \cos(\varphi))^2}{D_y} \right) \right] d\varphi, \quad (2)$$

где: D_x – дисперсия гауссовского шума в приемном канале; D_y – дисперсия гауссовского шума в опорном канале; A – амплитуда гармонического сигнала в приемном канале; B – амплитуда гармонического сигнала в опорном канале.

При отсутствии в аддитивной смеси гармонического сигнала выражение (2) упрощается до известного выражения совместной плотности вероятности двух независимых нормальных шумов с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями.

Совместная плотность вероятности (2) при наличии гармонических сигналов в обоих каналах представлена на рисунке.

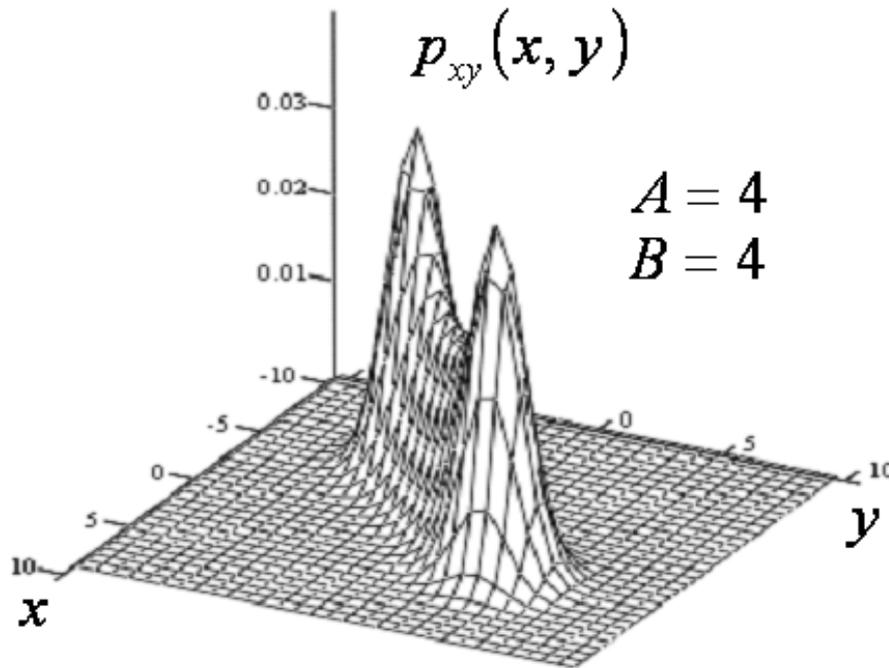


Рисунок. Совместная плотность вероятности принимаемого и опорного сигналов

Величина отклика цифрового согласованного устройства обработки сигналов рассчитывается как математическое ожидание от совместной плотности вероятности:

$$M_{xy} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot y \cdot p_{xy}(x, y) dx dy. \quad (3)$$

В случае амплитудного квантования математическое ожидание рассчитывается по формуле:

$$M[x \cdot y] = \sum_{j=1}^{2^n} \sum_{k=1}^{2^n} x \cdot y \cdot \int \int_{\Delta j \Delta k} p_{xy}(x, y) dx dy, \quad (4)$$

где n – количество разрядов квантования; $\Delta j \Delta k$ – области интегрирования, ограниченные интервалом квантования.

Полученное выражение (4) позволяет аналитически рассчитать величину отклика цифрового согласованного устройства обработки сигналов

с учетом разрядности квантования. Результаты расчета совпадают с результатами, полученными путем математического моделирования.

Список используемых источников

1. **Основы** проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин. – М. : Радио и связь, 1986. – 352 с.
2. **Обнаружение** целей с использованием «постороннего» источника излучения / В. Е. Гладков // Радиотехника. – 1997. – № 9. – С. 42–44.
3. **Статистическая** радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982. – 624 с.

УДК 621.396.67

А. Р. Кубалова

**СИНТЕЗ СТУПЕНЧАТОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА
С ДИССИПАТИВНЫМИ ПОТЕРЯМИ**

Разработан модифицированный метод синтеза микроволновых ступенчатых эллиптических фильтров. Результаты теоретических расчетов хорошо согласуются с экспериментальными исследованиями ЭФ.

полосковая линия, сосредоточенная емкость, закороченная линия, полосно-пропускающий фильтр, прототип, решетки связанных резонаторов, эллиптическая характеристика затухания, преобразование емкостных матриц, инженерная методика.

В статье проведена модернизация инженерного метода синтеза микроволнового объемного узкополосного ЭФ с реализацией на СПЛ по рабочим параметрам.

Исследуемая структура фильтра состоит из двух параллельно соединенных решеток связанных заземленных стержней различной длины, что позволяет уменьшить габариты конструкции по сравнению с другими реализациями фильтра. Существующий метод синтеза подобного типа фильтров основан на двойном частотном преобразовании Ричардса, которое позволяет перейти от значений сосредоточенных элементов низкочастотного фильтра прототипа (ФПНЧ) к полосно-пропускающему фильтру (ППФ) на распределенных элементах. Используемые в методе преобразования являются эквивалентными только в узком диапазоне частот, поэтому анализируемая структура может использоваться только для проектирования узкополосных фильтров (полоса пропускания до 5–8 %). Частотное преобразование:

$$\Omega = a \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg} \theta_0} - \frac{\operatorname{tg} \theta_0}{\operatorname{tg} \theta} \right),$$

где: Ω – нормированная частота прототипа НЧ, a – постоянная преобразования, $\operatorname{tg} \theta$ – новая частотная переменная, θ_0 – электрическая длина отрезков линий передач СВЧ структуры.

У фильтров, рассчитанных существующим методом, в ряде случаев наблюдается значительное смещение центральной частоты, неравномерность в полосе пропускания. Такие фильтры требуют серьезной настройки и доработки. Поэтому необходима модернизация метода синтеза микроволновых объемных узкополосных ступенчатых эллиптических фильтров.

Инженерный метод расчета можно разделить на два этапа: электрический и конструктивный расчеты.

Приведена методика [1] электрического расчета узкополосных ступенчатых ЭФ, проиллюстрированная синтезом ПДФ с параметрами $f_0 = 3,7$ ГГц, $2 \cdot \Delta f = 38$ МГц, $A_{\max} \leq 0,1$ дБ, $A_{\min} \geq 40$ дБ, $R_H = 50$ Ом и воздушным заполнением ($\varepsilon_r = 1$) без учета диссипативных потерь.

Модернизация конструктивного расчета связана с эквивалентным преобразованием ёмкостных матриц для получения структур с реализуемыми геометрическими параметрами. Ступенчатый ЭФ является соединением двух фильтров на встречных стержнях, электрический расчет которых производится параллельно, поэтому при прямом вычислении геометрических параметров с помощью ёмкостных матриц каждой из цепей по графикам Гетзингера в ряде случаев наблюдается разрыв частей ступенчатых стержней, их перекрытие или получение нереализуемых размеров резонаторов.

Анализ научной литературы по проектированию фильтров [2] на встречных стержнях и проведенные инженерные расчеты показали, что для получения структуры с приемлемыми геометрическими размерами решеток следует предварительно задать диагональным элементам новой ёмкостной матрицы значения: полная нормированная ёмкость узлов после преобразования должна равняться 7–12, а нормированные ёмкости между узлами – 1–5, из которых находятся необходимые масштабные множители для недиагональных элементов матрицы. Вводятся коэффициенты трансформации для элементов главной диагонали и взаимных элементов. По преобразованным ёмкостным матрицам, используя графики Гетзингера, определяются зазоры между стержнями и боковыми стенками. Рассчитываются ширина стержней и длина стержней.

Проведен конструктивный расчет ЭФ. В результате получен фильтр, конструкция которого представлена на рисунке 1.

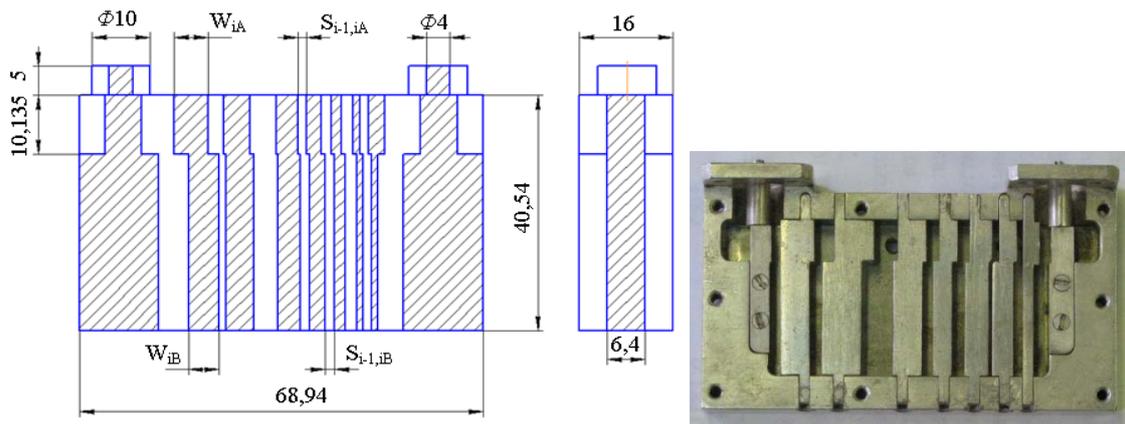


Рис. 1. Рассчитанная «вручную» конструкция и экспериментальный макет ступенчатого ЭФ на решетке прямоугольных стержней без учета диссипативных потерь

Было проведено экспериментальное исследование микроволнового объемного узкополосного ступенчатого ЭФ седьмого порядка, реализованного на СПЛ с прямоугольным типом стержней (рис. 1). Результаты экспериментального исследования: $f_0=4,6$ ГГц; $A_{\text{пик}} = 1,7$ дБ; $K_{\text{СВН}}_{\text{вх/вых}}=1,7/1,8$. Наблюдается уход центральной частоты в низкочастотную область на величину от 180 до 400 МГц и присутствие паразитного всплеска в высокочастотной переходной области.

Экспериментальные исследования показывают, что фильтр, рассчитанный «вручную», не удовлетворяет ТЗ. Необходимо производить корректирующие расчеты и предусматривать элементы постройки. Анализ экспериментальных характеристик затухания ЭФ седьмого порядка с центральной частотой 5 ГГц, рассчитанных по существующему и модернизированному методам, показал, что модернизированный метод дает ЭФ с характеристикой, более соответствующей требованиям ТЗ на проектирование (рис. 2).

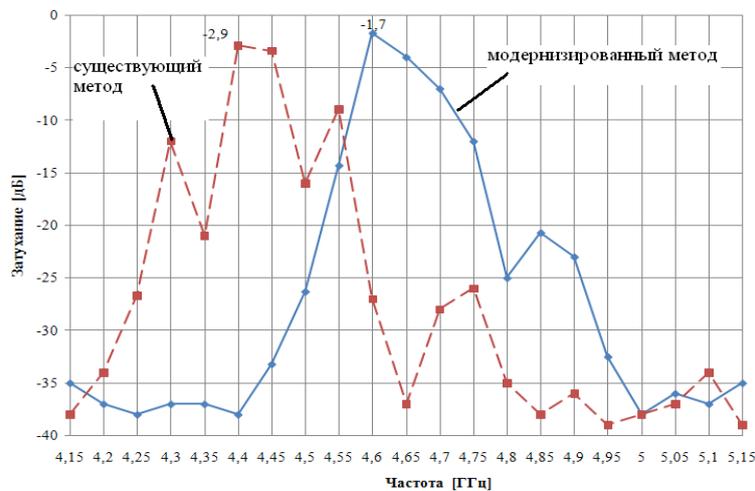


Рис. 2. Экспериментальные характеристики затухания ЭФ на прямоугольных стержнях, рассчитанных существующим (пунктирная линия) и модернизированным (сплошная линия) методами

Проведено имитационное моделирование ЭФ без учета диссипативных потерь, рассчитанного по существующему и модернизированному методам. Характеристики затухания, получаемые при расчете фильтра существующим и модернизированным методами, приведены на рисунке 3. Из результатов моделирования видно, что конструкция ЭФ, рассчитанная по модернизированному методу, дает характеристику, более близкую к заданным параметрам, но полностью их не удовлетворяет и также имеет паразитные всплески в переходных областях. Произведена оптимизация. В работе исследовано влияния различных геометрических параметров на характеристики фильтра. Проанализированы следующие электрические характеристики фильтра: затухания (рис. 4), АЧХ, ФЧХ, КСВН_{ВХ/ВЫХ}, коэффициентов отражения на входе и выходе, ГВЗ. ЭФ после оптимизации полностью удовлетворяет техническому заданию. Исследована взаимосвязь неравномерности электрических характеристик фильтра и равномерности распределения напряженностей электрического и магнитного полей в ЭФ и плотностей токов на рабочих поверхностях ЭФ. Отсутствуют паразитные всплески в переходной области. ГВЗ равномерно в полосе пропускания. Распределения напряженностей полей и плотностей токов показывают, что сигнал равномерно проходит по решетке фильтра. Результаты моделирования и последующей оптимизации приведены в таблице.

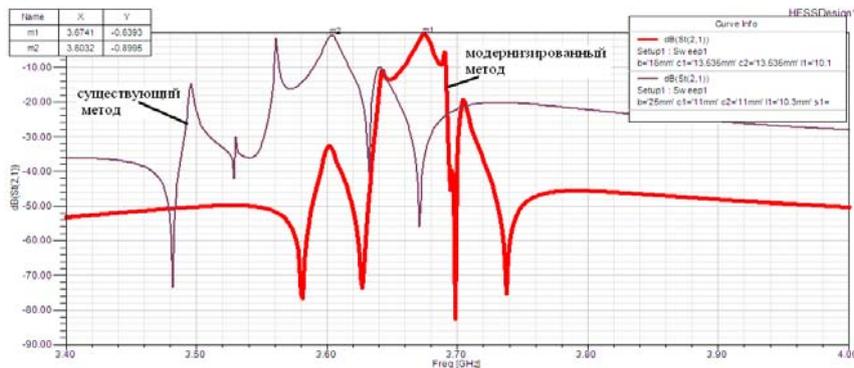


Рис. 3. Характеристики затухания ЭФ без учета диссипативных потерь, рассчитанные существующим и модернизированным методами

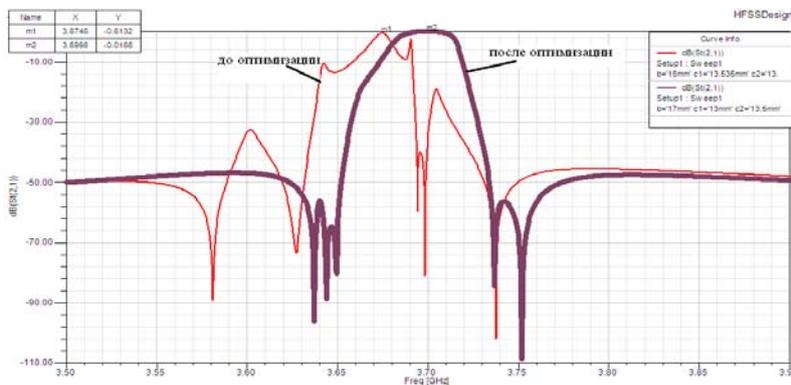


Рис. 4. Характеристики затухания ЭФ без учета диссипативных потерь до и после оптимизации

Таблица 2. Результаты моделирования до и после оптимизации ЭФ без учета диссипативных потерь и с учетом диссипативных потерь

Наименование	Без учета диссипативных потерь		С учетом диссипативных потерь	
	До	После	До	После
f_0 , ГГц	3,67	3,7	4,67	5
$2 \cdot \Delta f$, МГц	12	32,8	55,9	170
A_{\min} , дБ	0,31	0,02	1,95	0,35
A_{\max} , дБ	23	48	36,3	72
КСВН _{вх/вых}	1,72/1,72	1,13/1,13	1,23/1,89	1,35/1,33
Коэффициенты отражения вх/вых	11,5/11,5	24,9/24,2	10,3/19,9	16,4/16,2
Габариты, мм	68,94 x 30,405 x 16	68,94 x 30,165 x 16	68,2 x 30,8 x 18	69,9 x 24,9 x 12

Исследованный фильтр рассчитан без учета диссипативных потерь, что невозможно при практической реализации. Поэтому аналогичные расчет, анализ и оптимизация были произведены для микроволнового объемного узкополосного ступенчатого ЭФ седьмого порядка (рис. 5) со следующими параметрами: $f_0 = 5$ ГГц, $2 \cdot \Delta f = 170$ МГц, $A_{\max} \leq 1,5$ дБ, $A_{\min} \geq 70$ дБ, $R = 50$ Ом, воздушное заполнение, материал стержней – посеребренная латунь. Результаты экспериментального исследования и моделирования близки и отражают уход центральной частоты в низкочастотную сторону и появления паразитных всплесков в высокочастотной переходной области. Параметры ЭФ при моделировании и последующей оптимизации приведены в таблице и на рисунке 6. Характеристики ЭФ после оптимизации полностью удовлетворяют техническому заданию, при этом удалось уменьшить его габариты, что важно для миниатюризации оборудования. Характеристика затухания равномерная (без выбросов и паразитных всплесков). ГВЗ линейно в полосе пропускания. Распределения полей и токов показывают, что возможен пробой на краях 6-го стержня. Для решения этой проблемы возможно использование конструкции с круглыми стержнями.

Список используемых источников

1. Анализ и синтез микроволновых эллиптических фильтров / А. Р. Кубалова, С. В. Томашевич. – СПб. : Издательство СПбГУТ, 2013. – 368 с. – ISBN 978-5-89160-089-8.
2. **Microstrip** filters for RF/Microwave applications / J.-S. Hong, M. J. Lancaster. – N. Y. : John Wiley & sons. Inc., 2001. – 482 p.

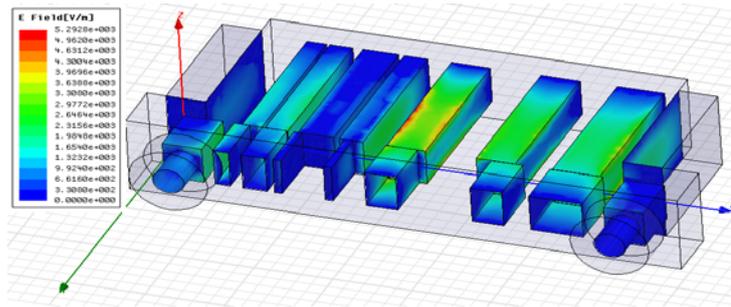


Рис. 5. Распределение напряженностей электрического поля в ЭФ\ с прямоугольными стержнями с учетом диссипативных потерь

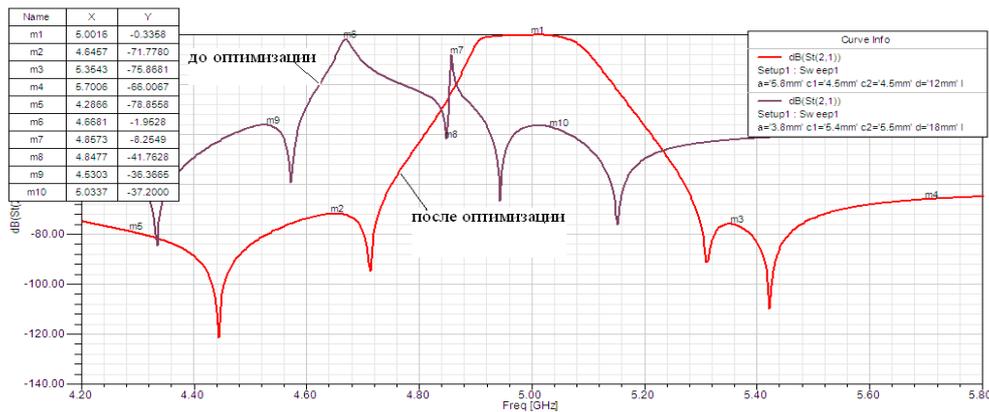


Рис. 6. Характеристики затухания ЭФ с учетом диссипативных потерь до и после оптимизации

УДК 621.396

Ю. А. Никитин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧАСТОТЫ

Рассмотрены возможные реализации цифро-аналогового преобразования частоты в тракте приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты.

импульсно-фазовая автоподстройка частоты, синтезированный генератор, конечный автомат, счетчик импульсов, нониусный тракт приведения.

Введение конечного автомата (КА) в тракт приведения (ТП) кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП) превращает такое кольцо в умножающее или синтезаторное. КА обычно реализуют в виде счетчика импульсов (СИ), что приводит к двум важным и неприятным по-

следствиям. Во-первых, в N раз возрастает уровень фазовых шумов в области малых отстроек от выходного колебания $f_{\text{ВыхВЧ}}$. Здесь частота анализа $f < f_{\text{ВыхВЧ}} \pm f_{\text{фАП}}$ в полосе прозрачности кольца $f_{\text{фАП}}$; N – коэффициент деления СИ. Во-вторых, уменьшается зона компенсации кольцом помех, воздействующих на перестраиваемый генератор (ПГ). В [1] рассмотрены известные способы уменьшения указанных проблем, в частности, нониусный тракт приведения.

Целью настоящей работы является рассмотрение возможной реализации цифро-аналогового преобразования частоты в тракте приведения с вычитанием в умножающем кольце ИФАП.

Введение понижающего (частоту на входе КА) смесителя позволяет уменьшить эквивалентный коэффициент деления N_{Σ} и тем самым уменьшить уровень помех (фазовых шумов) в ближней зоне отстроек от выходной частоты $f_{\text{ВыхВЧ}}$.

Для того, чтобы аналоговый понижающий смеситель на входе КА работал в квазилинейном режиме, уровень сигнала на его входе необходимо уменьшать. На вход диодного смесителя желательно подавать сигнала с уровнем не более (5...15) мВ. В этом случае уровни комбинационных составляющих на его выходе до 7-го порядка включительно будут менее минус 60дБн.

При коэффициенте передачи диодного смесителя минус (8...10) дБ абсолютный уровень выходного колебания не превысит (1,6...5) мВ или (64...74) дБмкВ. Уровень тепловых шумов (по Найквисту) на нагрузке 50 Ом в полосе 1 Гц при комнатной температуре равен минус 174 дБмВт или минус 67 дБмкВ. Следовательно, относительный уровень шумов на выходе аналогового диодного смесителя не может быть менее 131...141 дБн при приемлемом уровне комбинационных составляющих.

В [2] показано, что радиолокационная граница обнаружения целей класса “stealth” соответствует уровню фазовых шумов < -130 дБн/Гц при отстройке $f = 1$ кГц от несущей, а их уверенная индикация соответствует уровню фазовых шумов $< -(135... 140)$ дБн/Гц при отстройке $f = 1$ кГц.

Если учесть, что при синтезе частот в диапазонах длин волн (3...10) см коэффициент умножения фазовых шумов опорного генератора $f_{\text{опвч}}$ составляет (50...80) дБ и более, то становится понятным желание уменьшать коэффициент умножения помех в кольце N_{Σ} до минимально возможных значений.

Одним из решений может быть понижение частоты $F_{\text{КА}}$ на входе КА с помощью нониусного СИ [3]. В [4, 5] рассмотрены возможные реализации нониусного ТП. Обобщенная структурная схема нониусного ТП приведена на рисунке 1.

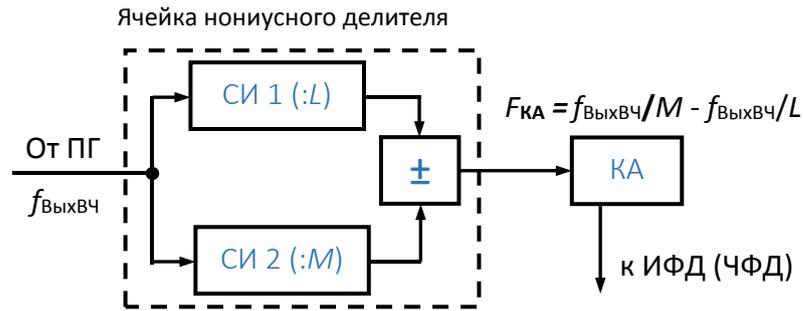


Рис. 1. Структура нониусного тракта приведения

Смеситель на выходе цифровых делителей L и M может быть аналоговым, но такое решение требует цепей аналоговой фильтрации на сигнальном входе смесителя и аналогичных цепей на его выходе. При широкополосном синтезе частот такие цепи приходится перестраивать или коммутировать. Кроме того, для компенсации потерь преобразования в смесителе и уверенного запуска СИ необходим широкополосный буферный усилитель – формирователь импульсов на входе КА1. Поэтому представляет интерес рассмотрение вариантов цифровой (на логических элементах) реализации понижения частоты в нониусном тракте приведения.

Перемножение логических сигналов с выходов СИ1 и СИ2 можно осуществить с помощью схем «2И», «2ИЛИ», «2Исключающее ИЛИ» (2XOR). При этом только последняя схема является полным аналогом аналогового перемножителя (смесителя – Y_{CM}) во всех четырех квадрантах входных логических сигналов – таблица.

ТАБЛИЦА. Результаты перемножения логических сигналов

1	2	3	4	5	6
X1	X2	Y_{CM}	«2И»	«2ИЛИ»	«2Исключающее ИЛИ»
-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	-1	1	-1	1	1
-1	1	1	-1	1	1
1	1	-1	1	1	-1

Элемент 2XOR реализует булеву функцию

$$C = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B.$$

При четных коэффициентах деления колебание на выходе СИ представляет собой двухуровневую импульсную последовательность вида меандр (скважность $T/\tau = 2$) с частотой следования $f_{ВыхВЧ}/L$ ($T_L = Q/F_S$), спектр которой можно записать в виде:

$$A_L(t) = \frac{2}{\pi} \sum_{l=-\infty}^{l=\infty} \frac{(-1)^l}{l} \exp\left(j2\pi l \frac{f_{\text{выхВЧ}}}{L} t\right),$$

где $l = -\infty, \dots -5, -3, -1, 1, 3, 5, \dots \infty$.

При нечетных коэффициентах деления скважность двухуровневой импульсной последовательности отличается от 2 ($\tau \neq T_M/2$) и ее спектр записывают в виде:

$$A_M(t) = \frac{2}{\pi} \sum_{m=-\infty}^{m=\infty} \frac{\sin \frac{m\tau}{T_M} \pi}{m} \exp\left(j2m\pi \frac{f_{\text{выхВЧ}}}{M} t\right),$$

где $m = -\infty, \dots -3, -2, -1, 1, 2, 3, \dots \infty$; $T_M = P/F_S$.

При введении дробности в одно или в оба плеча нониусного тракта деления или при увеличении коэффициентов деления, отличие скважности от двух на выходе СИ1 и СИ2 будет дополнительно уменьшаться. Соответственно, будет уменьшаться и уровень четных гармоник.

Для минимизации уровня шумов в ближней зоне отстроек от несущего (выходного) колебания $f_{\text{выхВЧ}}$ желательно минимизировать коэффициенты L и M в тракте приведения. Для этого коэффициенты L и M можно делать дробными.

Структурная схема модели для анализа формы и спектрального состава колебания на выходе нониусного ТП приведена на рисунке 2.

Рассмотрим результаты моделирования в среде Fastmean 5,2 при следующих исходных данных: $f_{\text{выхВЧ}} = 1$ МГц, $L = 8$, $M = 8 + 1/3$; эквивалентный коэффициент деления ТП $N_{2И} = N_{\text{XOR}} = 200$, $F_{\text{Вых.1,2}} = 5$ кГц; $N_{\text{Э}} = 800$ ($F_{\text{Вых.3}} = 1,25$ кГц).

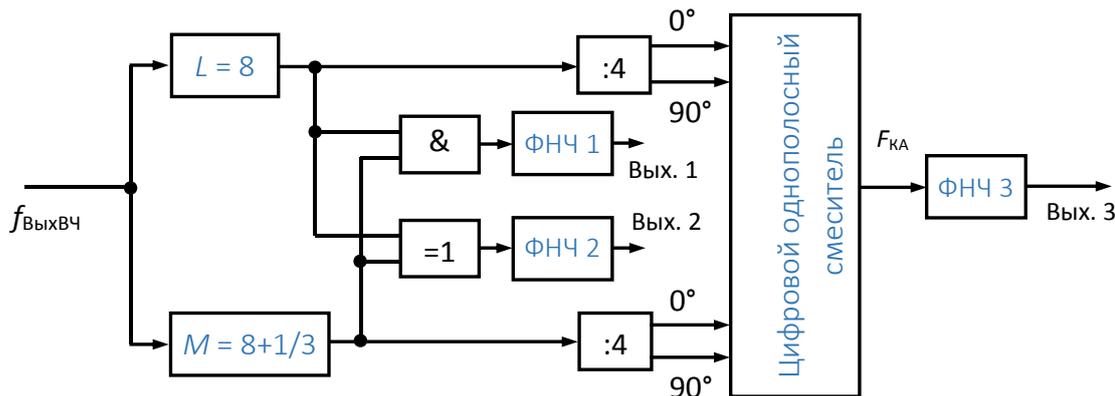


Рис. 2. Схема модели цифрового однополосного преобразования частот

Цифровой фазовращатель реализован классическим делением входных двухуровневых колебаний на 4 (этому варианту соответствует коэффициент $N_{\text{Э}}$).

Цифровой однополосный смеситель реализован в соответствии со схемой рисунка 3. Заметим, что алгебраическое суммирование ортогональных двухуровневых последовательностей на его выходах и дальнейшая фильтрация полученного трехуровневого колебания осуществляются аналоговым способом.

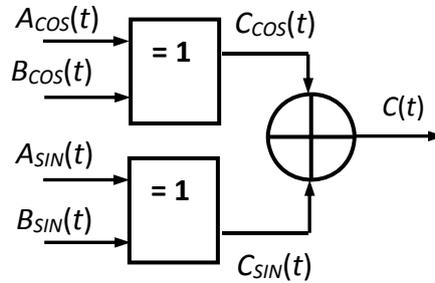


Рис. 3. Цифровой однополосный смеситель

На рисунке 4 показан спектр на выходах СИ с целочисленным ($L = 8$) и дробным ($M = 8 + 1/3$) коэффициентами деления.

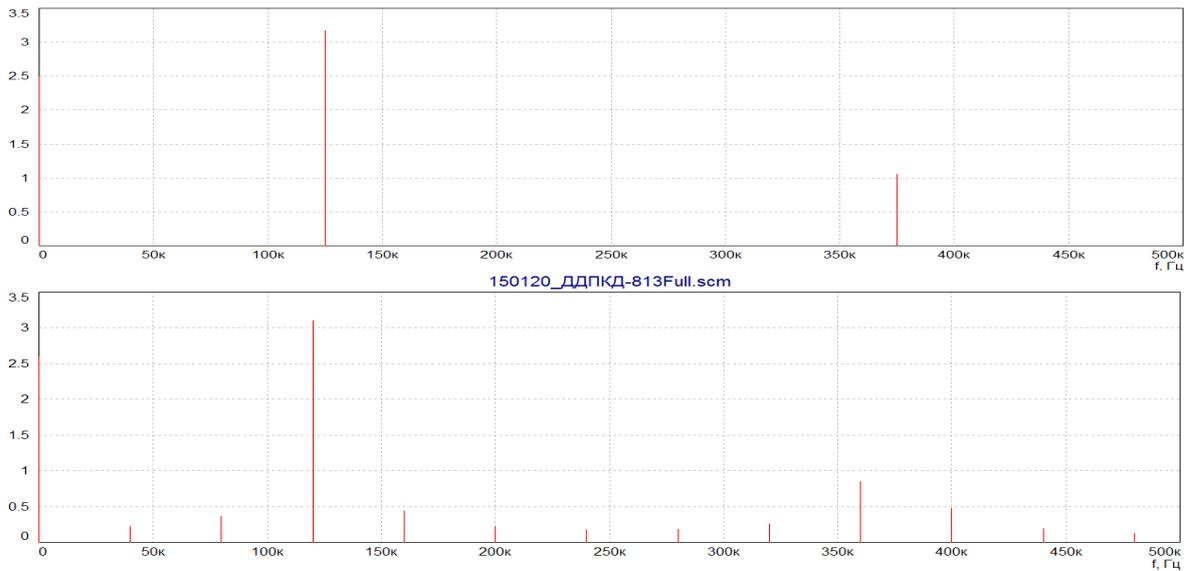


Рис. 4. Выход СИ $L = 8$ ($F_{\text{ВЫХ}} = 125$ кГц) и $M = 8 + 1/3$ ($F_{\text{ВЫХ}} = 120$ кГц).
Временная неравномерность выходного потока импульсов равна 25 мкс.

На рисунке 5 приведены результаты моделирования на выходе схемы «2И» («2ИЛИ») и на выходе 1 (после фильтрации однозвенным RC ФНЧ с частотой среза 16 кГц).

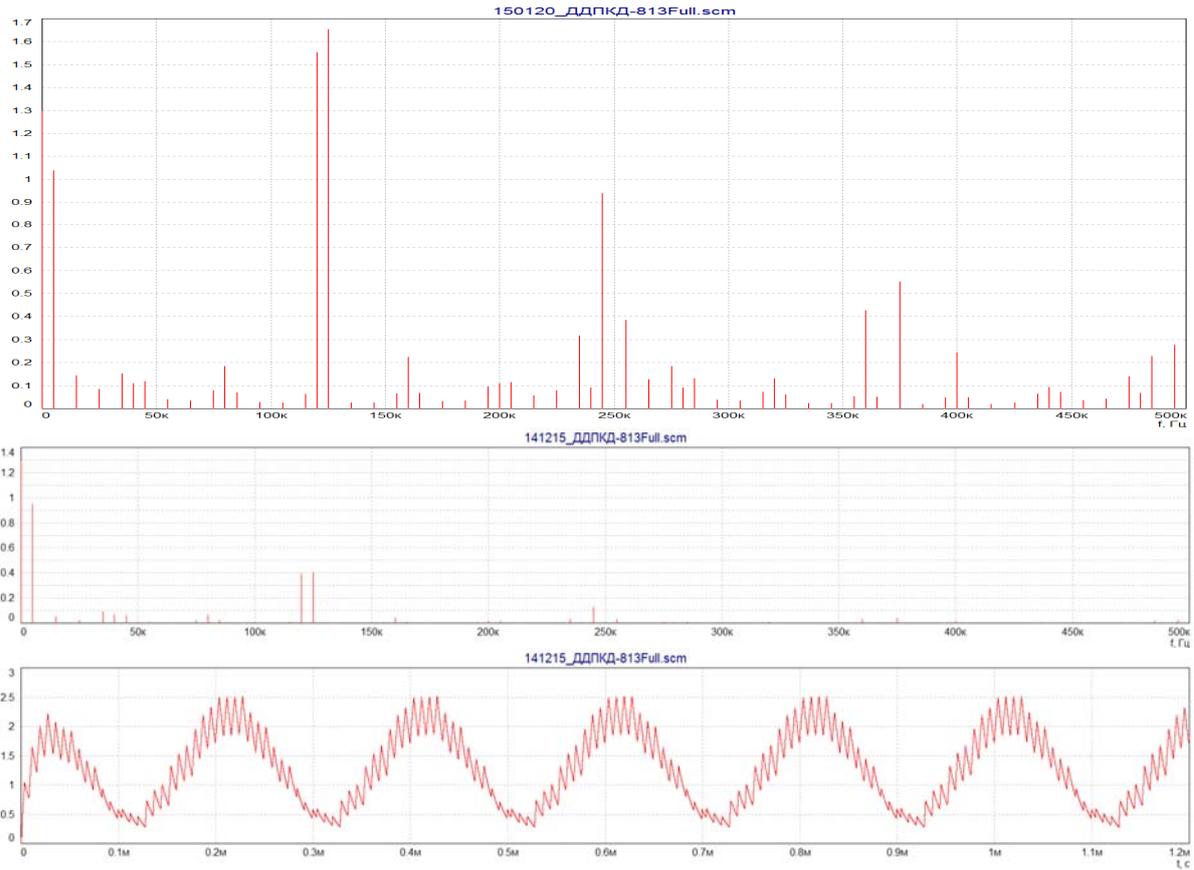


Рис. 5. Спектр на выходе схемы «2И» до и после фильтрации и форма колебания после фильтрации ($F_{\text{ВЫХ}} = 5$ кГц, $F_{\text{ФНЧ}} = 16$ кГц)

Для большей наглядности определим уровень полезной компоненты спектра, отнесенный к амплитуде идеального меандра той же величины:

$$U_{\text{ИМ}} = \frac{2E}{\pi} = \frac{2 \times 5\text{В}}{\pi} = 3,183 \text{ В}$$

$$D_{2\text{И}} = \frac{U_{2\text{И}}}{U_{\text{ИМ}}} = -9,72 \text{ дБим.}$$

На рисунке 6 приведены результаты моделирования на выходе схемы «XOR» и на выходе 2 (после фильтрации однозвенным RC ФНЧ с частотой среза 16 кГц).

$$D_{\text{XOR}} = \frac{U_{\text{XOR}}}{U_{\text{ИМ}}} = -3,7 \text{ дБим.}$$

На рисунке 7 приведены результаты моделирования на выходе схемы полного цифрового однополосного преобразования $F_{\text{КА}}$ и на выходе 3 (после фильтрации однозвенным RC ФНЧ с частотой среза 4 кГц).

$$D_{\text{ЦСМ}} = \frac{U_{\text{ЦСМ}}}{U_{\text{ИМ}}} = +0,45 \text{ дБим.}$$

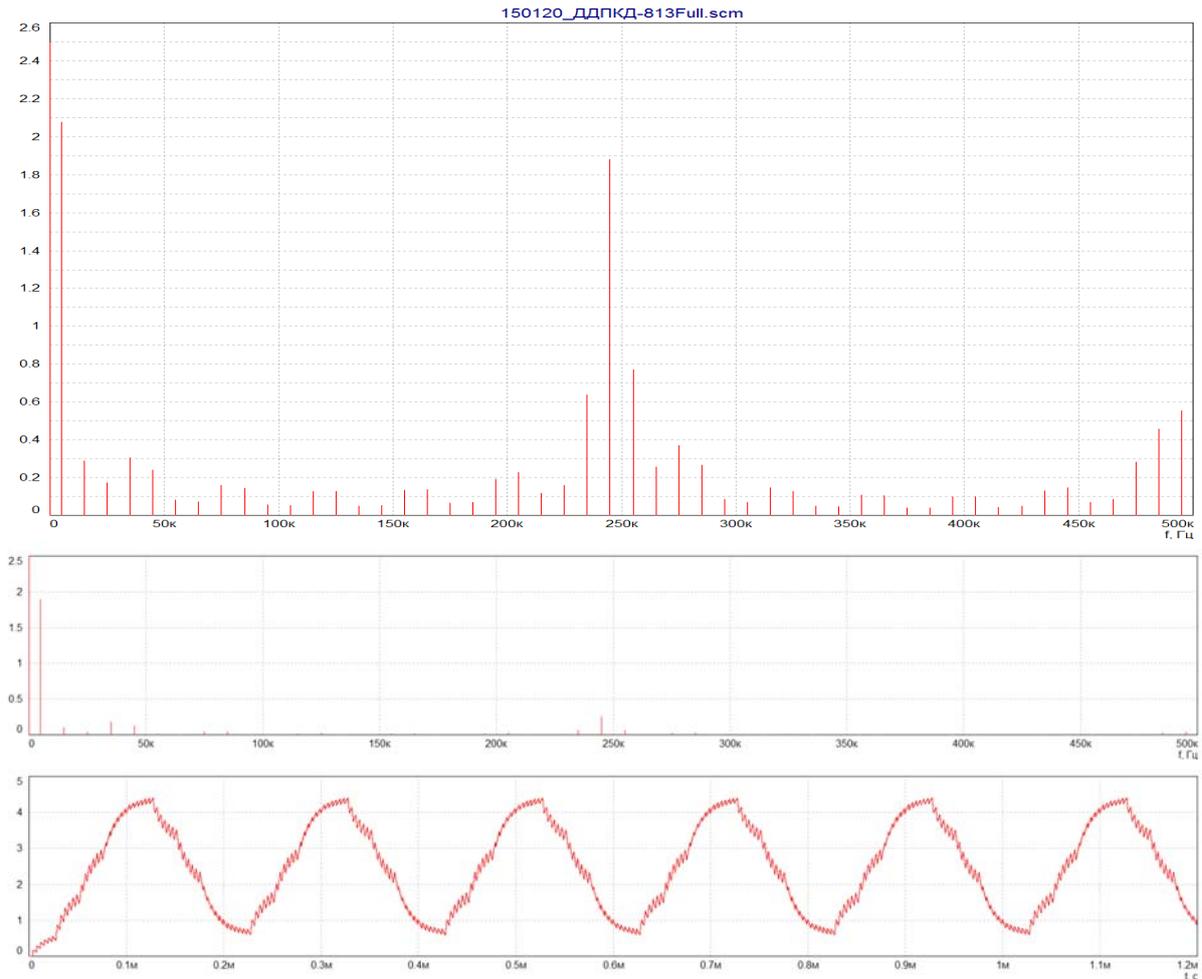


Рис. 6. Спектр на выходе схемы «XOR» до и после фильтрации и форма колебания после фильтрации ($F_{\text{ВЫХ}} = 5$ кГц, $F_{\text{ФНЧ}} = 16$ кГц)

Можно сделать следующие выводы.

1. Наилучшим спектром обладает колебания на выходе полного цифрового однополосного преобразователя частоты.
2. Наименьшие требования к выходному ФНЧ предъявляет схема полного цифрового однополосного преобразователя частоты.
3. Амплитуда колебания на выходе полного цифрового однополосного преобразователя частоты существенно превышает амплитуды выходных колебаний упрощенных схем на основе «2И», «2ИЛИ», «2Исключающее ИЛИ».
4. Наименьший коэффициент деления у упрощенной схемы цифрового преобразования частоты на основе логических элементов «2И», «2ИЛИ», «2Исключающее ИЛИ».
5. Из простейших схем цифрового преобразования лучший спектр и наибольшая амплитуда на выходе логического элемента «2Исключающее ИЛИ».

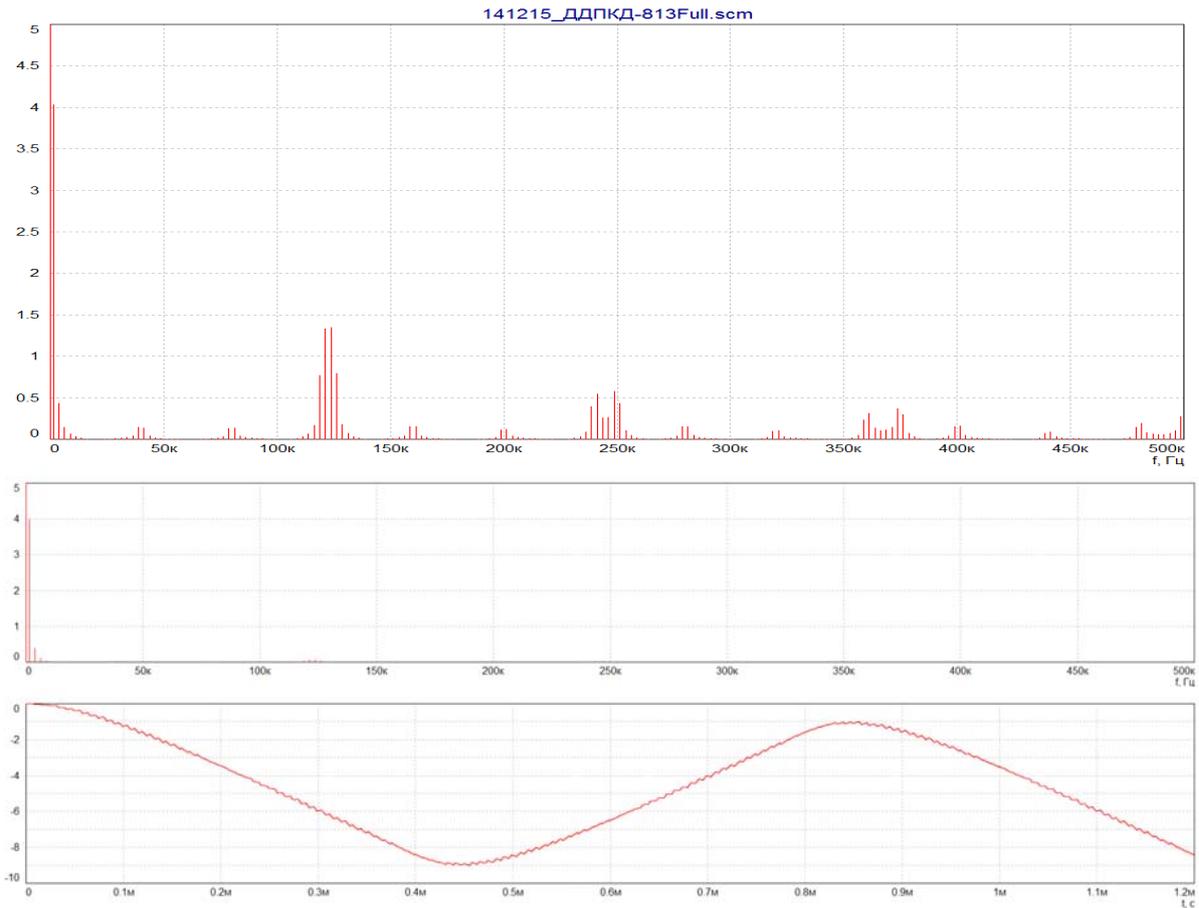


Рис. 7. Спектр на выходе схемы полного цифрового однополосного преобразования до и после фильтрации и форма колебания после фильтрации ($F_{\text{ВЫХ}} = 1,25$ кГц, $F_{\text{ФНЧ}} = 4$ кГц)

Список используемых источников

1. **Построение** тракта приведения активного синтезатора частот / Ю. А. Никитин // Известия вузов. Приборостроение. – 2012. – № 3. – С. 19–26.
2. **Методы** генерирования СВЧ-колебаний с минимальным уровнем фазовых шумов: Автореферат. дис. докт. техн. наук. / Д. П. Царапкин. – М. : – МЭИ (Технический университет). – 2004.
3. **A Self-offset** Phase-locked Loop / B. Sadowski // Microwave Journal. – 2008. – V. 51. – No 4. – PP. 116–124.
4. **Анализ** целочисленного нониусного тракта приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты / Ю. А. Никитин // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2011. – № 6. – С. 58–65.
5. **Анализ** дробного нониусного тракта приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты / Ю. А. Никитин // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2012. – № 1. – С. 31–37.

УДК 621.372.061

В. В. Сергеев

РАСЧЕТ LC-ФИЛЬТРОВ С УЧЕТОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И МАССОГАБАРИТНЫХ КРИТЕРИЕВ

Максимальная запасаемая энергия в реактивном фильтре является универсальным показателем его эффективности и определяет массу, габариты, потери энергии и параметрическую чувствительность характеристик фильтра. В работе обоснован метод уменьшения энергетических функций и указанных показателей на основе табулированных решений для LC-фильтров.

реактивный фильтр, энергетические функции, массогабаритные показатели.

В большинстве практических применений реактивных фильтров необходимо обеспечить не только заданные требования к их частотным характеристикам, но также минимальность их веса, габаритных размеров, потерь энергии и стоимости. Перечисленные показатели эффективности фильтров во многом определяются их энергетическими функциями, то есть функциями накапливаемой в реактивных элементах энергии.

Фильтрующие цепи мощных радиопередающих и преобразовательных устройств выполняются из однотипных конденсаторов и из однотипных катушек индуктивностей, поэтому можно принять, что для всех конденсаторов удельные энергоемкости одинаковы и равны γ_C^G Дж/кг или γ_C^V Дж/м³ (номинальная накапливаемая энергия, отнесенная к единице веса или к единице объема). Аналогично для всех индуктивностей γ_L^G и γ_L^V . При этом полную массу G и полный объем V фильтрующей цепи можно подсчитать с помощью следующих соотношений:

$$G = \frac{W_C}{\gamma_C^G} + \frac{W_L}{\gamma_L^G}; \quad V = \frac{W_C}{\gamma_C^V} + \frac{W_L}{\gamma_L^V};$$

$$W_C = \sum_{i=1}^{N_C} U_i^2 C_i; \quad W_L = \sum_{i=1}^{N_L} I_i^2 L_i,$$

где W_C и W_L – суммы максимальной энергией, запасаемых во всех емкостях C_i (N_C – число конденсаторов) и во всех индуктивностях L_i (N_L – число катушек индуктивности), U_i и I_i – действующее значение напряжения и тока в соответствующем элементе.

При проектировании мощных устройств предъявляются определенные требования к коэффициенту полезного действия η (КПД) фильтрующей цепи, который тоже определяется суммарными реактивными энергиями W_C и W_L , а именно [1]:

$$\eta = \frac{1}{1 + d_C \hat{W}_C + d_L \hat{W}_L},$$

где d_C и d_L – коэффициенты потерь (обратные добротности) одинаковые для элементов одного вида; $\hat{W}_{C(L)} = \frac{W_{C(L)} \cdot \omega_0}{P_H}$ – относительные суммарные реактивные энергии; P_H – мощность в нагрузке; ω_0 – частота среза фильтра нижних частот (ФНЧ).

Известно, что потери в элементах LC-фильтра могут оказывать существенное влияние на его характеристику затухания, особенно в полосе пропускания. Можно показать, что приращение затухания, обусловленное потерями в элементах классических реактивных фильтров, пропорционально коэффициентам потерь и суммарной реактивной энергии и с достаточной для практики точностью может быть оценено по формуле:

$$a_{\Pi} = (\hat{W}_C + \hat{W}_L) \cdot (d_C + d_L) \cdot 2,17 \text{ дБ.}$$

Энергетические функции определяют также чувствительность и стабильность частотных характеристик реактивных фильтров. На основании энергетической теории чувствительности можно показать, что для симметричных LC-фильтров среднеквадратическую чувствительность АЧХ по всем элементам можно оценить по следующему соотношению:

$$S_{CK} = \sqrt{\sum_{k=1}^{N_L} |S_{L_k}^{|H|}|^2 + \sum_{k=1}^{N_C} |S_{C_k}^{|H|}|^2} = \frac{\omega}{2P_{2max}} \cdot \frac{|\rho_1|}{|H|} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{N_L} W_{L_k}^2 + \sum_{k=1}^{N_C} W_{C_k}^2},$$

где под знаками сумм стоят абсолютные значения функций чувствительности (ФЧ) АЧХ по реактивным элементам $S_{L_k}^{|H|} = \frac{L_k}{|H|} \frac{\partial |H|}{\partial L_k}$ (аналогично по C_k);

$|H| = \frac{U_2}{U_1} \cdot \sqrt{\frac{4R_1}{R_2}}$ – нормированная АЧХ реактивного фильтра с резистивными нагрузками R_1 (на входе) и R_2 (на выходе); U_1 и U_2 – действующие значения напряжений генератора и в нагрузке; $P_{2max} = \frac{U_1^2}{4R_1}$; $|\rho_1|$ – модуль коэффициента отражения со стороны входных зажимов.

Таким образом, энергетические функции реактивных фильтрующих цепей определяют их важнейшие эксплуатационные характеристики и являются адекватными показателями их эффективности. Минимизация этих функций в рабочей области частот приведет к повышению эффективности самого фильтра и радиотехнического устройства в целом.

Развитые к настоящему времени методы минимизации энергетических функций классических LC-фильтров изложены в [1] и основаны на уменьшении модуля коэффициента отражения $|\rho_1|$ или неравномерности Δa характеристики затухания в полосе пропускания фильтра. С уменьшением неравномерности затухания Δa (при неизменном гарантированном затухании a_0

это достигается увеличением порядка и числа элементов фильтра) максимальное в рабочей области значение реактивной энергии уменьшается и принимает минимальное значение при некотором оптимальном значении неравномерности $\Delta a_{\text{опт}}$, которое для практически важных случаев составляет (10^{-5} – 10^{-7}) дБ. Соответствующие фильтры названы оптимизированными по реактивной энергии.

Параметры и функции LC-фильтров при малых неравномерностях затухания, каковыми являются $\Delta a_{\text{опт}}$, не табулированы в справочниках и поэтому необходимо использовать известные аналитические или численные методы расчета. Тем не менее, в справочнике [2] представлены таблицы для расчета LC-фильтров с достаточно малым значением $\Delta a = 4,34 \cdot 10^{-4}$ дБ ($|\rho_1| = 1\%$). Такие табличные варианты можно использовать для улучшения массогабаритных и других показателей фильтра по сравнению с традиционными решениями, которые предусматривают минимизацию числа его элементов. Рассмотрим этот подход на конкретном примере.

В таблице приведены показатели эффективности ФНЧ Чебышева и Золотарева-Кауэра (параметры элементов взяты из справочника [2]) при следующих требованиях к характеристике затухания: частота среза ФНЧ – $f_0 = 15$ кГц; неравномерность затухания в полосе пропускания не более $\Delta a = 0,5$ дБ; гарантированное затухание $a_0 = 40$ дБ в полосе задерживания при $f > f_k = 21$ кГц; сопротивление генератора и нагрузки $R_n = 270$ Ом; мощность в нагрузке $P_0 = 200$ кВт.

ТАБЛИЦА. Параметры различных вариантов ФНЧ

Вариант фильтра	n	N	Δa , дБ	Δa_n , дБ	\hat{W}_m	S_{CKm}	КПД, %	Вес, кг	Объём, м ³
1. Чебышева (традиционный)	8	8	0,28	0,96	50,2	1,95	79,9	531	1,84
2. Чебышева (улучшенный)	12	12	$4,3 \cdot 10^{-4}$	0,37	34,7	0,039	85,2	368	1,28
3. Золотарева (традиционный)	5	7	0,28	0,69	25,6	1,17	88,7	272	0,93
4. Золотарева (улучшенный)	7	10	$4,3 \cdot 10^{-4}$	0,19	14,1	0,023	93,4	150	0,52

При расчетах принято, что коэффициенты потерь элементов $d_C = d_L = 0,005$ и удельные энергоемкости $\gamma_L^G = 0,15$ Дж/кг; $\gamma_L^V = 30$ Дж/м³; $\gamma_C^G = 0,3$ Дж/кг; $\gamma_C^V = 700$ Дж/м³. Расчет энергетических функций и показателей эффективности фильтров производился по алгоритмам, представленным в [1]. Обозначения в таблице: n и N – порядок и число элементов фильтра; \hat{W}_m и S_{CKm} – максимальные (в полосе пропускания) значения суммарной относительной реактивной энергии ($\hat{W}_C + \hat{W}_L$) и среднеквадратической

чувствительности; $\Delta a_{\text{п}}$ – неравномерность затухания с учетом потерь в элементах.

При традиционном подходе получаем фильтры 1 и 3 минимального порядка с некоторым запасом по $\Delta a = 0,28$ дБ. Для повышения показателей эффективности рассматриваем фильтры 2 и 4 с малой неравномерностью $\Delta a = 0,00043$ дБ (минимальная из представленных в справочнике [2]). Как видно из таблицы, для улучшения рассматриваемых показателей целесообразно использовать ФНЧ Золотарева-Кауэра, так как они имеют существенные преимущества по этим показателям перед ФНЧ Чебышева как в традиционных, так и в улучшенных вариантах.

Будем считать вариант 1 первоначальным, который рассчитан без учета энергетического критерия, а вариант 4 рекомендуемым вариантом. Последний по сравнению с первым имеет в 3,5 раза меньше реактивную энергию, массу и габариты, а также характеризуется меньшим значением среднеквадратической чувствительности ($S_{\text{СКМ}} = 0,023$ против 1,95), меньшим влиянием потерь в элементах ($\Delta a_{\text{п}} = 0,19$ дБ против 0,96 дБ) и большим КПД (93,4 % против 79,9 %) при прочих равных условиях.

Таким образом, расчет LC-фильтров с учетом энергетических критериев позволяет существенно снизить массогабаритные показатели, влияние потерь в элементах, а также увеличить стабильность характеристик и КПД фильтра.

Список используемых источников

1. **Повышение** эффективности преобразовательных и радиотехнических устройств / В. Ф. Дмитриков, В. В. Сергеев, И. Н. Самылин. – М. : Радио и связь, 2005. – 424 с. – ISBN 5-256-01785-3.

2. **Справочник** по расчету фильтров / Р. Зааль; пер. с нем. под редакцией Н. Н. Слепова. – М. : Радио и связь, 1983. – 752 с.

УДК 621.375.026

В. А. Филин, В. В. Черненко

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ УСИЛЕНИЯ В МИКРОВОЛНОВЫХ УСИЛИТЕЛЯХ МОЩНОСТИ

Объектами исследования являются транзисторные усилители мощности с высоким коэффициентом полезного действия, работающие в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ). Цель исследования – проанализировать режимы усиления на СВЧ и выявить наиболее перспективный с позиций энергетической эффективности режим работы, сформулировать задачи, подлежащие решению.

микроволновые усилители мощности, диапазон сверхвысоких частот.

Основными режимами усиления мощности колебаний СВЧ до недавнего времени оставались классические широкополосные режимы классов A , AB и B , существенным недостатком которых является низкий средний КПД. В последнее десятилетие достигнуты важные практические результаты в технологиях изготовления быстродействующих транзисторов (HEMT, HFET и др.). Применение новых материалов ($GaAs$, GaN , SiC) позволило существенно повысить выходную мощность этих приборов (до 20–50 Вт) и продвинуться в область рабочих частот до 100 ГГц. Эти достижения стимулируют разработку новых, энергетически эффективных, режимов работы СВЧ усилителей (классы D , E , F) [1, 2].

Анализ публикаций по применению режима D показывает, что в СВЧ диапазоне, из-за резкого возрастания потерь переключения, наблюдается снижение коэффициента полезного действия (КПД): на частотах порядка 1 ГГц количество переключений за единицу времени возрастает настолько, что потери мощности на фронтах прямоугольных колебаний напряжения и тока становятся недопустимыми и транзистор перегревается. По этой причине режим D не нашел широкого применения в микроволновой технике.

В усилителях мощности (УМ) класса E формы напряжения и тока (рис. 1) отличаются от прямоугольных, т.е. потери на фронтах отсутствуют, и, следовательно, режим является более высокочастотным. Известны исследования, в которых режим класса E реализован на основе полевого транзистора с затвором Шоттки на частотах переключения до 3 ГГц.

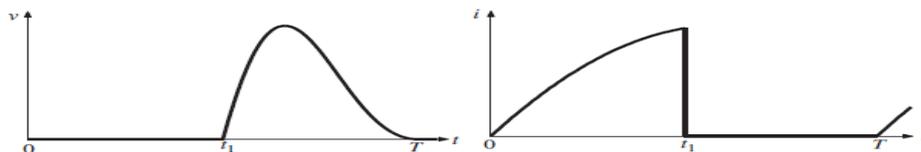


Рис. 1. Формы напряжения и тока усилителя мощности класса E

Особый интерес для СВЧ диапазона имеет разновидность режима E , получившая обозначение E_M и характеризующаяся гладкими (без скачков) формами тока на транзисторе. Однако реализация режима E_M предполагает более сложную топологию усилителя и введение дополнительного каскада. Общим же недостатком режима E является то обстоятельство, что максимальные значения напряжения на транзисторе могут в 3–4 раза превышать напряжение питания, т. е. требуются транзисторы с большими значениями допустимого напряжения «сток-исток».

Концепция УМ класса F (рис. 2) – работа транзистора в качестве управляемого источника тока и создание с помощью резонансных контуров таких форм тока и напряжения на активном приборе, чтобы в спектре тока содер-

жались только четные гармоники, а в спектре напряжений – только нечетные. КПД идеального усилителя класса F (при учете бесконечного числа гармоник) достигает 100 %. Режим усиления класса F является наиболее высокочастотным из известных режимов с высоким КПД и, соответственно, наиболее подходящим для создания высокоэффективных микроволновых УМ.

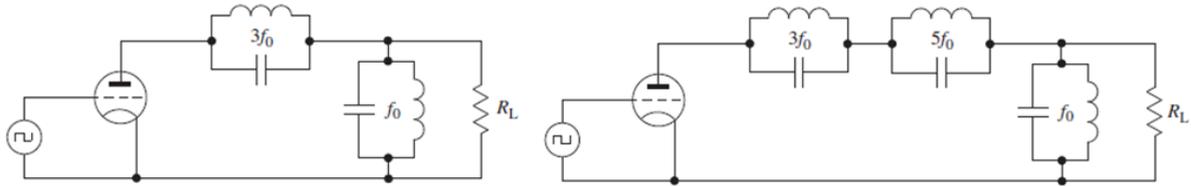


Рис. 2. УМ класса F с многорезонаторными контурами

На рисунке 3 приведены формы напряжения и тока УМ класса F при сохранении трех гармоник. На интервале времени, когда напряжение достигает своего пикового значения (рис. 5, а), близкого к прямоугольной форме, ток практически равен нулю (рис. 5, б), и наоборот. Это означает, что потери мощности на активном приборе в данных усилителях минимальны.

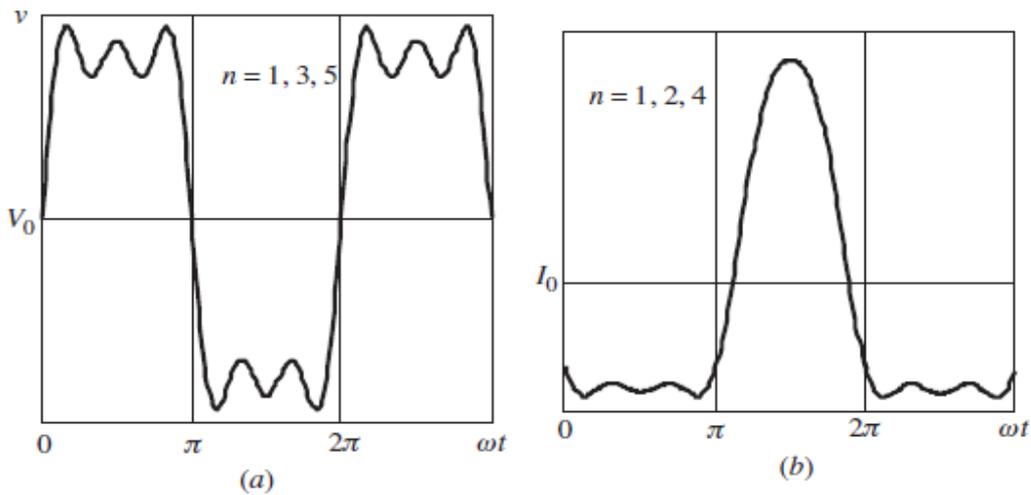


Рис. 3. Формы напряжения (а) и тока (б) усилителя мощности класса F

Как известно практическая реализация колебательных контуров в СВЧ диапазоне на сосредоточенных LC -элементах невозможна. Альтернативой системе колебательных контуров на LC -элементах является применение в УМ класса F четвертьволновых отрезков длинной линии (рис. 4). Размеры этих отрезков для диапазона 1÷3 ГГц не превышают 7÷4 см.

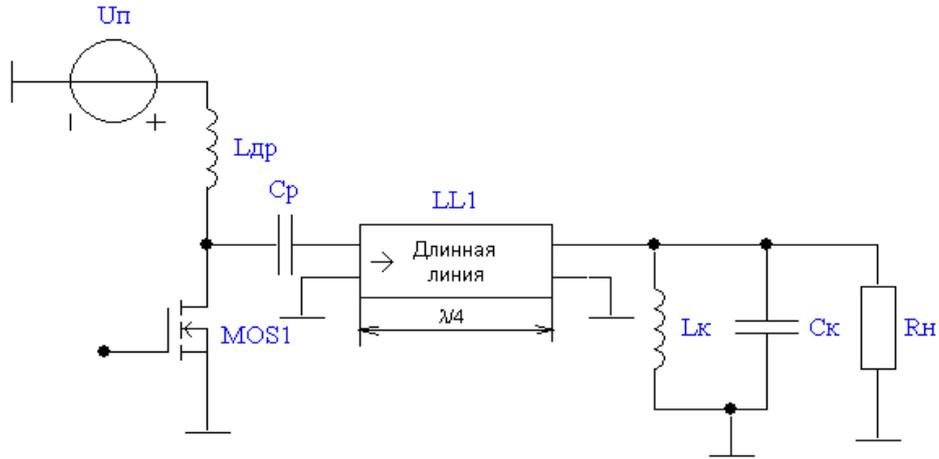


Рис. 4. Микроволновый УМ класса F с четвертьволновым отрезком ДЛ

Выбор оптимальных параметров и рабочих режимов микроволнового УМ класса F предполагает детальное моделирование процессов и частотных характеристик при взаимодействии элементов с сосредоточенными и распределенными параметрами. Наиболее эффективным для целей повышения точности и скорости расчета процессов представляется эквивалентная замена четвертьволновых отрезков ДЛ, т. е. цепей с распределенными параметрами дискретными LC -моделями с определенным количеством звеньев (рис. 5).

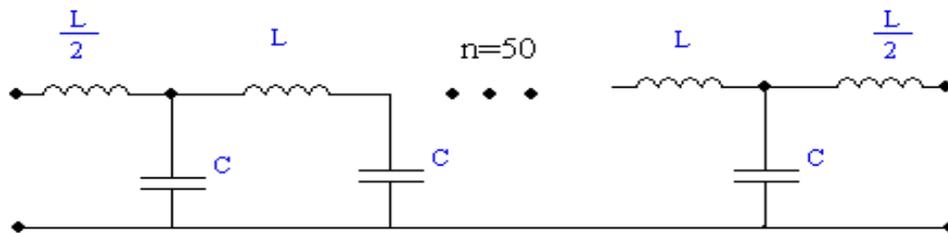


Рис. 5. Дискретная LC -модель ДЛ

В качестве примера для рабочей частоты $f = 1$ ГГц рассмотрены результаты моделирования с помощью программы FASTMEAN четвертьволнового отрезка ДЛ без потерь с волновым сопротивлением $R_в = 50$ Ом и длиной $l = 6,25$ см (рис. 6). Число LC -звеньев для дискретной модели было выбрано равным 100.

Коэффициент трансформации четвертьволнового отрезка линии равен $n = R_в/R_н$.
 фазовая скорость $v = 2.5 \cdot 10^8$ м/сек
 $L(1) = 0.2 \cdot 10^{-6}$ Гн/м; $C(1) = 0.8 \cdot 10^{-10}$ ф.
 Волновое сопротивление $R = 50$ Ом.

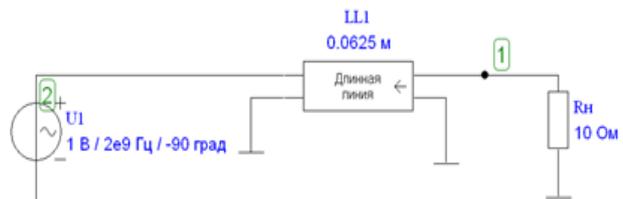


Рис. 6. Исследуемый четвертьволновый отрезок ДЛ

Рассчитанные частотные зависимости модуля входного сопротивления и АЧХ коэффициента передачи четвертьволнового отрезка длинной линии приведены на рисунке 7.

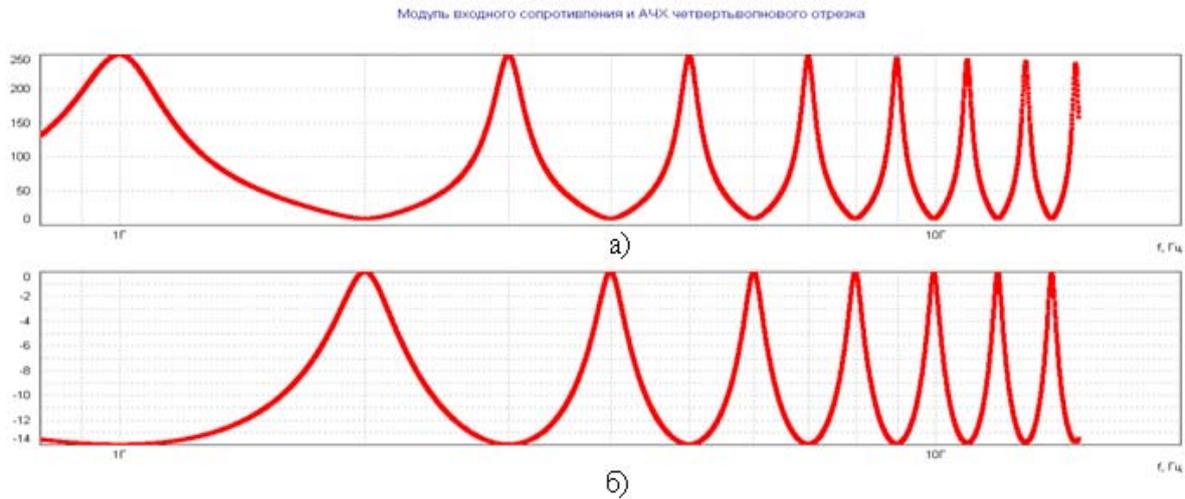


Рис. 7. Частотные зависимости модуля входного сопротивления (а) и АЧХ коэффициента передачи модели четвертьволнового отрезка длинной линии (б)

На рисунке 7а приведена частотная зависимость модуля входного сопротивления отрезка ДЛ: на нечетных гармониках (1, 3, 5, 7....) сопротивление велико (250 Ом), а на четных (2, 4, 6....) – мало. На рисунке 7б приведена частотная зависимость модуля коэффициента передачи по напряжению (АЧХ).

Цель дальнейшего исследования – произвести расчет, моделирование и создание конструкции четвертьволнового отрезка ДЛ, который необходим для построения УМ класса F в диапазоне от 1 до 1,5 ГГц.

Список используемых источников

1. **Транзисторные** усилители с высоким КПД / В. Г. Крыжановский. – Донецк : Апекс, 2004 – 446с. – ISBN 966-8242-18-1.
2. **Switchmode** RF Power Amplifiers / A. Grebennikov, N. O. Sokal, M. J. Franco. – UK : Elsevier Inc, 2007. – 704 p. – ISBN 978-0-7506-7962-6.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СВЯЗИ

УДК 331.91

Г. В. Абрамян

**ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ, РИСКИ
И УГРОЗЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЗОН,
НАУЧНЫХ ПАРКОВ И ИНКУБАТОРОВ В НАУКЕ
И ОБРАЗОВАНИИ СТРАН БРИКС**

В статье рассматриваются потенциальные инфотелекоммуникационные проблемы, риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке и образовании стран БРИКС.

инфотелекоммуникационные риски и угрозы, высокотехнологичные зоны, научные парки, инкубаторы, наука, образование, страны БРИКС.

В настоящее время в научную и образовательную среду РФ активно внедряются европейские и американские инфотелекоммуникационные технические средства, продукты, технологии работы, системы образования и методы научных исследований. [1]–[3] В настоящее время Министерство образования и науки РФ поддерживает многосторонние контакты на уровне структурных реформ в области российского высшего образования с учетом возникающих проблем и перспектив реализации образовательных программ Совета Европы и Болонской группы (социальных индикаторов, формирования европейских приложений к диплому о высшем образовании), [4] ведущих к получению двух дипломов – национальных и зарубежных стандартов и квалификаций, а также внедрению Европейской системы перевода и накопления зачетных единиц (ECTS). Параллельно в РФ реализуются новые направления развития и перспективы, связанные с подписанием Меморандума о сотрудничестве государств-партнеров БРИКС на период 2015–2018 г.г. в сфере науки, технологий и инноваций между Федеративной Республикой Бразилией, Российской Федерацией, Республикой Индии, Китайской Народной Республики и Южно-Африканской Республики. [5]

Меморандум о сотрудничестве в сфере науки, технологий и инноваций подготовлен совместно с партнёрами по БРИКС и предусматривает, в частности, развитие сотрудничества в следующих сферах: 1) продовольственная безопасность и устойчивое сельское хозяйство; 2) изменение климата и минимизация последствий природных катастроф; 3) новые и возобновляемые

источники энергии, сохранение энергии; 4) космос, авионавтика, астрономия и наблюдение Земли; 5) медицина и биотехнологии; 6) высокотехнологичные зоны, научные парки и инкубаторы; 7) передача технологий.

Реализация научного сотрудничества в сфере науки, технологий и инноваций предполагает развертывание и усиление многостороннего взаимодействия, [6, 7] повышение конкурентоспособности участников БРИКС в приоритетных областях на основе принципов справедливого распределения прав на использование результатов интеллектуальной деятельности.

По нашему мнению, для синергетически эффективного «развертывания и усиления многостороннего взаимодействия» между достаточно удаленными друг от друга странами и регионами необходимо использовать уже существующие глобальные научно-образовательные сети и инфотелекоммуникации (НОСИТ) [8]–[10] на основе национальных электронных средств и систем связи (ЭСС).

Целями и задачами использования НОСИТ является повышение качества и обеспечение доступности научно-образовательной информации в странах БРИКС. Технологии НОСИТ будут ориентировать участников сотрудничества на новые тенденции организации высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов (ВТЗНПиИ) научно-исследовательского и образовательного процесса: дистанционные технологии, [11] персонализацию научно-исследовательских и образовательных интерфейсов и программ, геймификацию форм и технологий научных исследований, интерактивность научных парков и учебного контента инкубаторов, разработку видеоигровых научно-исследовательских и учебных сред и миров [12].

Эти тенденции позволят по-новому организовать процессы исследований и подготовку молодых научных кадров в инкубаторах с возможностями оперативной актуализации новых знаний на основе неформальных, но доступных личности каждого исследователя технологий доступа к новому контенту. Традиционным рабочим местом исследовательской деятельности обычно является лаборатория или отдел научного учреждения (НУ), территориально независимый от места нахождения его коллег по научной теме [13]. В новых условиях для реализации деятельности НУ должно сформировать безопасную электронную научно-образовательную среду, которая семантно интегрируется в исследовательские информационно-образовательные ресурсы и сервисы, информационные, телекоммуникационные и технологические средства других НУ тем самым создавая физическую инфраструктуру ВТЗНПиИ [14, 15].

Однако в настоящее время НУ стран БРИКС сталкиваются с проблемами отсутствия или отличия: 1) нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность НУ в различных странах, 2) лицензионных требований и аккредитационных показателей, регламентирующих деятельность НУ, а также неурегулированностью вопросов авторских прав на объекты исследовательской и интеллектуальной собственности. Кроме того, в новых

условиях значительно увеличиваются риски информационной и экономической безопасности функционирования НУ стран БРИКС.

В статье предлагается вариант классификации проблем, рисков и угроз высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов стран БРИКС которые ориентированы на: 1) технические ресурсы и сервисы глобальной сети Интернет, 2) сотрудничество с северо-американским и европейским научным сообществом в области научных исследований и образования в соответствии с европейскими ценностями, стандартами образования и научных исследований [4, 5].

По нашему мнению методология функционирования ВТЗНПиИ стран БРИКС должна ориентироваться на национальные школы и традиции, философские учения и методы научно-исследовательской и образовательной работы, в том числе на лучшие научно-педагогические школы и системы подготовки исследователей СССР например в области естественных и технических наук периода 50–80-х годов XX в., активно воспитывая духовность, патриотизм, последовательно развивая принципы дружбы народов исторически и географически связанных с Россией.

Кроме того необходимо оценить возможные риски западно-американского информационно-образовательного контента, деятельности и методов исследований, например некоммерческих организаций (НКО), получающих денежные средства и иное имущество от иностранных источников в соответствии с Федеральным законом от 20.07.2012 № 121 «Об иностранных агентах», а также потенциально возможные действия и угрозы глобальных телекоммуникационных провайдеров по ограничению доступа национальных провайдеров, сегментов и сетей НУ и их субъектов к сервисам интернет.

Необходимо предусмотреть действия, в случае дальнейшей эскалации и обострения отношений в мире с точки зрения национальной устойчивости технической и программной инфраструктур, например, российский сегмент науки и национальное образование все более измеряются зарубежными показателями и коэффициентами, контролируются научно-исследовательскими программами, координируются стандартами и образовательными центрами.

Выделение классификации потенциальных угроз и рисков системе науки и образования поможет НУ стран БРИКС принимать взвешенные решение о целесообразности развития исследовательской деятельности, ориентированной на западные продукты, ресурсы, модели и сервисы. Системы и технологии (СИТ) НОСИТ как потенциальные риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке, инновациях и образовании стран БРИКС определяются возможными уязвимостями, выходами из строя, неправильной работой или нарушениями:

1. Среды одновременного, отложенного, локального и глобального доступа, передачи и хранения научно-исследовательской, технической и учебной информации документооборота электронной деятельности НУ или информации субъекта ВТЗНПиИ [6].
2. Бесперебойного функционирования серверов, коммуникационного оборудования в связи с отключением, выходом из строя или неправильной работой систем электропитания, блокированием и затруднением доступа в Интернет, блокированием доступа к сайтам и системам ВТЗНПиИ.
3. Уровней публичного и закрытого взаимодействия, секретности, целостности, доступности, штатной работы НУ или субъектов ВТЗНПиИ.
4. Уровней физической и технической инфраструктуры НУ или ВТЗНПиИ.
5. Уровней программного обеспечения ВТЗНПиИ НУ или субъекта ВТЗНПиИ.
6. Уровней кадровых ресурсов ВТЗНПиИ НУ или дефицита компетенций исследователя.
7. Нормативно-юридических уровней обеспечения ВТЗНПиИ.
8. СИТ организации научно-исследовательской деятельности ВТЗНПиИ.
9. СИТ организационно-административной деятельности ВТЗНПиИ.
10. СИТ организации психологической поддержки системы ВТЗНПиИ.
11. СИТ определяющих медико-биологическое и экологическое состояние инфраструктуры организации системы ВТЗНПиИ.
12. Финансово-экономических ресурсов НУ ВТЗНПиИ.
13. Социальных, политических и государственных структур общества, в том числе организующих и поддерживающих ВТЗНПиИ.

Список используемых источников

1. **Телекоммуникационные** модели образования и научной деятельности как облачные сервисы SAAS/SOD взаимодействия в вузе / Г. В. Абрамян // Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования», Ч. IV, Москва, Россия, 29 ноября 2013 г. – С. 100–101.
2. **Технологии** бизнес-инжиниринга : учеб. пособие / Д. В. Кудрявцев, М. Ю. Арзуманян, Л. Ю. Григорьев; под редакцией Д. В. Кудрявцева. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 427 с.
3. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников; под редакцией Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-93630-782-9.
4. **Таксономия**, классификация и методология анализа целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях глобализации образования [Электронный ресурс] / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2014. № 8–7. – С. 1647–1652. – Режим доступа: <http://www.rae.ru/fs/pdf/2014/8-7/35270.pdf> (Дата обращения: 23.02.2015).

5. Система международного научного сотрудничества и модели глобализации профессионального образования и науки в информационной среде стран БРИКС / Г. В. Абрамян // XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика» (РИ-2014), Санкт-Петербург, Россия, 29–31 октября 2014 г. – С. 290–291.

6. Принципы создания и развития системы менеджмента качества современного вуза / Ю. Д. Деревянко, А. С. Принцев, Н. Е. Соколов // Финансы, деньги, инвестиции. – 2013. – № 1 (45). – С. 035–038.

7. Опыт создания и развития единой электронной образовательной среды МБИ / В. В. Изранцев, А. С. Принцев, Н. Е. Соколов // Банковские услуги. – 2013. – № 4. – С. 023–028.

8. Модели научного сотрудничества и профессионального образования в информационной среде стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) / Г. В. Абрамян // Всероссийская научно-практическая конференция «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии» (ИТСиТ-2014), Кемерово, Россия, 16–17 октября 2014 г. – С. 7–8.

9. Интеграция региональной опорной точки доступа с национальными глобальными сетями на основе компьютерных коммуникаций / Г. В. Абрамян // Ученые записки. Серия «Математика и информатика»: сб. науч. тр. – СПб. : ЛГОУ, 1998. – С. 151–156.

10. Организация средств обратной связи на основе использования глобальных компьютерных телекоммуникационных инфраструктур в регионе / Г. В. Абрамян // РГПУ им. А. И. Герцена: сб. науч. тр. – СПб. : ЛГОУ, 1998. – С. 22–23.

11. Технологии дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // РГПУ им. А. И. Герцена: сб. науч. тр. – СПб. : ЛГОУ, 1998. – С. 91–95.

12. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Юбилейная XIII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика» (РИ-2012), Санкт-Петербург, Россия, 24–26 октября 2012 г. – С. 238–239.

13. К вопросу о научно-методических аспектах, подходах и возможностях информационного моделирования элементов инновационного развития университетских комплексов на современном этапе / Г. В. Абрамян // Формирование университетских комплексов – путь стратегического инновационного развития образовательных учреждений: сб. науч. тр. – СПб. : СПбГУСЭ, 2008. – С. 19–23.

14. Инновационные технологии нелинейного развития современного регионального образования и подготовки кадров в сфере информационной безопасности / Г. В. Абрамян // VIII Санкт-Петербургская межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России» (ИБРР-2013), Санкт-Петербург, Россия, 23–25 октября 2013 г. – С. 232.

15. Системы и технологии электронного обучения как потенциальные объекты риска информационно-образовательной среды вузов и школ российской федерации / Г. В. Абрамян // Сетевая международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в вузе и школе», РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, 16–19 апреля 2014 г. – С. 17–20.

УДК 331.91

Г. В. Абрамян

**МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ,
УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННО-ПРОИЗВОД-
СТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, СЕРВИСОВ И ПРОЦЕССОВ
В РОССИИ И СТРАНАХ БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ
НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛИЗАЦИИ СОТРУДНИЧЕСТВА
И ИНТЕГРАЦИИ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

В статье рассматриваются модели развития научно-исследовательских, учебно-образовательных и промышленно-производственных технологий, сервисов и процессов России и стран ближнего зарубежья на основе глобализации сотрудничества и интеграции инфотелекоммуникаций.

модели развития, технологии, сервисы, процессы, глобализация сотрудничества, интеграция инфотелекоммуникаций, страны ближнего зарубежья.

Развитие российского общества, науки и образования в начале третьего тысячелетия сопровождается глобальными и необратимыми изменениями в мире [1]. На фоне финансово-экономического кризиса и санкций, промышленно развитых стран Европы, Америки и Азии экономическая и социальная политика правительства РФ выводят нашу страну на утраченные в 90-е годы стратегические позиции. Этот процесс активизирует экономическое, культурное и научно-образовательное сотрудничество РФ, как с традиционными, так и с новыми рынками и производствами (БРИКС, АТЭС), в том числе в странах ближнего зарубежья (СНГ и бывшего СССР) [2, 3].

В условиях кризиса развитие научно-исследовательских, учебно-образовательных и промышленно-производственных (НИУОиПП) технологий, сервисов и процессов (ТСиП) в России и странах ближнего зарубежья (РиСБЗ) нуждается в новых формах, качественной переоценке, оптимизации и перепрофилирования существующей деятельности и имеющихся ресурсов [4, 5] Необходим анализ и переосмысление существующих принципов, методологии и моделей совместной деятельности [6] НИУОиПП учреждений и организаций РиСБЗ, которые позволят выработать стратегии последовательного развития [7, 8], используя и развивая имеющийся опыт, технологии, научно-методический и кадровый потенциал для перехода на новые принципы и модели совместной деятельности [9, 10]: 1) эффективные для бюджетов, 2) функциональные для инновационного развития, 3) понятные и полезные для заказчиков и потребителей ТСиП в РиСБЗ.

В статье предлагается развивать НИУОиПП ТСиП в РиСБЗ на основе глобализации сотрудничества и интеграции инфотелекоммуникаций

(ГСиИИ) которые будут ориентированы на: 1) современные высокотехнологичные промышленные зоны, научные парки и инкубаторы, мультимедийные среды работы, 2) современные подходы, принципы и методологии управления ТСиП НИУОиПП системами.

1. *Нормативно-правовая модель развития НИУОиПП ТСиП в РИСБЗ на основе ГСиИИ* основана на наличии, разработке, внедрении и развитии монопольных ТСиП, используемых в конкретных НИУОиПП учреждениях/организациях РИСБЗ инновационной нормативной и законодательной базы функционирования, управления и организации различных видов совместной деятельности на основе доступа и использования инфотелекоммуникационных ресурсов НИУОиПП [7, 8]. При этом монопольные преимущества НИУОиПП определяются, например, уникальным нормативно-правовым статусом НИУОиПП, местом в инфотелекоммуникационной сети (ИС) [11, 12] муниципальных связей, международным или российским рейтингом НИУОиПП.

2. *Инновационно-исследовательская модель развития НИУОиПП ТСиП в РИСБЗ на основе ГСиИИ* основана на наличии, разработке, внедрении и развитии монопольных инновационных научных концепций, методологий, патентов, изобретений, сервисов, услуг и управления, которые позволяют повысить инновационный потенциал взаимодействия субъектов ИС – качество и количество совместных исследований, программ подготовки и переподготовки [13, 14], полезность различных видов совместной НИУОиПП деятельности при сохранении уровня финансирования и стоимости затрат на основные виды деятельности. При этом монопольные преимущества определяются уникальным местом в развитии сегмента ИС – инновационной методологией муниципальных или региональных НИУОиПП РИСБЗ, защищенных научными концепциями, авторскими свидетельствами, зарегистрированными международными или российским патентами.

3. *Ресурсно-технологическая модель развития НИУОиПП ТСиП в РИСБЗ на основе ГСиИИ* основана на наличии, разработке, внедрении и развитии монопольных инновационных сегментов ИС – ресурсов, средств, методик и технологий эффективной деятельности сотрудников и органов управления НИУОиПП ТСиП с использованием эффективных принципов методов научной организации труда, призванных повысить заинтересованность разрабатывать и внедрять новые методики и технологии работы, повышающие эффективность НИУОиПП по реализации основной деятельности при условии обеспечения федеральных (муниципальных, региональных) показателей и нормативов по количеству и качеству научных исследований, образовательных программ, увеличению перечня и объемов услуг при минимизации затрат на основную деятельность. При этом монопольные преимущества НИУОиПП ТСиП определяются, например: 1) уникальным

местом в развитии инновационной ИС – ресурсов, средств, методик и технологий работы, на муниципальном или региональном уровнях РиСБЗ, защищенных научными концепциями и авторскими свидетельствами, 2) зарегистрированными международными или российскими патентами на научные и образовательные ресурсы, средства, методики и технологии, компьютерные алгоритмы и программы, 3) приемом на работу известных ученых, экспертов и авторов научных концепций, изобретателей-инноваторов, менеджеров-организаторов НИУОиПП ТСиП с технократическим стилем работы, жесткой системой нормирования труда и ориентацией на выстраивание эффективной работы, ориентации на использование «конвейерно-технологических», компьютерных и электронных ИС и систем управления на основе принципов «научной организации труда», использования инновационных авторских сертифицированных ТСиП и ИС ресурсов и средств их поддержки (высокотехнологичных, облачных, распределенных, гипермультимедиа, электронных).

4. *Конкурентно-маркетинговая модель развития НИУОиПП ТСиП в РиСБЗ на основе ГСиИИ* реализуется на 1) непрерывном поддержании и развитии инновационной уникальности функционирования и управления уже существующих НИУОиПП ТСиП на муниципальном уровне РиСБЗ, 2) базе и при условии эффективно работающих 1, 2, 3 моделей развития НИУОиПП и достаточного объема материально-технических, трудовых и производственных ресурсов и средств ИС поддержки ТСиП НИУОиПП деятельности в РиСБЗ для работы в условиях непрерывного развития и жесткой муниципальной или региональной конкуренции с аналогичными НИУОиПП.

5. *Бренд-корпоративная модель развития НИУОиПП политики ТСиП в РиСБЗ на основе ГСиИИ* основана на: 1) непрерывном поддержании и развитии инновационной уникальности функционирования и управления уже существующих НИУОиПП ТСиП на муниципальном и частично региональном уровнях РиСБЗ, 2) на наличии, разработке, внедрении и развитии ИС поддержки тактических и стратегических политик-технологий бренд-уникальности результатов, процессов и технологий НИУОиПП деятельности на частично региональном и частично федеральном уровнях ориентируясь на уникальное место в сети региональных и федеральных НИУОиПП услуг и связей которое определяется: 2.1) не тем, какой перечень услуг реализуются и что для этого необходимо, а тем насколько эффективно и активно ТСиП НИУОиПП внедряются и используются в муниципальных или региональных сегментах РиСБЗ, 2.2) потребностями и запросами заказчиков и потребителей услуг ТСиП НИУОиПП, реагирующими, не столько на качество и стоимость ТСиП, сколько на имидж и репутацию НИУОиПП ТСиП.

6. *Образно-кодовая информационная модель развития глобальной НИУОиПП политики ТСиП в РиСБЗ на основе ГСиИИ* основана на 1) непрерывном поддержании и развитии инновационной уникальности функционирования и управления уже существующих НИУОиПП ТСиП на муниципальном, региональном и частично федеральном уровнях РиСБЗ, 2) развитии тактических и стратегических политик-технологий бренд-уникальности результатов ТСиП деятельности НИУОиПП на федеральном и частично международном уровнях, 3) наличии, разработке, внедрении и развитии образ-кодов НИУОиПП ТСиП, заинтересованности РиСБЗ в создании инновационных НИУОиПП ТСиП деятельности стороны потребителей, инвесторов и общества на муниципальном, региональном и частично федеральном уровнях (модель реализуется в условиях информационной глобализации рынков муниципальных, региональных и федеральных ИС ресурсов и средств их поддержки).

7. *Виртуально-сетевая информационно-персонифицированная модель развития глобальной НИУОиПП политики ТСиП в РиСБЗ на основе ГСиИИ* основана на 1) непрерывном поддержании и развитии инновационной уникальности функционирования и управления уже существующих НИУОиПП ТСиП на муниципальном, региональном, федеральном и частично на международном уровнях, 2) развитии тактических и стратегических политик-технологий бренд-уникальности результатов ТСиП деятельности НИУОиПП на международном уровне, 3) наличии, разработке, внедрении и развитии образ-кодов НИУОиПП ТСиП заинтересованности РиСБЗ в создании результатов инновационной деятельности НИОиПП ТСиП политик сотрудничества со стороны потребителей, инвесторов и общества на муниципальном, региональном, федеральном и частично международных уровнях (модель реализуется на базе эффективно работающих материально-технических, трудовых, методических ресурсов и информационных средств ИС, налаженного НИУОиПП виртуально- сетевого информационно-персонифицированного ТСиП социально-культурного процесса и деятельности в условиях информационного общества и технотронной цивилизации, в которых структура деятельности всех субъектов инновационной НИУОиПП среды ориентирована преимущественно на персонифицированные глобальные и облачно-сетевые формы взаимодействия друг с другом, определяемые индивидуальными правами доступа к необходимым ТСиП работы.

Список используемых источников

1. **Экономическая** ситуация России в рамках Всемирной торговой организации / А. В. Васькова, Е. М. Михайличенко // Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы и тенденции развития экономики, управления и информатики в XXI веке», Санкт-Петербургский филиал Финансового университета, Санкт-Петербург, Россия, 3–5 декабря 2014 г. – С. 218–221.

2. **Система** международного научного сотрудничества и модели глобализации профессионального образования и науки в информационной среде стран БРИКС / Г. В. Абрамян // XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика» (РИ-2014), Санкт-Петербург, Россия, 29–31 октября 2014 г. – С. 290–291.

3. **Модели** научного сотрудничества и профессионального образования в информационной среде стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) / Г. В. Абрамян // Всероссийская научно-практическая конференция «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии» (ИТСиТ-2014), Кемерово, Россия, 16–17 октября 2014 г. – С. 7–8.

4. **Телекоммуникационные** модели образования и научной деятельности как облачные сервисы SAAS/SOD взаимодействия в вузе / Г. В. Абрамян // Международная научно-практическая конференция «Перспективы развития науки и образования», Ч. IV, Москва, Россия, 29 ноября 2013 г. – С. 100–101.

5. **Принципы** создания и развития системы менеджмента качества современного вуза / Ю. Д. Деревянко, А. С. Принцев, Н. Е. Соколов // Финансы, деньги, инвестиции. – 2013. – № 1 (45). – С. 035–038.

6. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников; под ред. Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с.

7. **Технологии** дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // РГПУ им. А. И. Герцена: сб. науч. тр. – СПб. : ЛГОУ, 1998. – С. 91–95.

8. **Современные** подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Юбилейная XIII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика» (РИ-2012), Санкт-Петербург, Россия, 24–26 октября 2012 г. – С. 238–239.

9. **К вопросу** о научно-методических аспектах, подходах и возможностях информационного моделирования элементов инновационного развития университетских комплексов на современном этапе / Г. В. Абрамян // Формирование университетских комплексов – путь стратегического инновационного развития образовательных учреждений: сб. науч. тр. – СПб. : СПбГУСЭ, 2008. – С. 19–23.

10. **Инновационные** технологии нелинейного развития современного регионального образования и подготовки кадров в сфере информационной безопасности / Г. В. Абрамян // VIII Санкт-Петербургская межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России» (ИБРР-2013), Санкт-Петербург, Россия, 23–25 октября 2013 г. – С. 232.

11. **Интеграция** региональной опорной точки доступа с национальными глобальными сетями на основе компьютерных коммуникаций / Г. В. Абрамян // Ученые записки. Серия «Математика и информатика»: сб. науч. тр. – СПб. : ЛГОУ, 1998. – С. 151–156.

12. **Организация** средств обратной связи на основе использования глобальных компьютерных телекоммуникационных инфраструктур в регионе / Г. В. Абрамян // РГПУ им. А. И. Герцена: сб. науч. тр. – СПб. : ЛГОУ, 1998. – С. 22–23.

13. **Совершенствование** информационной культуры будущего специалиста как важнейшее направление деятельности вуза / Р.Р. Фокин, Г.В. Абрамян // Международная научно-практическая конференция, посвященная 300-летию Санкт-Петербурга, Высшая административная школа при администрации Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия, 20–21 ноября 2003 г. – С. 159–169.

14. **Таксономия**, классификация и методология анализа целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях глобализации образования [Электронный ресурс] / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–7. – С. 1647–1652. – Режим доступа: <http://www.rae.ru/fs/pdf/2014/8-7/35270.pdf> (Дата обращения: 23.02.2015).

15. Системы и технологии электронного обучения как потенциальные объекты риска информационно-образовательной среды вузов и школ российской федерации / Г. В. Абрамян // Сетевая международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в вузе и школе», РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, 16–19 апреля 2014 г. – С. 17–20.

УДК 330.46

Е. Н. Андреева, Е. В. Востоков

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В КРУПНОМ ГОРОДЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОТРАСЛЕЙ

Развитие отраслей городской инфраструктуры – энергоснабжения, сетевой электросвязи и других требует учитывать возможное изменение пространственных параметров городов. В статье рассматривается модель развития городской застройки, позволяющая определить наиболее эффективные варианты вложения средств в развитие инфраструктурных отраслей

моделирование пространственного развития, прогнозирование, отрасли городской инфраструктуры.

Развитие отраслей городской инфраструктуры – теплоснабжения, водоснабжения, сетевой электросвязи, электроэнергетики и других непосредственно связано с изменением пространственных параметров городских поселений, распределением нагрузок по их территории, а также очередностью освоения новых пространств и уплотнением застройки уже освоенных районов. В настоящее время для всех крупных городов России разработаны Генеральные планы развития, в которых определяется зонирование существующих и перспективных городских территории и определены (ориентировочно) сроки освоения новых городских пространств. Казалось бы, задача распределения нагрузок может быть решена непосредственно за счет данных содержащихся в этих документах. Однако на практике Генеральные планы оказываются скорее пожеланиями, чем директивным документами. Как показывает реализация Генерального плана развития Санкт-Петербурга, в него за 9 лет (с 2005 по 2013 гг.) было внесено более 300 изменений, многие из которых были принципиальными, касаясь типов допустимой застройки, ее плотности и этажности, а также возможности использования рекреационных зон под застройку. Темпы ввода объектов недвижимости также существенно отличались от предусмотренных Генеральным планом.

В соответствии с современными концепциями развития городских территорий [1], оно задается территориальным размещением крупных центров занятости, которые определяют пространственное развитие жилой застройки, а последняя формирует вспомогательную и/или дополняющую административно-деловую и рекреационную.

Анализ данных о вводе новых объектов коммерческой и жилой недвижимости в Санкт-Петербурге показывает, что они существенно ниже заложенных в «Генплан развития Санкт-Петербурга» [2] и другие документы (например, [3]), определяющие перспективы развития города. Выборочный анализ реализации градостроительных планов в других регионах, показывает, что и там реальные темпы роста оказываются существенно ниже плановых. Поэтому первой задачей прогноза является определение ожидаемого ввода жилого фонда.

Обработка данных за ретроспективный период 2000–2013 годов показало, что $D(t)$ ввод жилой площади на 1000 жителей в году t зависит от $I(t-1)$ объема среднедушевых месячных доходов в ценах 2013 г. в году $t-1$ и подчиняется зависимости

$$D(t) = A_0 + A_1 \ln(I(t-1) + A_3).$$

Применительно к Санкт-Петербургу коэффициенты $A_0 = -671,885$, $A_1 = 205,325$, $A_3 = -50$.

Ввод жилой площади $S(t)$ равняется

$$S(t) = D(t)Z(t),$$

где $Z(t)$ – численность населения города в году t .

В качестве территориальной единицы в модели рассматривается кадастровый квартал. Каждый кадастровый квартал j характеризуется такими параметрами как: S_{jL} – предельная площадь жилых зданий, которые могут быть построены в квартале j (с учетом предельной этажности и необходимости размещения на территории квартала объектов социального и коммерческого назначения); Q_j – кадастровые кварталы, которые непосредственно примыкают к кварталу j , а также объекты транспортной инфраструктуры (транспортные магистрали) проходящие в непосредственной близости (через территорию) квартала, которые предполагается построить к концу прогнозного периода; $T_j(N)$ – кратчайшее время необходимое для попадания на работу из квартала j , которое потребуется после ввода в строй транспортной инфраструктуры (транспортные магистрали) проходящие в непосредственной близости (через территорию) квартала или с помощью проезда через другие застроенные кварталы к концу прогнозного периода; T_{jk} – время необходимое для попадания из квартала j в соседний квартал k , если $k \in Q_j$.

Применительно к каждому кварталу в начальный момент моделирования необходимо оценить текущее состояние квартала. В частности, наличие в нем застройки и возможность ее уплотнения, а также наиболее ранние

сроки, через которые возможно начало нового строительства в нем. Последнее включает:

- время, требуемое для согласования проекта жилищного строительства в квартале, которое зависит от категории земель квартала (от 0,5 года для кварталов, отнесенных Генпланом к категории – земель для жилищного строительства до 20 лет для особо охраняемых зон) и близости плотности застройки к предельной;

- время необходимое для превращения квартала в территорию, пригодную для строительства (в частности, осушение болотистых местностей, намывку земель и т. п.).

Каждый квартал должен оцениваться по критериям удобства проживания, к которым относятся:

- 1) Транспортная удаленность от ближайшего крупного центра занятости.

- 2) Сформировавшаяся приоритетность района как места строительства, оцениваемая по таким показателям как:

- безопасность проживания;
- качество жизни, под которым понимается уровень развития социально-экономической инфраструктуры в районе;
- качество транспортной инфраструктуры;
- доступность мест отдыха и рекреации;
- наличие зеленых насаждений (парковых зон) в районе.

Приоритетность района как места строительства является достаточно консервативной оценкой, с точки зрения жителей города, которая может не меняться многие годы, если не происходит каких-то радикальных изменений. Поэтому для построения прогноза даже на период в 15 лет можно использовать оценки, полученные в начале прогнозного периода. Данная оценка может быть построена путем ранжирования различных территорий города с точки зрения указанных 5 критериев. Комплексная оценка приоритетности района может строиться по правилу Нэша, в соответствии с которым, она равна произведению мест по разным критериям с учетом значимости каждого из них [4].

Комплексная оценка квартала на территории района предполагает учет кроме приоритетности района, таких факторов как возможность нахождения работы на территории района, к которому принадлежит квартал, времени необходимому для попадания на работу внутри района, а также престижность подобной работы.

Оценка времени необходимого для попадания на работу (T_{pj}) из j -го квартала проводилась по формуле

$$T_{pj} = T_{Bj}(t)E_{Bj}(t) + T_{Cj}(t)(1 - E_{Bj}(t)),$$

где T_{Bj} – оценка среднего времени, необходимого для проезда из квартала j в центр занятости, расположенный внутри района. В случае отсутствия конкретных данных эта оценка может строиться на экспертных мнениях. В частности, применительно к условиям Санкт-Петербурга это время принималось равным 20 минутам для собственно Петербурга, 10 минутам для Кронштадта, 15 минутам для Колпино и Пушкина, 30 – минутам для других пригородных районов; $T_{Cj}(t)$ – время необходимое для проезда из квартала j в центр города (для Петербурга до Дворцовой площади), $E_{Bj}(t)$ – доля занятости населения внутри района, в котором расположен квартал j в году t .

Величина внутренней занятости формируется из двух составляющих:

1) Минимального уровня занятости, определяемого исходя из необходимости размещения на территории района организаций социально-экономической инфраструктуры (компаний по эксплуатации недвижимости, детских учреждений, школ, продовольственных магазинов и т. д.) По данным [5] для административных районов Санкт-Петербурга эта оценка равняется 5 % (Красносельский район).

2) Наличия на территории района центров региональной занятости в момент времени t . Данная оценка может быть получена как на основе опроса населения [5], так и расчетным путем. Последнее предполагает расчет отношения: численность работников на крупных и средних предприятиях района к общей численности населения района в трудоспособном возрасте, скорректированного на среднюю долю занятых на крупных и средних предприятиях в регионе в целом. Ввод новых крупных центров занятости приводит к росту данного показателя.

Исходя из того, что основными покупателями новой жилой недвижимости в большинстве крупных городов являются представители среднего класса, занятые в основном управленческим трудом или инженерно-технические специалисты, то возможным критерием оценки престижности района может служить доля административных зданий и бизнес центров, размещенных на этой территории.

Комплексная оценка района (K_P), как места проживания построена по правилу:

$$K_P = \frac{(K_W)^A}{(K_L)^{1-A}} \frac{1}{T_P} = \frac{K_C}{T_P},$$

в которой в качестве критерия оценки престижности работы (K_W) используется доля офисных площадей в бизнес центрах, размещенных в соответствующем районе. Начальные значения критериев для Санкт-Петербурга представлены в таблице.

Начало строительства в квартале j может начаться только в случае, когда застроен (введен в эксплуатацию) какой-то из объектов, входящих в Q_j . Признаком застроенности квартала k в году t обозначим через $y_k(t)$. Он принимает значение 0 (если квартал не застроен) или 1 (если квартал застроен).

Признак $u_k(0)$ равняется 1 для кварталов уже застроенных к началу прогнозирования. Для объектов транспортной инфраструктуры признак $u_k(t)$ принимает значение 1, с того года t , к которому предполагается достроить магистраль до квартала k .

ТАБЛИЦА. Начальная оценка привлекательности районов Санкт-Петербурга как мест жилой застройки

Район	K_L	Доля проживающих занятых внутри района	Доля района в площадях бизнес-центров	K_C	Среднее время до центра города, мин.	Среднее время до работы внутри района, мин.	Среднее время до работы, мин.	K_P
Центральный	1,23	59	17	3,72	20	20	20,00	11,17
Петроградский	6,44	55	14	1,47	30	20	24,50	3,61
Василеостровский	4,01	45	10	1,58	40	20	31,00	3,06
Московский	3,24	36	11	1,84	55	20	42,40	2,61
Приморский	5,68	41	13	1,51	55	20	40,65	2,23
Адмиралтейский	10,61	31	8	0,87	35	20	30,35	1,72
Калининский	2,83	41	3	1,03	60	20	43,60	1,42
Выборгский	7,20	41	3	0,65	60	20	43,60	0,89
Красногвардейский	8,67	41	3	0,59	55	20	40,65	0,87
Кировский	13,03	41	3	0,48	50	20	37,70	0,76
Фрунзенский	10,10	25	3	0,55	60	20	50,00	0,65
Невский	12,59	41	3	0,49	65	20	46,55	0,63
Петродворцовый	5,86	41	2	0,58	85	30	62,45	0,56
Пушкинский	13,73	41	2	0,38	80	15	53,35	0,43
Колпинский	16,49	41	2	0,35	80	15	53,35	0,39
Кронштадский	13,70	41	1	0,27	95	10	60,15	0,27
Курортный	13,83	41	1	0,27	100	30	71,30	0,23
Красносельский	13,57	5	1	0,27	95	30	91,75	0,18

Источник: рассчитано по данным [5, 6].

Признак начала строительства в квартале j в году t обозначим через $x_j(t)$. Он также может принимать значения только 0 или 1. Возможность начала строительства в квартале j в году t определяется неравенством

$$x_j(t) \leq \sum_{k \in Q_j} y_k(t-1), \quad j \in J, \quad t = 1 : N, \quad (1)$$

где N – число лет прогноза, а J – множество кварталов, в которых предполагается строительство.

В году t в квартале j может быть построено жилье общей площадью $s_j(t)$, которая должна отвечать условию:

$$\sum_{\tau=1:t} s_j(\tau) \leq S_{jL} x_j(t), \quad j \in J, \quad t = 1 : N, \quad (2)$$

Для кварталов, которые не были застроены до начала строительства, признак завершенности строительства в квартале j определяется неравенством

$$q_j S_{jL} y_j(t) \leq \sum_{\tau=1:t} s_j(\tau), \quad j \in J, \quad t = 1 : N, \quad (3)$$

где q_j – минимальная застроенность квартала j , при которой на его территории создается необходимая транспортная инфраструктура, позволяющая начать строительство в соседних кварталах. При проводившихся расчетах q_j принималось равным 0,5.

Еще одним ограничением является строительство такого количества жилой площади, которую можно было бы реализовать в году t , т. е.

$$\sum_{j \in J} s_j(t) \leq S(t), \quad t = 1 : N, \quad (4)$$

где $S(t)$ – площадь жилых домов, которые могут быть введены в Санкт-Петербурге в году t согласно прогнозу ввода жилья.

Если рассматривать задачу как оптимизационную, то в качестве критерия можно было бы рассматривать ввод наибольшего количества жилья в районах, имеющих наиболее высокую привлекательность, т. е.

$$\sum_{j \in J} \sum_{t=1:N} s_j(t) \frac{K_{Cj}(t)}{T_j(N)} \Rightarrow \max, \quad (5)$$

где $K_{Cj}(t)$ – комплексная оценка j -го квартала, как территории, расположенной в определенном районе Санкт-Петербурга.

Решение оптимизационной задачи (1)–(5) предполагает, что все застройщики действуют как единая компания, да еще смотрят на перспективу в 16 лет. Подобное допущение для описания реальных процессов освоения территорий является сомнительным. В реальности застройщики являются самостоятельными компаниями и имеют значительно более короткий горизонт прогнозирования. Каждый из них действует самостоятельно и чаще всего ориентирован на застройку территорий в определенных районах го-

рода. Поэтому при формировании прогноза правильнее рассчитывать в каждом году t приросты объемов застройки, исходя из следующих гипотез о выборе мест строительства подрядчиками:

1) площадь новой застройки в каждом из районов пропорциональна комплексной оценке района в прошлом периоде (чем более привлекателен район, тем больше площадей в нем строится);

2) каждый кадастровый квартал, который можно освоить, осваивается самостоятельной компанией;

3) новый квартал, начинает осваиваться только после того, как будет завершена застройка в рядом расположенных кварталах, освоение которых была начата ранее.

Представляется, что подобная модель может служить хорошей основой для оценки перспективных нагрузок в жилом секторе, но и в других секторах экономики, позволяя определять места, в которых выгодно размещать генерирующие и трансформирующие центры инфраструктурных компаний, а также приемно-передающие центры.

Список используемых источников

1. **Economics of Agglomeration: Cities, industrial location, and regional growth** / M. Fujita and J-F. Thisse. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013 – 538 p.

2. **Закон** Санкт-Петербурга от 22.12.2005 N 728-99 «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга». – URL: <http://gov.spb.ru/law?d&nd=8422495>. (Дата обращения 06.04.2015).

3. **Постановление** Правительства Санкт-Петербурга от 13 мая 2014 года N 355 «О Стратегии экономического и социального развития Санкт-Петербурга на период до 2030 года». – URL: http://egov.law.kodeks.ru/npd/show_document/537954903. (Дата обращения 06.04.2015).

4. **Менеджмент** : учеб. пособие / Е. В. Востоков. – СПб. : СПбГУТ, 2006 – 242 с.

5. «**Оскар**» для районов Петербурга / Е. Заздравных // Эксперт Северо-Запад. – 2013. – № 21 (618). – С. 5–12.

6. **Пространственное развитие Санкт-Петербурга. Выводы по исследованиям** / В. Желтова. – СПб. : ЦСР СЗ, 2011 – 12 с.

УДК 336.761

Ю. В. Арзумян, Н. Н. Васильева, А. А. Степаненко

О ПОСЛЕДСТВИЯХ СКАЧКА ВОЛАТИЛЬНОСТИ ШВЕЙЦАРСКОГО ФРАНКА ДЛЯ УЧАСТНИКОВ РЫНКА FOREX (ВАРИАНТ ПРОГНОЗА)

Произошедшее 15 января 2015 года скачкообразное отклонение волатильности рыночных курсов EUR/CHF и USD/CHF от установившейся рыночной нормы вызвало

панику на валютном рынке. Это событие способно подорвать имидж стабильности Швейцарского франка, налоговой гавани и валюты убежища.

В статье анализируются на основе исторических аналогий причины и последствия решения Национального банка Швейцарии. Приводится обоснованный вариант прогноза ситуации на валютном рынке после событий с Швейцарским франком.

швейцарский франк (CHF), валютный рынок, инфляция, курс валюты, дефицит платежного баланса, ревальвация, Forex.

Стабильность валютных курсов, а, следовательно, прогнозируемость валютного рынка является важнейшим фактором развития международной торговли, экономик отдельных стран и мировой экономики в целом. Это позволяет достаточно точно прогнозировать курсы валют, планировать бизнес и бюджеты государств. Примером высокой стабильности и надежности уже 250 лет был швейцарский франк (CHF), который вполне обоснованно относился традиционно к валютам налоговых гаваней и заслужил название – валюта убежища [1]. Поэтому не может не вызвать не только практическое внимание, но и теоретический интерес произошедшее 15 января 2015 года отклонение волатильности рыночных курсов USD/CHF и EUR/CHF от установившейся рыночной нормы стабильности. Начиная с 16:00 по мировому времени за несколько минут их рыночные курсы упали на четыре большие фигуры в рипс (пунктах) 4536 (44 %) и 4427 (37 %) соответственно. В этом случае анализ причин и последствий для участников рынка является актуальным.

Из теории валютного рынка следует, что чем точнее мы знаем историю (в данном случае CHF), тем с меньшей ошибкой можно спрогнозировать причины и последствия изменений валютного курса [2, 3].

Введение швейцарского франка в обращение произошло в 1850 году. Практически нулевой уровень инфляции национальной валюты и законодательно закрепленное в 1920-х годах обеспечение резервами золота на уровне минимум 40 % обеспечили ей надежность и стабильность.

За время своего существования отклонение курса франка от средней величины 10 % произошла только один раз, 27 сентября 1936 г. Объективной и прогнозируемой причиной девальвации франка, который обесценился на 30 %, послужил экономический кризис в Соединенных Штатах Америки – Великая депрессия.

Однако в дальнейшем CHF оставался стабильным, обеспеченным золотом несмотря на то, что привязка к золоту была отменена 1 мая 2000 г. в связи с поправками в Конституцию Швейцарии. Это событие было следствием того, что после Ямайская конференция (г. Кингстон, 1976) были сформированы новые принципы формирования Мировой валютной системы, появлению валютного рынка Forex и по Маастрихтскому договору (1991) образован Европейский валютный союз (ЕВС). Государства-члены

союза перешли к общей экономической и валютной политике – единой валюте (EUR). Швейцария в союз не вошла, однако в валютной политике CHF был жестко, стабильно привязан к EUR при обмене по кросс курсу EUR/CHF, в отличии от других резервных валют, например, USD [4].

В настоящий момент курсы валют на рынке Forex определяются рыночными механизмами и могут незначительно корректироваться путем валютной интервенции государства. Выпуск и контроль за обращением этой валюты осуществляет национальный банк (НБ) Швейцарии, который находится в государственной собственности и отвечает за стабильность курса.

Однако, скачек волатильности 15 января на 4427 pips вместо обычных 53 (табл.), имеет все признаки проведенной государством скрытой ревалюации (англ. *revaluation* или *to value* – повышение ценности) [2, 5]. Такие действия приводят к тому, что национальное платежное средство CHF становится дороже. С точки зрения международной торговли это повышение стоимости франка относительно других валют. Например, относительно EUR на 37 %. Другими словами, курс EUR/CHF упал с 1,2010 до 0,7583. Фактически это отказ руководства страны от поддержки курса валюты, отказ от привязки курса валюты к валютам других стран, например, EUR, стимулирование импорта.

ТАБЛИЦА. Зависимость волатильности валютных пар от времени торговли (24 часа) и торговой сессии в pips

Пара	Азиатская сессия	Европейская сессия	Американская сессия
EUR/CHF	53	53	49
USD/CHF	68	117	107

Теоретически такие действия Центральных банков известны и вызваны такими, наиболее значимыми причинами как:

1. Инфляция.
2. Дефицит платежного баланса.
3. Защита внутреннего рынка.
4. Политика.

Первые три причины не устраняются принятым НБ решением. Признаки кризиса еврозоны стимулировали отказу от ранее установленной привязки к EUR, которая не позволяла превысить лимит при обмене 1 EUR на не менее 1,2 CHF. После этого последовало снижение процентной ставки [6] и как следствие снижение стоимости денег, что не способствует снижению инфляции. Падение курса EUR/CHF стимулирует импорт и ограничивает экспорт, что не снижает дефицит платежного баланса и по этой же причине не защищает внутренний рынок.

года, не наблюдались. Остается одно предположение, которое связано с оценкой курса максимально приближенного к рыночному механизму. Это подтверждает и одновременное падение курса USD/CHF. Кроме того, освобождение франка от привязки к EUR и снятие ограничений курса, поддерживаемого интервенцией (затратами) национального банка.

Исходя из приведенных фактов, можно сделать вывод о последствиях и о возможном прогнозе ситуации на рынке Forex.

Несмотря на утверждение Швейцарского НБ, что ничего серьезного не произошло, на самом деле выглядит наоборот. Для стабильной экономики Швейцарии это явные потери, хотя уже на следующий день курс отыграл падение на 20 % и далее имеет тенденцию к медленному росту. Терпят убытки трейдеры совершавшие сделки на повышение. В выигрыше только те, которые работали на понижение, но при отсутствии каких-либо данных для такого прогноза такое возможно только на основе инсайдерской информации.

Более важным является предположение о том, что Швейцарские банкиры лучшие и опытнейшие специалисты в мире действовали не случайно. Наиболее вероятны их сомнения в стабильности EUR, связанные с событиями в Греции, обязательства европейского союза перед Украиной, дотационный характер стран Прибалтики, наконец, тенденция ослабления к доллару США. Хотя и косвенно, но это сигнал того, что ожидается ослабления EUR в будущем. В дополнение к этому уникальное предвидение того, что может появиться проект создания объединенных вооруженных сил Европы, а этот проект будет слишком дорогим для европейского союза и EUR.

Список используемых источников

1. **Национальная** валюта Швейцарии, история появления, развития [Электронный ресурс] / Энциклопедия инвестора. – Режим доступа: <http://investments.academic.ru/559/CHF>. (Дата обращения 12.02.2015).

2. **Алхимия** финансов: рынок. Как читать его мысли / Дж. Сорос. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 416 с. – ISBN 0-471-04206-4, 5-86225-166-9.

4. **Currency appreciation and depreciation** [Электронный ресурс] / From Wikipedia, the free encyclopedia. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Appreciation_\(currency\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Appreciation_(currency)). (Дата обращения 06.02.2015).

3. **Технический** анализ от А до Я / С. Акелис. – М. : Диаграмма, 2010. – 376 с. – ISBN 978-5-902537-13-7.

5. **Изменение** стоимости иностранной валюты. Т. 2. / А. П. Киреев. – М. : Международные отношения, 2001. – 488 с. – ISBN 5-7133-1028-0.

6. **Волатильность** валютных пар [Электронный ресурс] / The best Forex. – Режим доступа: <http://forexluck.ru/para/916-volatilnost>. (Дата обращения 28.01.2015).

УДК 332.87

Ю. В. Арзуманян, М. Б. Вольфсон, Е. В. Востоков

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА, ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
СЕРВИСОВ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЙ СФЕРЕ**

Состояние жилищного комплекса современных городов влияет на такие аспекты безопасности, как энергетическая, экологическая и личностная. В целях повышения их эффективности предлагается бизнес-модель, и описываются функциональные возможности комплексной системы мониторинга, принятия решения и управления объектами жилищно-коммунального комплекса.

Smart city, жилищно-коммунальный комплекс, мониторинг, бизнес-модель, энергетическая эффективность.

В настоящее время государство выдвигает требования соответствия современной городской инфраструктуры концепции национальной безопасности. Эта концепция предусматривает устойчивое развитие общества независимо от внешних и внутренних факторов, влияющих на все сферы ее функционирования.

Состояние такой инфраструктуры современных городов как жилищный комплекс влияет на такие аспекты безопасности, как энергетическая, экологическая и личностная безопасность.

Энергетическая и экологическая безопасность должны обеспечить существенное снижение потребления невозполнимых источников энергии, а также, существенно сократить аварийные ситуации, приводящие к нарушению энергетического и экологического баланса.

Личностная безопасность предусматривает, прежде всего, устойчивое состояние инфраструктуры и окружающей среды, а также, создание механизмов защиты от вторжений в личную жизнь, приводящих к физическим, моральным и материальным потерям.

Для решения подобных задач необходимо разработать:

- комплексную систему контроля и мониторинга состояния отдельных объектов жилищно-коммунального комплекса (квартир, лестничных площадок, подвальных и служебных помещений, а также, придомовой территории);

- интеллектуальную систему автоматического принятия решения и оповещения, позволяющую либо самостоятельно ликвидировать аварию (системы пожаротушения, отключения электричества, газа и т. п.), либо заранее оповестить население о наступлении чрезвычайной ситуации;

– систему передачи, сбора, накопления, обработки и анализа информации;

– принципиально новую систему организации и управления всеми процессами, используя современные методы бизнес-инжиниринга, позволяющую существенно повысить ее эффективность и сократить издержки.

Разработка и внедрение подобной системы позволит:

– осуществлять учет всех используемых ресурсов и автоматически производить расчет за их потребление;

– контролировать и принимать меры при существенном отклонении параметров всех объектов от заданных значений;

– предотвращать аварийные ситуации или заранее о них оповещать;

– сократить потребление энерго-тепловых ресурсов и тем самым снизить выбросы вредных веществ в атмосферу;

– обеспечить комфорт и безопасность людей, как в домашних условиях, так и на прилегающих территориях;

– обеспечить как юридическим, так и физическим лицам, благодаря созданию уникальной инфокоммуникационной среды, доступ к постоянно обновляемым и совершенствуемым сервисам и, тем самым, реализовать концепцию SMART CITY.

Рассмотрим бизнес-модель и функциональные возможности системы, опираясь на оригинальную концепцию А. Остервальдера [1].

Ценностные предложения

а) На базе современных достижений в области радиоэлектроники, связи и информационных технологий предлагается система мониторинга, обслуживания и предоставления сервисов позволяющая:

– контролировать потребление всех видов энергоресурсов (электроэнергия, тепло, газ и т. д.), а также все параметры состояния квартиры, лестничной площадки, подвалов и прилегающих территорий;

– оповещать о возникновении аварийных ситуаций в связи с превышением концентрации газа, затопления подвальных и чердачных помещений, авариях на общедомовых сетях, а также о несанкционированном проникновении в жилые и нежилые помещения;

– оповещать соответствующие службы о проникновении на придомовые территории разыскиваемых лиц и автомобилей на базе систем видеонаблюдения, позволяющих распознавать и идентифицировать объекты;

– осуществлять непрерывный контроль за всеми профилактическими и ремонтными работами и оценивать их качество;

– упростить оформление заказа на различные ремонтные работы, а по их окончании оценить качество и сроки их выполнения;

– непрерывно получать информацию по всем счетам и производить оплату, используя индивидуальный информационный терминал;

– получать информацию о новых сервисах в сфере страхования, банковских, телемедицинских и юридических услуг, услуг по ремонту, образовательных услуг и услуг по уходу за детьми и пожилыми людьми, транспортных услугах и пр., заказывать их и производить оплату.

б) Разработать новую систему управления инфраструктурой ЖКХ, предусматривающей создание для каждого микрорайона с населением 30–50 тыс. человек системного интегратора с функциями обслуживания и предоставления широкого спектра новых сервисов.

Архитектура такой компании (бизнес-архитектура, IT архитектура, организационная архитектура) формируется исходя из основных задач и сбалансированной системы показателей, обеспечивающих качество, эффективность, сокращение издержек и высокую доходность за счет предоставления широкого спектра услуг либо собственными средствами, либо на принципах аутсорсинга [2].

Разработка архитектуры такой компании осуществляется на базе методов процессного менеджмента (BPM) с полным описанием и оптимизацией всех бизнес-процессов во всех сферах деятельности (производственной, финансовой, организационной).

Потребительский сегмент

В реализации данного проекта заинтересованы все граждане, проживающие в соответствующем населенном пункте, так как его внедрение повысит качество жизни, сократит затраты на коммунальные услуги, упростит систему расчетов и сократит время на получение услуг, повысит уровень безопасности, позволит получать дополнительные сервисы по запросу в любой сфере.

Взаимодействие с клиентами

В рамках данного проекта планируется организовать отношения с клиентами в полностью автоматизированном режиме.

Для решения этой задачи вся информация о состоянии инфраструктуры, объемы потребления ресурсов, финансовые показатели, счета на оплату услуг, запросы на обслуживание, ремонтные работы и информация о сервисах по запросу будет находиться у системного интегратора в центральной базе данных.

Каждому клиенту будет предоставлена возможность, используя личный терминал, подключиться к центральной базе данных и получить доступ ко всей интересующей его информации, как в аварийном, так и в штатном режиме, оплатить счета, сделать заказ на обслуживание и ремонт, подтвердить его выполнение с оценкой качества, подключиться к камерам видеона-

блюдения, контролирующих подъезды, лестничную площадку и прилегающую территорию, а также, сделать запрос на любой сервис, предоставляемый системным интегратором и оплатить счет.

Потоки поступления доходов и сокращение издержек

Прямые доходы включают в себя:

- а) доходы от экономии энергоресурсов (вода, газ, электричество, тепло);
- б) сокращение издержек вследствие предотвращения аварий в сфере инфраструктуры (пожары, затопления, и т. п.);
- в) сокращение издержек вследствие предотвращения проникновений в квартиры и общедомовые помещения;
- г) доходы от организации платных стоянок, используя камеры видеонаблюдения;
- д) доходы от охраны квартир;
- е) доходы от предоставления новых сервисов системным интегратором (страхование, банковские услуги, все виды ремонтных работ оргтехники, бытовой техники, машин, квартир и т. п.), а также, других услуг.

Системный интегратор имеет возможность занять существенную долю рынка в сфере услуг благодаря следующим факторам:

- наличием уникальной системы информационного взаимодействия с каждым жителем микрорайона, что позволяет предоставить ему всю необходимую информацию об услуге, ответить на вопросы, сделать заказ и произвести оплату в автоматическом режиме;
- обеспечит высокое качество выполнения работ благодаря опросу в автоматическом режиме всех потребителей услуг и предоставление всем заинтересованным лицам результатов опроса по вопросам качества;
- созданием системы материального стимулирования лиц, заказавших услугу у системного интегратора, путем отчисления определенного процента от стоимости услуги в счет оплаты коммунальных платежей;
- защитой прав потребителей перед недобросовестными исполнителями.

Косвенные доходы включают в себя:

- а) увеличение стоимости квартир на 10–15 % за счет улучшения качества жизни;
- б) снижение преступности и, тем самым, сокращение затрат на содержание силовых структур.

Ключевые ресурсы и виды деятельности

Для реализации проекта необходимо:

- располагать современными технологиями в области радиоэлектроники;

- располагать производственными ресурсами для серийного выпуска необходимых радиоэлектронных изделий;
- располагать материально-технической базой для ремонта и обслуживания всего комплекса;
- располагать телекоммуникационной и сетевой структурами для передачи и приема всех видов информации;
- располагать информационной системой сопровождения всех процессов, построенной на принципах сервисно-ориентированной архитектуры, позволяющей постоянно расширять спектр услуг;
- создать управляющую компанию с функциями системного интегратора, обеспечивающую рентабельность проекта и эффективность функционирования системы в целом;
- располагать на базе вузов-партнеров системой подготовки и переподготовки кадров.

Ключевые партнеры

Ключевыми партнерами могут являться научно-исследовательские организации, производственные предприятия, а также образовательные учреждения.

Таким образом, разработка и внедрение комплексной системы мониторинга, обслуживания и предоставления сервисов может позволить повысить эффективность хозяйствования в жилищно-коммунальной сфере, снизить риски, связанные с реализацией личностной, энергетической и экологической безопасностью, получить новые источники доходов в бюджет и добиться роста удовлетворенности граждан.

Список используемых источников

1. **Построение** бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора / А. Остервальдер, И. Пинье; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : ООО «Альпина Паблишер», 2012. – 288 с. – ISBN 978-9614-1844-6.
2. **Модели** и архитектуры электронного предприятия: монография / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников; под редакцией Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-93630-782-9.

УДК 3.304

Ю. В. Арзуманян, А. А. Захаров, А. Д. Сотников

КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СОЦИАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ СООБЩЕСТВАХ

Современный уровень развития информационного общества в Российской Федерации делает актуальным рассмотрение вопросов организации взаимодействия в отдельных социально ориентированных сообществах. Наиболее остро необходимость в этом ощущается в среде пожилых людей (пенсионеров) и лиц с ограниченными возможностями (инвалидов). Особенности этой социальной группы, их сложившееся «цифровое неравенство» помимо государственной поддержки требуют специальных организационных мер и источников финансирования.

пенсионеры, инвалиды, информационное взаимодействие, бизнес-модель.

Реализация планов развития информационного общества в Российской Федерации [1]–[3] позволяет констатировать несомненный успех в деле продвижения инфокоммуникационных технологий во все сферы как общественной, так и частной жизни. При этом полноценное использование подобного рода новаций подразумевает обладание необходимыми знаниями, навыками и опытом. В такой ситуации образованная молодёжь имеет очевидные преимущества перед пожилыми людьми и лицами с ограниченными возможностями, для которых доступ и использование «новых» сервисов потенциально наиболее удобны. Кроме того, целевая социальная группа пенсионеров и инвалидов составляет свыше трети населения страны, что делает весьма актуальным рассмотрение путей организации предоставления социально ориентированных услуг соответствующими государственными органами, службами и фондами, а также благотворительными и коммерческими организациями [4].

Анализ, выполненный на кафедре информационных технологий в экономике Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, позволяет классифицировать участников указанной социальной группы по ряду признаков и выделить их основные информационные потребности, среди которых первые места занимают потребности в информационном взаимодействии со службами здравоохранения, социального и пенсионного обеспечения, юридической помощи. Наряду с ними востребованными являются образовательные услуги, содействие в трудоустройстве, тематические групповые информационные потребности.

Предлагаемая концепция, реализованная в конкретных системах и проектах, нацелена на решение следующих основных задач:

- обеспечение информационного взаимодействия целевой социальной группы с заинтересованными органами и службами государственной власти;
- участие в реализации федеральных и региональных программ, направленных на повышение уровня жизни членов целевой группы;
- оказание всесторонней помощи и информационной поддержки в решении задач здравоохранения, социальных и бытовых проблем;
- предоставление рабочих мест пенсионерам и инвалидам;
- организация и проведение различных тематических мероприятий;
- реализация специализированных образовательных программ;
- сбор статистических данных о целевой группе, содействие разработке проектов законов и иных нормативных правовых актов, направленных на регулирование правовых отношений в области пенсионного обеспечения и социальной защиты пенсионеров и инвалидов;
- реализация ориентированных на целевую группу коммерческих проектов.

Идеология концепции состоит в объединении и организации взаимодействия в интересах целевой группы следующих трёх составных частей:

- информационные ресурсы, обеспечивающие взаимодействие с государственными структурами (порталы государственных услуг, региональные, тематические порталы и информационные службы);
- тематические сообщества, создаваемые в целевой группе с помощью технологий социальных сетей;
- коммерческие сервисы и службы, ориентированные на оказание услуг социальной группе.

Ключевым элементом концепции является «социальная сеть», объединяющая членов целевой группы и способная агрегировать разрозненное общество в единое образование. Такие социальные сети позволят расширить и углубить представительство целевой группы в информационной среде (например, в органах государственного управления) для лучшей реализации своих групповых и личных интересов. С другой стороны, государственные и негосударственные структуры (фонды и коммерческие организации) получают возможность адресного взаимодействия с членами социальной группы.

Важнейший аспект концепции состоит в локальной направленности объединяющих социальных сетей, позволяющей долговременно поддерживать живой интерес к активному участию в проекте членов социальной группы на базе местных, муниципальных событий, животрепещущих проблем многоквартирного дома, городского района или небольшого города. Такой подход открывает возможности адресного обслуживания членов целевой группы мелкому и среднему бизнесу, для которого использование структур федерального и регионального масштаба дорого и неоправданно.

Примерный сценарий реализации предлагаемой концепции подразумевает регистрацию и обучение членов целевой группы основам инфокоммуникационных технологий. Причём, обучение может быть проведено на базе существующих общественных объединений пенсионеров и инвалидов, в частности, например, в рамках компьютерных курсов программы «Бабушка-Онлайн, Дедушка-Онлайн» Межрегиональной общественной организаций «Ассоциация ветеранов, инвалидов и пенсионеров». Очное или дистанционное (через образовательный портал) обучение для каждого конкретного члена целевой группы оканчивается формированием портала личного доступа к необходимым сервисам и службам.

Информационное взаимодействие в рамках предлагаемой концепции осуществляется членами социальной группы через портал личного доступа, в котором сконцентрированы только необходимые, безопасные и апробированные пользователем сервисы и службы без несанкционированной рекламы, отвлекающих ссылок и баннеров. В тоже время, согласно принципам, WEB 2.0 в портале личного доступа должны быть предусмотрены готовые механизмы самостоятельного подключения пользователем новых сервисов и удаления ненужных.

Учитывая психо-физиологическое состояние членов целевой группы, наиболее адекватным терминальным устройством для информационного взаимодействия в настоящий момент можно считать планшет/смартфон с предустановленным и персонально настроенным программным обеспечением, позволяющим производить надёжную беспарольную идентификацию пользователя по таким характеристиками, как отпечаток пальца, голос, радужка глаза, биометрия лица, местоположение и др. Кроме того, использование носимого терминала открывает возможности автоматизации вызова экстренных служб по сигналам встроенных и внешних датчиков физиологического состояния пенсионера или инвалида.

Состояние российской экономики при реализации настоящей концепции заставляет особое внимание уделять поискам источников финансирования.

Предлагаемая бизнес-модель подразумевает контроль за порталом личного доступа и образовательным порталом либо муниципального органа, либо общественного объединения пенсионеров и инвалидов. В этом случае текущие расходы по содержанию порталов, оплате трафика членов социальной сети, расходы на приобретение и программирование терминального оборудования, обучающие курсы и т.д. могут быть покрыты за счёт двухсторонних договоров на размещение и рекламу соответствующих сервисов. Примерами заинтересованных в этом коммерческих структур могут быть:

- пенсионные фонды;
- банки;
- страховые компании;
- юридические консультации;

- медицинские учреждения;
- организации санитарно-курортного лечения;
- действующие на территории социальной группы торговые сети;
- местные предприниматели и фирмы.

К сожалению, рассмотренная бизнес-модель может быть эффективной только для активно действующих и достаточно популярных решений с достаточным числом участников. На начальном этапе развёртывания соответствующих информационных систем потребуются начальные капиталовложения из муниципальных, региональных или федеральных бюджетов.

Список используемых источников

1. **Стратегия** развития информационного общества в Российской Федерации. Российская газета. – 2008. – 16 февраля.
2. **Концепция** долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. Российская газета. – 2008. – 20 марта.
3. **Государственная** программа Российской Федерации «Информационное общество (2011–2020 годы)». Российская газета. – 2010. – 16 ноября.
4. **Информационное** общество. Инфокоммуникации и бизнес: монография / М. Б. Вольфсон, Ю. В. Арзуманян. – СПб. : СПбГУТ, 2005. – 480 с.

УДК 004.738.5:334.7

М. Ю. Арзуманян, А. Д. Сотников

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ «КОНКУРЕНТНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА» НА ОСНОВЕ ДОМЕННОЙ МОДЕЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Конкурентоспособность рассматривается как сложно структурированное многокомпонентное свойство, формируемое в различных областях, описываемых доменной моделью инфокоммуникаций на основе теории информационного взаимодействия.

конкурентное преимущество, доменная модель, ментальная модель, информационное взаимодействие.

В самом общем виде конкурентоспособность в экономической науке понимается, как способность конкурировать с аналогичными объектами на конкретном рынке, используя конкурентные преимущества для достижения поставленных целей. Традиционно [1] конкурентоспособность определяют для следующих уровней: товарного, микроуровня и макроуровня. Такой подход позволяет оценить конкурентоспособность лишь с внешней стороны, не затрагивая внутренние причины и механизмы формирования этого свойства, его внутреннюю организацию и структуру. При определении

конкурентоспособности и конкурентных преимуществ предприятия, как базового субъекта экономики, оправданным будет подход, исследующий свойства его внутренней организации и структуры, рассматривающий предприятие «изнутри». Существующие подходы и методики для оценки конкурентоспособности и выявления конкурентных преимуществ рассматривают три уровня предприятия: самого предприятия, производства и продукции. Конкурентоспособность в этом случае понимается как комплексное системное свойство, по-разному проявляющееся на каждом из уровней. На каждом уровне выделяются показатели, определяющие меру конкурентоспособности. Так, на уровне продукции выделяют такие показатели, как качество продукции, возможность поддержки на всех фазах жизненного цикла продукта и др. На уровне предприятия выделяют темпы роста доходов и прибыли, уровень социальной ответственности и др. Таким образом, в существующих подходах к оценке конкурентоспособности предприятия основное внимание уделяется производственно-технологическим или рыночно-сбытовым аспектам, связанным с трудовой и товарной составляющей его деятельности. Такое представление не может оставаться актуальным и доминирующим при переходе к информационному обществу и информационной экономике, где главенствующая роль процессов переходит в область «информационного взаимодействия», а основными ресурсами становятся информация и знания.

Доменная модель инфокоммуникаций

Для анализа внутренних механизмов конкурентоспособности предлагается доменная модель инфокоммуникаций (ДМ) [2, 3], которая выделяет три домена, где сконцентрированы три относительно самостоятельных, хотя и тесно связанных вида деятельности, а именно: физический, информационный и когнитивный домены. Деятельность предприятия происходит в «реальном» физическом мире, в котором протекают преимущественно энергетические процессы. Эта область соответствует физическому домену (ФД). Деятельность, связанная с управлением предприятием (анализ ситуаций, выбор вариантов) и иная интеллектуальная деятельность, продуктом которой являются оценки и принятие решений, напротив, продукт ментальной и психической активности, протекающей в сфере «идеального», которая представлена в когнитивном домене (КД). Информационный домен (ИД) – это область, в которой присутствуют и циркулируют данные («информация»), используемые в когнитивном домене для реализации процессов управления и представляющие объекты, явления и процессы физического домена. Определение конкурентных преимуществ на основе доменной модели предполагает оценку деятельности в каждом домене и позволяет учесть не только материальные аспекты деятельности предприятий, что особенно важно для «высокоинформатизированных» предприятий информационной экономики.

Существуют стандарты, регламентирующие деятельность по производству продукции, для достижения определенного качества выпускаемого товара/услуги. Такие стандарты затрагивают процессы, протекающие преимущественно в ФД, где деятельность наиболее формализована, что и позволяет использовать и применять стандарты и шаблоны. Сегодня наибольшую добавленную стоимость и вклад в конкурентоспособность приносят процессы и действия информационного и когнитивного доменов. Основным становится владение, переработка и обмен информацией.

Если для сущностей физического и информационного доменов существует ряд методов более или менее удачного описания объектов и процессов (декларативные и графовые модели и их спецификации) [3]–[5], то для когнитивного домена не только отсутствуют методы описания ментальной деятельности (процессов информационного взаимодействия), но даже основные свойства и характеристики сущностей КД не имеют точного общепризнанного описания. Именно поэтому важны принципы и модели организации ментальной деятельности, происходящей в когнитивном домене.

Модели ментальной деятельности

Под «ментальной моделью» понимается совокупность методов (правил, алгоритмов, процедур и способов их реализации) выполнения действий над информационными представлениями, соответствующими объектам физического домена. Основные действия, реализуемые в КД, следующие: – сбор, накопление информационных представлений, образов. Важными атрибутами действий КД являются современность и синхронность, которые выражаются в специфическом виде совместной деятельности в КД – когнитивном сотрудничестве (*cognitive collaboration*).

Новые модели, в отличие от традиционных [1], фокусируются на принципах совместности и современности в сборе и использовании информации, а также взаимодействия для достижения более высокой индивидуальной и общей (солидарной) информированности (осведомленности), совместного (группового) принятия решений и синхронности действий участников. Такой подход и новые ментальные модели более полно и точно соответствует современному уровню развития бизнес-систем, нежели последовательные линейные модели. Такие передовые направления как бизнес-информатика, медицинская информатика, военные применения информационных систем дают множество разнообразных примеров, подтверждающих сказанное. Результатом являются три модели, которые определяют различный «взгляд» на прикладную активность и предполагают различные способы деятельности системных субъектов в КД.

Индивидуально-локальная модель (ИЛМ) – все ресурсы субъекта деятельности КД находятся в его индивидуальном распоряжении и в «абсолютной» доступности. Такая модель иллюстрируется, например, теоретической

научной работой, когда весь научный аппарат находится «в голове» ученого и всегда доступен ему.

Платформенно-ориентированная модель (ПОМ) – ресурсы субъекта КД образуют совокупность автономных от субъекта элементов систем и средств КД, обеспечивающих его ментальную деятельность по подготовке принятия решения. Доступность этих ресурсов для субъекта КД ниже, чем в ИЛМ.

Сетевая модель (СМ) – в КД для достижения единой цели взаимодействуют несколько субъектов, использующих как собственные, так и внешние для них ресурсы КД. Для СМ важны атрибуты современности и совместности, обеспечиваемые телекоммуникациями, причем совместность предполагает одновременное использование ресурса КД несколькими субъектами, что требует от ресурса свойства коллективной доступности.

На рисунке 1 схематично представлено взаимодействие различных компонентов ИКС с точки зрения совместного использования ресурсов каждого из трех доменов. Если полезность объединения и возможность совместного использования «технических» ресурсов ФД не вызывают сомнения (например, вычислительной мощности или ресурсов памяти, которые очевидно приводят к положительным результатам, выражающимся в продуктивности, так же, как и объединение информационных ресурсов ИД), то объединение ресурсов КД не так очевидно и зависит от характера прикладной задачи и целеполагания.

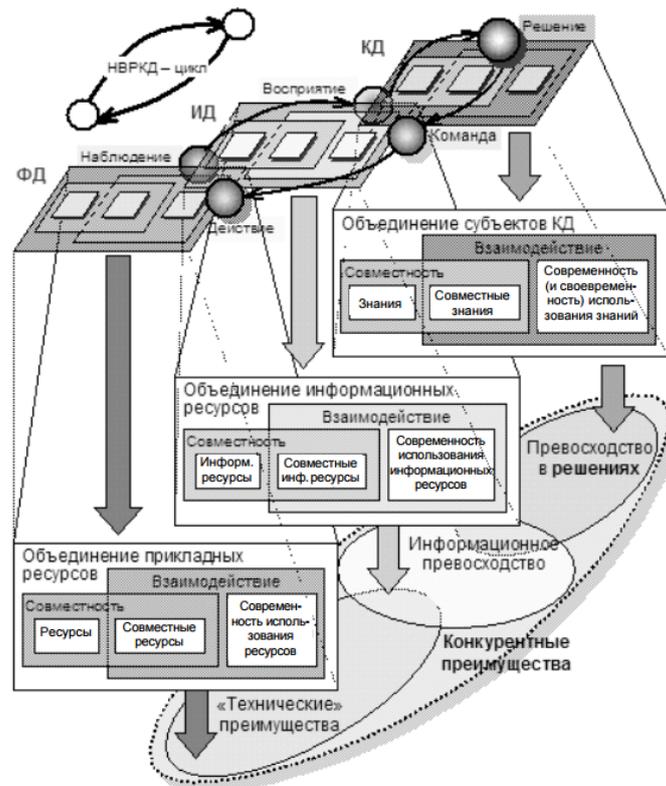


Рис. 1 Взаимодействие компонентов ИКС в различных доменах

Сетевая модель ментальной деятельности довольно нова и характерна не для всех прикладных областей. Так, в прикладных областях, где цель функционирования ИКС достигается за счет высокоорганизованной совместной деятельности большого числа участников в информационно-насыщенных средах, предпочтительна сетевая модель ментальной деятельности. Базируясь на объединении ресурсов двух нижележащих доменов (ФД и ИД) и являясь, по существу, высшим (в рассматриваемой модели) уровнем согласованного объединения, она дает «преимущество в решениях» (в КД), которое, базируясь на «информационном превосходстве» (в ИД) и «технических преимуществах» (в ФД), дает в итоге «конкурентное преимущество». Примерами такой деятельности являются организация и проведение крупных финансово-экономических проектов, военных и спасательных операций, гуманитарных миссий, поскольку в них вовлечено множество участников – субъектов КД, принимающих решения на своем уровне на основе большого разнообразия информационных представлений процессов, имеющих место в ФД. Современные ситуационные центры, по сути, реализуют именно сетевую модель ментальной деятельности как на техническом и информационном, так и на уровне принятия решений. Платформенно-ориентированная модель доминирует в современном бизнесе, примером чему служит биржевая и банковская деятельность, где информационное превосходство является ключевым моментом, но принятие решения носит преимущественно индивидуализированный характер.

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы. Существующие подходы к оценке конкурентоспособности бизнес-систем, рассматривающие в основном производственно-технологические аспекты утрачивают актуальность при переходе к информационному обществу. Доменная модель инфокоммуникаций позволяет по-новому подойти к анализу механизмов возникновения конкурентоспособности, особенно для электронных и квазиэлектронных предприятий. Сегодня наибольший вклад в конкурентоспособность вносится за счет слабо формализованных процессов, протекающих в информационном и когнитивном доменах. Модели ментальной деятельности описывают и формализуют процессы когнитивного домена, что позволяет использовать их для анализа механизмов формирования конкурентоспособности. Предложенная модель оценки и сравнения конкурентных преимуществ справедлива не только для бизнес-систем (предприятий, их объединений, отраслей), но и для иных систем, где циркулирует информация и требуется принятие решений, например, военное дело или здравоохранение.

Список используемых источников

1. **Конкурентные** преимущества предприятий в информационной экономике / А. Д. Сотников, М.Ю. Арзуманян // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. – № 4 (102). – С. 100–105.

2. **Инфокоммуникационные** системы и их модели для здравоохранения / А. Д. Сотников // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 3. – С. 27–29.
3. **Модели** и архитектуры электронного предприятия: монография / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников; под редакцией Ю. В. Арзумяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-93630-782-9.
4. **Сервис-ориентированная** модель описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия / А. Д. Сотников, М. Ю. Арзумян // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 2 (30). – С. 125–130.
5. **Мониторинг** «информатизации» предприятий в процессе перехода к информационной экономике / М. Ю. Арзумян // Вестник ИНЖЭКОНА. – 2008. – № 6. – С. 262–265.

УДК 338.23

Ю. А. Бабкин, В. В. Ефимов

НОРМАТИВНЫЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

Информационно-коммуникационные технологии являются одним из направлений импортозамещения. Для развития производства отечественных средств связи и систем управления, микроэлектронных компонентов, специального программного обеспечения, программно-аппаратных средств защиты информации необходимо совершенствование нормативной и правовой базы Российской Федерации.

импортозамещение, нормативные и правовые акты, отрасль информационно-коммуникационные технологии, аппаратное и программное обеспечение, элементная база.

Как известно, доля импортного оборудования на сетях связи России составляет от 40 до 90 % и приблизительный ежегодный объем закупок оборудования в отрасли оценивался более чем в 300 млрд руб.

При этом работоспособность сетей фиксированной связи, например, ОАО «Ростелеком» обеспечивает оборудование следующих стран: Словении (*Iskratel*), Китая (*Huawei*), Германии (*Siemens*), Канады (*Nortel*), Швеции (*Ericsson*), США (*Alcatel-Lusent; Oracle, Amdox* – программное обеспечение (ПО)).

Сети операторов подвижной радиотелефонной связи также построены на зарубежном оборудовании, поэтому находятся (вместе со своим информационным содержимым) под 100 % контролем «фирм-нерезидентов».

Достаточно широко используется зарубежное оборудование в ведомственных сетях связи федеральных органов исполнительной власти и таких крупных компаний как: ОАО «РЖД», РАО «Газпром», ОАО «Роснефть» и др.

Рынок ПО практически весь занят продукцией нескольких американских компаний. Сюда можно отнести: системы управления базами данных, клиентские операционные системы, облачные и серверные ОС, средства виртуализации, а также ПО для обработки документов, математического моделирования, геоинформационных систем.

Таким образом, широкое внедрение на сетях связи различного назначения технологий, оборудования, реализуемых преимущественно на программно-аппаратных средствах зарубежного производства, может привести к потере контроля и управляемости федеральных сетей связи, а это повлечет серьезные и даже катастрофические последствия для экономики Российской Федерации, снижение обороноспособности до критически опасного уровня и серьезное ущемление национальных интересов страны [1]–[5].

Известно, что вопрос импортозамещения в сфере ИКТ ставился неоднократно, предпринимались усилия со стороны заинтересованных министерств и ведомств, принимались различные государственные программы, однако решение проблемы при должном финансировании требует нескольких лет с пониманием того, что полного импортозамещения добиться не удастся.

В сложившихся условиях важнейшее значение приобретает вопрос нормативного и правового обеспечения импортозамещения в сфере ИКТ.

Так, Минкомсвязь России в условиях широкого применения на сетях связи аппаратно-программных средств иностранного производства проводит определенную работу по созданию системы обеспечения информационной безопасности (ИБ) функционирования сетей связи, включая разработку соответствующей нормативной правовой базы в соответствии с частью 2 статьи 12 Федерального закона от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи».

При этом необходимо отметить, что подготовка и использование ресурсов единой сети электросвязи РФ в указанных целях должны осуществляться в соответствии с [6].

Кроме того, в рамках реализации [6] и в соответствии со статьей 51.1 ФЗ «О связи» к сети связи общего пользования могут предъявляться дополнительные требования, в том числе в целях обеспечения ИБ.

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» и «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы», где основным заказчиком определен Минпромторг России, являются основными программными документами по финансированию работ, направленных на создание телекоммуникационного оборудования российского происхождения (ТОРП) и отечественной элементной базы (ОЭБ).

В разделе 7 Государственной программы «Информационное общество (2011–2020 годы)» также декларируется создание ТОРП, однако финансирование инновационного конкурентоспособного телекоммуникационного оборудования в программе отсутствует.

Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 августа 2011 г. № 1032/397 с дополнением от 29 октября 2013 г. № 1675/628 г. определяет порядок и правила, по которым присваивается статус ТОРП [7].

Например, филиал ФГУП ЦНИИС – ЛО ЦНИИС имеет многолетний опыт разработки, изготовления и поставки оборудования, относящегося к ТОРП:

- разветвители сигналов тактовой сетевой синхронизации (РС ТСС – М/8, РС ТСС – М/16);
- многофункциональное устройство синхронизации – М100 и в соответствии с [8] такому оборудованию присвоен статус ТОРП.

Указанное оборудование имеет соответствующие сертификаты, декларации о соответствии, защищено патентами на изобретение, прошло опытную эксплуатацию и эксплуатируется операторами связи [9].

Сильнейшим отрицательным фактором, сдерживающим создание ТОРП, является практически полное отсутствие отечественной элементной базы.

Частично эта проблема решается за счет использования ведущими производителями оборудования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

К сожалению, отечественных аналогов у них нет, поэтому применение таких комплектующих никак не влияет на степень локализации продукции.

В то же время в мире ПЛИС производят несколько компаний, поэтому проблем с их поставками в Россию нет.

К основным положительным факторам применения ПЛИС можно отнести: возможности решения проблем с безопасностью и полной реализации собственных алгоритмов – программных и аппаратных; достаточное быстродействие систем на современных ПЛИС для создания оборудования до скоростей уровня STM-16 и STM-64.

Однако применение ПЛИС имеет свои минусы, но поскольку в России нет масштабов производства уровня 10–100 тыс. комплектов оборудования, это единственно правильное решение, которое позволяет гибко реагировать на требования заказчика.

Для решения проблемы с выпуском ОЭБ необходимо увеличить долю рыночного присутствия ТОРП до 10–15 %, а для выхода на окупаемость нужны миллиардные инвестиции и загрузка производства от 30 000 чипов в месяц. Это позволит развивать промышленную базу внутри страны.

Для сравнения: в США реализуется две глобальные программы по развитию микроэлектронного производства. В Европе – четыре, в Южной Корее – три. В Тайване, Китае также имеются серьезные государственные программы [10].

В соответствии с планом содействия импортозамещению в промышленности предусмотрен комплекс мероприятий на 2014–2015 год, направленных на конкретизацию целевых ориентиров импортозамещения, создание благоприятных условий и разработку механизмов государственной поддержки и стимулирования импортозамещения [11, 12].

Например, планируется, что импортозамещение при создании ОЭБ будет развиваться по следующим направлениям: интегральные микросхемы, узлы и радиоэлектронные комплектующие для медицинского оборудования, средства радиосвязи, радиовещания и телевидения, пассивные электро-радиоизделия. Предполагается, что планируемые показатели доли импорта в потреблении снизятся до 40–45 % к 2020 году.

К числу основных мероприятий, реализация которых будет способствовать стимулированию деятельности производителей ТОРП и ОЭБ, можно отнести также:

- разработку Концепции развития производства ТОРП на период 10–20 лет с обоснованием возможности организации трансфера технологий;
- разработку проектов нормативных и правовых актов в целях обеспечения стимулирования использования операторами связи не уступающего зарубежным аналогам по функциям и качеству оборудования, обладающего статусом ТОРП (при условии его наличия на российском рынке);
- разработку программы модернизации сетей связи и утверждение порядка формирования ежегодного плана закупок ТОРП для нужд государственного управления, обороны страны, национальной безопасности и правопорядка;
- разработку приоритетов выхода предприятий, выпускающих ТОРП, на отечественный рынок (например, для начала необходимо на законодательном уровне закрепить приоритеты отечественного оборудования на магистральных, внутризоновых и местных сетях для государственного управления, обороны и безопасности);
- включение направлений научных исследований и разработок средств связи и коммуникационного оборудования двойного назначения, ОЭБ в программу деятельности Фонда перспективных исследований (в соответствии с ФЗ №174 от 16.10.2012 «О фонде перспективных исследований»);
- распространение действий постановлений Правительства Российской Федерации от 30 марта 2009 г. № 265 и от 10 марта 2009 г. № 205 на предприятия изготовителей телекоммуникационного оборудования, обладающего статусом ТОРП, касающихся возмещения части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях и в государственной корпорации «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)» [13];
- применение компаниями, использующими ТОРП, ускоренной амортизации этого оборудования (до 2-х раз) и др.

По вопросу обеспечения ИБ необходимо:

– принятие на государственном уровне Программы цифрового суверенитета с соответствующей поддержкой и необходимыми объемами финансирования;

– разработка документов, обеспечивающих механизм практической реализации Доктрины информационной безопасности России, принятой в 2000 году и др.

Список используемых источников

1. **Указ** Президента Российской Федерации от 07.07.2011 № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/55171684/> (Дата обращения 10.03.2015).

2. **Распоряжение** Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 № 1273-р «Об утверждении перечня технологий, имеющих важное социально-экономическое значение или важное значение для обороны страны и безопасности государства (критических технологий)» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_132757/ (Дата обращения 10.03.2015).

3. **Указ** Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/195521/> (Дата обращения 10.03.2015).

4. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 10 октября 2013 г. № 905 «О возложении на Федеральное агентство связи полномочий по созданию, управлению и эксплуатации интегрированной сети связи для нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_153081/ (Дата обращения 10.03.2015).

5. **Телекоммуникации** России: состояние, тенденции и пути развития: монография / В. В. Макаров. – М. : ИРИАС, 2007. – 296 с. – ISBN 978-5-93592-030-2.

6. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2006 г. № 103 «Об утверждении Правил подготовки и использования ресурсов единой сети электросвязи Российской Федерации в целях обеспечения функционирования сетей связи специального назначения» [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/189188/> (Дата обращения 10.03.2015).

7. **Приказ** Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 августа 2011 г. № 1032/397 «Об утверждении параметров, в соответствии со значениями которых телекоммуникационному оборудованию, произведенному на территории Российской Федерации, может быть присвоен статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения, методики определения значений параметров, в соответствии с которыми телекоммуникационному оборудованию, произведенному на территории Российской Федерации, может быть присвоен статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения, порядка присвоения телекоммуникационному оборудованию, произведенному на территории Российской Федерации, статуса телекоммуникационного оборудования российского происхождения и ежегодного подтверждения такого статуса» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2011/10/15/telekom-site-dok.html> (Дата обращения 10.03.2015).

8. **Приказ** Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 27 октября 2014 г. № 2153 «О присвоении и подтверждении телекоммуникационному обо-

рудованию, произведенному на территории Российской Федерации, статуса телекоммуникационного оборудования российского происхождения» [Электронный ресурс]. – URL: http://mkb-electron.ru/wp.../2014-10-27_Минпромторг_Приказ_№_2153.pdf (Дата обращения 10.03.2015).

9. **Региональные** аспекты создания комплексной системы экстренного оповещения и информирования населения (КСЭОН) / Ю. А. Бабкин, С. М. Островерхий // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», СПбГПУ, Санкт-Петербург, Россия, 24–26 апреля 2014 г. – С. 217–221.

10. **Может** ли один «Микрон» обеспечить технологическую безопасность России? / Д. Боднар // Электронные компоненты. – 2012. – № 1. – С. 9–13.

11. **Распоряжение** Правительства Российской Федерации от 30.09.2014 № 1936-р «Об утверждении Плана содействию импортозамещению в промышленности» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docviewer.yandex.ru/> (Дата обращения 10.03.2015).

12. **Федеральный** закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rg.ru/2015/01/12/promyshlennost-dok.html> (Дата обращения 10.03.2015).

13. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 30 марта 2009 г. № 265 «Об утверждении Правил предоставления в 2009-2011 годах из федерального бюджета организациям оборонно-промышленного комплекса субсидий на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях на осуществление инновационных и инвестиционных проектов по выпуску высокотехнологичной продукции» [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/12166235/> (Дата обращения 10.03.2015).

УДК 338.4

Н. Н. Беянина, А. В. Голубева, И. Б. Щербаков

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ АМОРТИЗАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

В статье рассматривается значение и влияние амортизационной политики на экономические показатели операторов связи. Особое внимание уделяется оптимальному определению амортизационных отчислений как величины, влияющей на финансовые показатели операторов связи.

амортизация, амортизационные отчисления, амортизационная политика, сроки полезного использования, инвестиционная политика.

Амортизационная политика является составной частью экономической политики предприятия. Она воздействует на процесс обновления основных производственных фондов, ускорение темпов научно-технического прогресса, инвестиционную деятельность, а через них и на эффективность общественного производства.

В настоящее время среди ученых – экономистов и практиков нет единого подхода в понимании сущности амортизационной политики как целостной системы как на макро-, так и на микроуровне.

Так, В. Ф. Палий [1] отмечает, что амортизационная политика является составной частью политики управления основными фондами и политики формирования собственных инвестиционных ресурсов, а В. О. Федорович и Н. В. Конципко [2] определяют роль амортизационной политики как одного из наиболее доступных источников финансирования реальных инвестиций.

Нам представляется определять амортизационную политику как составную часть общей политики формирования собственных финансовых ресурсов, заключающаяся в управлении амортизационными отчислениями от используемых основных фондов и нематериальных активов с целью их реинвестирования в производственную деятельность.

Отсюда следует, что разработка амортизационной политики должна заключаться в планировании и управлении амортизационными отчислениями, их превращении в источник дальнейшего инвестирования в основной капитал, то есть в амортизационные ресурсы для приращения денежных потоков, активизации инвестиционной деятельности предприятия. Данное направление предполагает разработку амортизационной политики в теснейшей связи с таким элементом финансовой политики, как инвестиционная политика, а именно в составлении денежных потоков инвестиционного проекта с учетом различных источников финансирования, методов исчисления амортизации и определения сроков эксплуатации объектов основных средств.

Следует учесть, что в условиях кризиса особенно остро встает вопрос привлечения ресурсов для инвестиционной деятельности предприятий. Однако, при такой высокой учетной ставке, установленной Центральным банком России невозможен сам процесс инвестирования, развитие предприятий и обновление их технической базы

Поэтому, с целью рационального использования ресурсов предприятия должны изыскивать собственные средства. Мы считаем, что, в первую очередь, следует обеспечить целевое использование амортизационных отчислений. Амортизационные отчисления включаются в состав себестоимости услуг связи. После их реализации поступают на расчетный счет организации в составе выручки, т. е. находятся в общем денежном обороте и не обособлены в качестве самостоятельного фонда денежных средств, в результате чего могут быть использованы организацией не только в соответствии с функциональным назначением, но и на другие цели, например, на финансирование оборотных средств. Но если у финансово устойчивых организаций амортизационные отчисления могут лишь на краткосрочный период использоваться не по целевому назначению, то в случае кризисной ситуации они становятся постоянным источником финансирования недостатка соб-

ственных оборотных средств. В результате организация не может обеспечить даже простого воспроизводства основных фондов и другого амортизируемого имущества. Как правило, причиной нецелевого использования амортизационных отчислений, наряду с недостатком финансовых ресурсов, является то, что это собственный источник и, как считается очень часто, он является бесплатным. В связи с этим при возникновении соответствующей потребности в финансовых ресурсах этому источнику отдают предпочтение в первую очередь. На самом деле ситуация выглядит несколько иначе.

В отношении цены собственных средств организации существуют различные точки зрения. В частности, одна из них состоит в том, что собственные средства являются бесплатным источником. Сторонники другой точки зрения придерживаются мнения, что, хотя использование собственных средств и не предполагает никаких явных выплат (таких, как процент или дивиденд), они все же имеют свою цену.

В теории вторая точка зрения является наиболее распространенной, на практике же редко прибегают к определению стоимости собственных средств.

По нашему мнению, вторая точка зрения более правильна, исходя из того, что при использовании амортизационных отчислений по целевому назначению они вкладываются в производство и обеспечивают доход на уровне рентабельности собственного капитала. В противном случае, амортизационные отчисления могут быть помещены в банк под соответствующий процент или на определенных условиях сданы в ссуду и т. д. В этом случае они также обеспечивают получение соответствующего дохода. Таким образом, использование амортизационных отчислений по целевому назначению оценивается неполученным доходом из других возможных источников. Обычно из имеющихся альтернатив выбирают ту, у которой наивысшая доходность.

Проводимая на предприятии амортизационная политика оказывает влияние не только на уровень физического и морального износа основных фондов, технический уровень и эффективность производства, но и на величину налоговых платежей, а, следовательно, и на финансовые результаты работы предприятия. В связи с этим предприятию необходимо проводить такую амортизационную политику, которая позволяла бы минимизировать налоговые платежи, увеличить прибыль и улучшить его финансовое состояние.

На величину амортизационных отчислений оказывают влияние такие факторы, как первоначальная (восстановительная) стоимость основных фондов, срок их полезного использования, методы начисления амортизационных отчислений, применение повышающих и понижающих коэффициентов к основной норме амортизации и др.

В свою очередь, начисленная сумма амортизационных отчислений определяет величину налога на прибыль.

Для любого предприятия очень важно, чтобы в конечном итоге научно обоснованная амортизационная политика приводила к максимизации величины: чистая прибыль плюс амортизационные отчисления:

$$Пч + А \longrightarrow \max$$

где Пч – чистая прибыль; А – амортизационные отчисления.

На наш взгляд, величина $(Пч + А \longrightarrow \max)$ может служить критерием для экономического обоснования амортизационной политики на микроуровне.

Начисленная сумма амортизационных отчислений оказывает влияние на прибыль предприятия. Чем выше амортизационные отчисления, тем ниже прибыль и наоборот. Уменьшая прибыль, рост амортизационных отчислений приводит к снижению налога на прибыль и увеличению собственных финансовых ресурсов предприятия. Полученную экономию по налогу на прибыль называют «налоговым щитом».

Чем выше сумма амортизационных отчислений, тем, следовательно, выше налоговая защита или налоговый щит предприятия. Но поскольку разные отрасли и производства имеют различную долю амортизационных отчислений в структуре затрат на производство и реализацию продукции, то они имеют и различную степень налоговой защиты. Отрасль связь имеет значительный удельный вес амортизационных отчислений в структуре затрат и относится к фондоемким отраслям. Следовательно, она получает наибольший выигрыш от эффекта налогового щита. Но, как правило, наиболее значительное увеличение амортизационных отчислений связано с использованием нелинейного метода их начисления, применяемого в основном к активной части основных фондов, поэтому больший эффект получают отрасли со значительной долей активной части основных средств.

В рамках амортизационной политики должна быть предусмотрена возможность снижения себестоимости услуг связи посредством регулирования величины амортизационных отчислений.

На величину амортизационных отчислений влияет определение оптимального срока полезного использования активов.

Как известно, в пределах каждой амортизационной группы основных средств установлены минимальный и максимальный сроки полезного использования [3].

При этом следует решить, целесообразно ли установление максимального срока? Ведь в этом случае снижается возможность регулирования размера амортизационных отчислений, тем самым диапазон использования механизмов амортизации уменьшается. Увеличение амортизационных отчислений оправданно в том случае, если эти средства будут использованы как целевые инвестиционные фонды развития производства с необходимым условием расходования их на обновление объектов производственного назначения и реализацию программ технологического перевооружения.

При установлении только минимальных сроков в пределах амортизационных групп операторам связи могут быть предоставлены дополнительные возможности управления размерами амортизационных отчислений.

Таким образом, эффективная амортизационная политика окажет существенное влияние на финансовую и инвестиционную деятельность операторов связи.

Список используемых источников

1. **Международные** стандарты учета и финансовой отчетности: учебник / В. Ф. Палий. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 472 с. – ISBN 978-5-16-002922-1.
2. **Эффективная** амортизационная политика и создание стратегических накоплений в индустриальной корпорации / В. О. Федорович, Н. В. Конципко // Проблемы учета и финансов. – 2011. – № 3. – С. 3–10.
3. **Постановление** Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» С изменениями и дополнениями от: 9 июля, 8 августа 2003 г., 18 ноября 2006 г., 12 сентября 2008 г., 24 февраля 2009 г., 10 декабря 2010 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/12125271/> (Дата обращения 19.03.2015).

УДК 338.47

Н. Н. Беянина, А. В. Голубева, И. Б. Щербаков

ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РУНЕТА

К пользователям рунета можно отнести тех россиян, которые пользуются интернетом хотя бы раз в месяц. По количеству пользователей интернета Россия ещё в 2012 году вышла на первое место в Европе, которое ранее занимала Германия и на шестое место в мире, но за 2014 год аудитория рунета выросла всего на 4 %, причем в основном за счет людей пожилого возраста и жителей малых городов.

интернет, динамика проникновения интернета, мобильный интернет.

Современный интернет имеет очень много различных граней. Ведь он является универсальной средой для общения, развлечения и обучения.

В настоящее время интернет является источником для получения информации, а также великолепным инструментом для коммуникации и обучения. Для многих интернет – это не только совокупность различных развлечений, но и работа, а также источник средств к существованию, но в целом он является отражением современного общества, обеспечивая переход к так называемому информационному обществу, когда информация становится важнейшим экономическим ресурсом.

Именно активное развитие рунета и рынка современных информационно-коммуникационных технологий сегодня является необходимым условием качественных преобразований современной экономики России.

Самым очевидным влиянием интернета на современное общество является его информированность, которая успешно растет на фоне увеличения пользователей в России.

К концу 2014 года уровень проникновения интернета среди населения России в возрасте от 16 лет и старше составил более 60 % (рис. 1) [1]. Таким образом, аудитория интернета 16+ в России превысила 80 млн человек. Причем три четверти из них выходят в сеть ежедневно или почти каждый день.

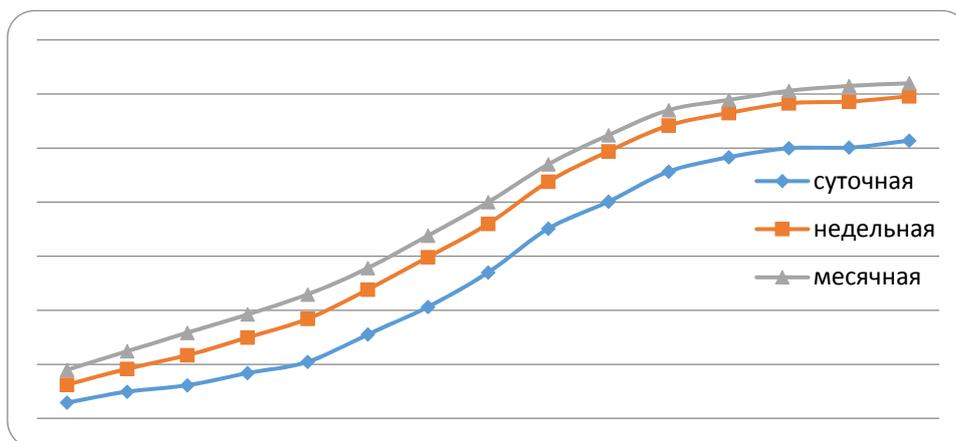


Рис. 1. Динамика проникновения интернета в России, в %

Благодаря присоединению Крыма российская интернет-аудитория в 2014 г. приобрела около 700 тыс. новых пользователей. Проникновение интернета на полуострове значительно ниже, чем в среднем по стране – примерно 21 %.

Динамика структуры интернет-аудитории и динамика проникновения интернета в России представлены на рисунках 2 и 3[1].

Высокие темпы прироста онлайн аудитории в России обеспечило активное распространение мобильных устройств [2].

К концу 2014 года аудитория пользователей интернета на смартфонах достигла 21 миллиона человек (17,6 % населения 16+), а количество пользователей интернета на планшетах выросло за год более чем в 2 раза – с 3,5 % в 2013 году до 8,4 % в конце 2014 года, и достигло 10 миллионов человек.

При этом, потенциал для развития аудитории мобильного интернета остается колоссальным. В России в 2014 году было продано более 27 миллионов смартфонов и 9,2 миллиона планшетов.

Наиболее высокий уровень проникновения интернета – в Москве, в крупных городах этот показатель составляет более 70 %, а в малых городах и селах – более 60 % (рис. 4).

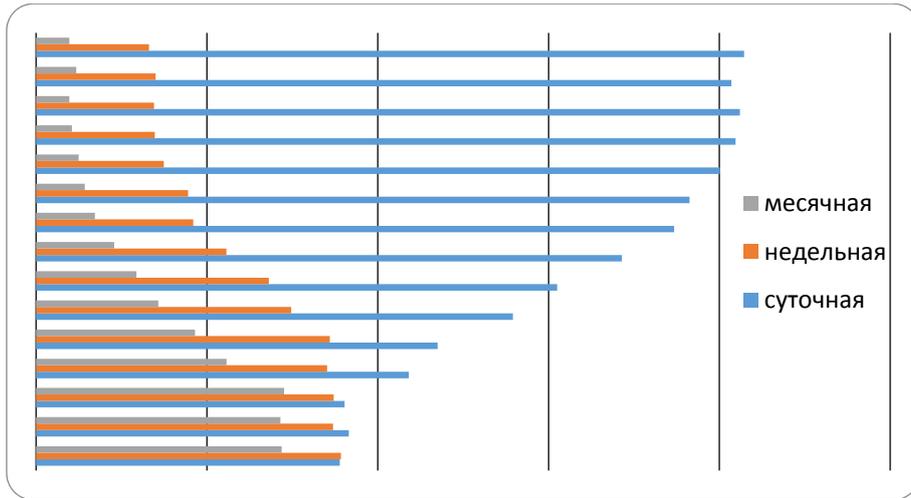


Рис. 2. Динамика структуры интернет-аудитории в России, в %

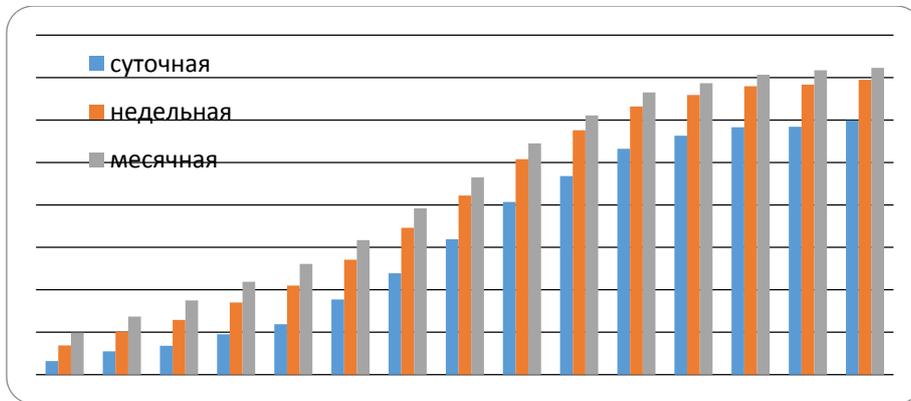


Рис. 3. Динамика проникновения интернета в России, в млн. человек

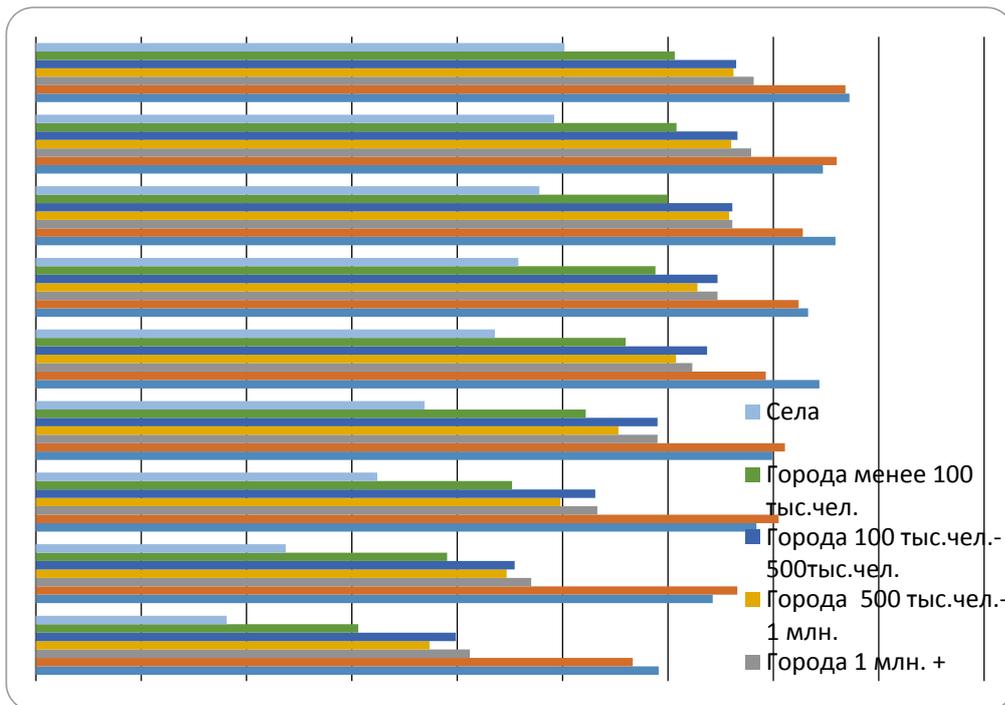


Рис. 4. Динамика проникновения интернета в России по типам населенного пункта, в %

Проникновение интернета среди молодых россиян (16–29 лет) достигло почти предельных значений – 96 %. Поэтому рост аудитории интернета происходит преимущественно за счет увеличения доли пользователей среднего и старшего возраста. Среди людей среднего возраста (30–54 года) интернетом в России пользуются 79 % (рост 23 % по сравнению с 2013 годом). Среди людей старшего возраста (55+) Интернетом пользуются 25 % (рост 46 % по сравнению с 2013 годом) [3].

Старение интернет-аудитории – очевидная тенденция развития рунета. Она связана с тем, что молодые люди, как правило, становятся пользователями интернета намного раньше, чем старшее поколение. Сегодня уже можно констатировать, что половозрастной состав интернет-пользователей в России всё более приближается к составу населения страны. Появление и развитие государственных услуг и электронного правительства в рунете является один из основополагающих факторов проникновения глобальной сети среди пожилого населения.

Своевременные мероприятия по повышению распространения мобильного доступа в рунет дадут возможность большей части населения России получить необходимый доступ на страницы федеральных и муниципальных органов власти и дадут возможность пользоваться услугами электронного правительства.

Увеличение доли возрастных пользователей со специфическим предпочтениями в контенте и моделях потребления в дальнейшем может привести к изменению всего ландшафта рунета, а демографический вектор, направленный на сокращение населения и его старение, лишь подкрепит эту тенденцию.

Таким образом, основной запас роста числа пользователей рунета возможен за счет регионов страны и в проникновении сети интернет в небольшие населенные пункты, а также в вовлечении доступа к электронному правительству населения пожилого возраста. Кроме того, еще одной основой для увеличения потенциала распространения рунета станет расширение деятельности провайдеров проводного и беспроводного доступа в средних и малых городах России, при этом высокоскоростной широкополосный и беспроводной доступ позволит предоставлять полный спектр высоко востребованных услуг.

Список используемых источников

1. **Интернет** в России. Аналитический бюллетень – демо. Вып. 47. Осень 2014. – М. : ООО «инФОМ», 2014. – 50 с.
2. **Интернет** в России. Состояние, тенденции и перспективы развития: отчет по итогам 18-го российского интернет форума риф+киб – 2014. – М., 2014. – 124 с.
3. **Интернет** в России. Аналитический бюллетень – демо. Вып. 45. Весна 2014. – М. : ООО «инФОМ», 2014. – 50 с.

УДК 338.23

Т. А. Блатова

УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ ОТРАСЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Информационно-коммуникационные технологии становятся драйвером инновационного роста национальной экономики и оказывают влияние на ее конкурентоспособность. Развитие отрасли информационно-коммуникационных технологий невозможно без скоординированной государственной политики.

инновационная политика, конкурентоспособность, информационно-коммуникационные технологии, инновационная деятельность.

Главная роль в активизации и регулировании инновационной деятельности принадлежит государственным структурам управления. Государственная инновационная политика состоит в разработке и реализации целей и задач устойчивого развития экономики, создании необходимых условий для сокращения технологических разрывов, обеспечения конкурентоспособности отечественного производства и национальной безопасности государства [1].

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (далее – Концепция) закреплён подход к реализации экономической политики государства, базирующейся на представленной в 2008 году Президентом РФ Д. А. Медведевым концепции пяти «И» (институты, инвестиции, инфраструктура, инновации, интеллект). В Концепции определены направления перехода к инновационному социально ориентированному типу экономического развития:

- развитие человеческого потенциала России;
- создание высококонкурентной институциональной среды, стимулирующей предпринимательскую активность и привлечение капитала в экономику;
- структурная диверсификация экономики на основе инновационного технологического развития;
- закрепление и расширение глобальных конкурентных преимуществ России в традиционных сферах (энергетика, транспорт, аграрный сектор, переработка природных ресурсов);
- расширение и укрепление внешнеэкономических позиций России, повышение эффективности ее участия в мировом разделении труда [2].

Инновационная политика, с одной стороны, является составной частью социально-экономической политики государства, а с другой стороны – важным инструментом государственного хозяйствования.

Государственная поддержка инновационной деятельности может осуществляться в следующих формах [3]:

- предоставления льгот по уплате налогов, сборов, таможенных платежей;
- предоставления образовательных услуг;
- предоставления информационной поддержки;
- предоставления консультационной поддержки, содействия в формировании проектной документации;
- формирования спроса на инновационную продукцию;
- финансового обеспечения (в том числе субсидии, гранты, кредиты, займы, гарантии, взносы в уставный капитал);
- реализации целевых программ, подпрограмм и проведения мероприятий в рамках государственных программ Российской Федерации;
- поддержки экспорта;
- - обеспечения инфраструктуры;
- - в других формах, не противоречащих законодательству Российской Федерации.

Фундаментом национальной конкурентоспособности становятся высокотехнологичные отрасли, создающие продукт с высокой добавленной стоимостью. При этом необходимо стимулирование спроса на инновации в этих отраслях, повышение результативности научно-исследовательского сектора и его интеграция с производством.

В настоящее время инновации в любых отраслях невозможны без использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Развитие ИКТ приводит к изменениям во всех сферах жизни. Образовательные, медицинские и финансовые услуги становятся широко доступными, более удобными и качественными [4]. ИКТ носят надотраслевой характер и позволяют развивающимся экономикам сделать эволюционный технологический прыжок сразу через несколько этапов. Для инновационного развития ИКТ существующий уровень взаимосвязей между субъектами инновационной деятельности в отечественной отрасли является достаточно низким. Ослаблению связи науки и производства способствовали, как разрушение созданной еще в Советском Союзе системы научно-производственных объединений, так и экономическая политика современной России, ориентированная на развитие регионов, а не на комплексное развитие отраслей экономики. Таким образом, механизмы интеграции образования, науки и производства в сфере ИКТ не функционируют должным образом и препятствуют комплексному инновационному развитию отрасли.

В соответствии с Прогнозом научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Правительством России 3 января 2014 г.) ИКТ являются одним из ключевых факторов роста при переходе к «экономике знаний».

В специальном издании форума «Открытые инновации», который проходил в Москве в период с 14 по 16 октября 2014 г., представлены результаты исследования «Куда движется технологический рынок: перспективы для России». В части информационных технологий определены следующие основные мировые тренды [5]:

- развитие сегмента носимых устройств;
- проникновение устройств виртуальной и дополненной реальности на массовый рынок;
- технологические инновации в финансовой сфере;
- защита персональных данных;
- информационные технологии в образовании;
- развитие робототехники;
- 3D-печать.

Развитие информационных технологий в России в целом соответствует общемировым трендам. За счет высокого проникновения услуг сотовой связи (в 2013 году – 170 %) и роста доли смартфонов среди пользователей (в 2013 году – 32 %), а также за счет продолжающегося активного развития сети связи на основе технологии LTE увеличивается мобильность предоставляемых услуг.

На российском рынке появляются отечественные компании, которые работают с технологиями 3D-печати. Что касается роботизации, то, из-за доступности трудовых ресурсов, она еще недостаточно развита в России, несмотря на перспективы, прежде всего, на опасных объектах и в высокотоксичном производстве.

Развитию отечественной отрасли ИКТ должна способствовать государственная поддержка производителей программного обеспечения (ПО). В условиях монополизации мирового рынка ПО несколькими компаниями отдельных стран эта задача становится актуальной, в том числе и для обеспечения безопасности страны. Поэтому в конце 2014 года Правительство РФ поручила соответствующим ведомствам подготовить предложения по поддержке отечественной индустрии ПО. Минкомсвязи определило основные направления, по которым следует развивать отрасль, чтобы через пять-семь лет получить серьезный технологический задел. Со стороны государства предлагается поддерживать разработки следующего ПО [6]:

- системы управления базами данных (СУБД);
- серверные и клиентские операционные системы;
- геоинформационные системы;
- системы электронной почты;

- системы аудио- и видеоконференций;
- системы планирования;
- офисные приложения.

Для устранения дефицита кадров в ИКТ-отрасли с 1 сентября 2015 года в российских вузах запланировано увеличение на 35 % количества бюджетных мест для подготовки IT-специалистов.

Для финансирования разработок отечественного ПО рассматривается возможность создания фонда поддержки российского программного обеспечения. По оценке Минкомсвязи России объем фонда субсидирования целевых разработок ПО должен составлять около 10 миллиардов рублей в год.

Обсуждались различные источники формирования фонда:

- отчисления с продаж лицензий на ПО;
- отмены льготы по НДС на лицензионное ПО;
- антикризисный фонд правительства.

К сожалению, источники финансирования Фонда поддержки российского ПО так и не были определены.

Провозглашенный курс на импортозамещение, подразумевает, что отечественный продукт, получающий приоритет, конкурентоспособен зарубежным аналогам. В соответствии с Федеральным законом от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» разрешено устанавливать, как запреты и ограничения на закупку импортной продукции, так и преференции для отечественных производителей. Первоначально рынок для российских предприятий может сформировать государство за счет спроса государственных структур, включая госкорпорации. Поэтому правительство планирует в ближайшее время внести изменения в нормативно-правовую базу, касающиеся заключения госконтрактов при закупках ПО госсектором и госкомпаниями.

Для поддержки вывода на рынок конкурентоспособных высокотехнологичных продуктов необходимо наличие инновационной инфраструктуры. В 2014 году завершилась комплексная программа «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий». Регионы, получившие субсидии, будут в течение еще четырех лет подотчетны Минкомсвязи России в части достижения запланированных показателей эффективности построенных технопарков.

С 2015 года будет действовать новый механизм поддержки создания технопарков в сфере высоких технологий. Уплачиваемые резидентами технопарков федеральные налоги и таможенные платежи послужат источником средств субсидий на возмещение затрат на создание инфраструктуры технопарков в регионах страны.

Эффективное управление инновационной деятельностью в сфере ИКТ осуществляется государством через организационно-экономический меха-

низм, который представляет собой совокупность организационных и экономических мер целенаправленного управляющего воздействия, взаимосвязано и согласованно функционирующих в целях создания благоприятных условий для инновационной деятельности, максимально мобилизующих инновационные возможности отрасли на данном этапе развития.

В более широком смысле такой механизм – это форма организации взаимодействия субъектов инновационной деятельности отрасли ИКТ, а также экономические методы обеспечения этого взаимодействия.

Управление инновационным развитием отрасли ИКТ со стороны государства в настоящее время носит несколько фрагментарный характер и, кроме того, отсутствует координация развития производства и использования отечественных ИКТ-продуктов.

Уровень развития отрасли ИКТ становится определяющим в инновационном развитии и оказывает влияние на конкурентоспособность не только товаров и услуг, но и экономики в целом. Поэтому эффективное управление инновационным развитием информационно-коммуникационных технологий становится актуальной задачей в области инновационной деятельности на государственном уровне.

Список используемых источников

1. **Модельный закон** «Об инновационной деятельности» (Принят на 27-ом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ. Постановление от 16.11.2006 № 27–16) // Информационный бюллетень Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ. – № 39. Часть 2. – 2007.

2. **Концепция** долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р) // Собрание законодательства Российской Федерации. – № 47, 24.11.2008. – ст. 5489.

3. **Федеральный закон** от 21.07.2011 № 254-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» // Собрание законодательства Российской Федерации. – № 30 (Ч. I), 25.07.2011. – ст. 4602.

4. **Информационные технологии** в практике управления качеством / У. В. Мальцева, В. В. Макаров // Инновации. – 2011. – № 12. – С. 116–119.

5. **Куда** движется технологический рынок: перспективы для России [Электронный ресурс] // Специальное издание форума «Открытые инновации». – Режим доступа: http://www.forinnovations.ru/upload/doc/EY_Research_Open_Innovations_RU.pdf (Дата обращения 01.03.2015).

6. **Стенограмма** заседания Правительственной комиссии по использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности 28 октября 2014 г. [Электронный ресурс] // Правительство России. – Режим доступа: <http://government.ru/news/15435/> (Дата обращения: 01.03.2015).

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором экономических наук, профессором В.В. Макаровым.

УДК 654(075.8)

Н. Н. Васильева, В. А. Диптан, А. А. Степаненко

О ВЫБОРЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

В условиях глобальной экономической конкуренции бизнеса, массового перехода к электронному финансовому обороту постоянно растут затраты на обеспечение информационной безопасности телекоммуникационных сетей. Чтобы оценить эффективность систем информационной безопасности теперь используют критерий минимальной стоимости для данного уровня риска потерь. Однако, характер информационной безопасности вероятностный показатель. В этом случае принятие инвестиционных решений, если использовать показатель затраты, на практике становится трудным.

В статье авторы предлагают выбрать в качестве критерия для оценки эффективности обеспечения информационной безопасности бизнеса показатель доходности (минимум потерь дохода).

информационная безопасность, телекоммуникационные системы, затраты, инвестиции, критерий, доход, бизнес-процесс.

Термин информационной безопасностью в дальнейшем будем понимать, как защищенность информации и систем информационно коммуникационных технологий (ИКТ) [1] от случайных или преднамеренных убыточных воздействий естественного или искусственного характера. В результате эти угрозы информационной безопасности могут нанести недопустимый ущерб субъектам информационных отношений, неизбежным дополнительным затратам [2].

Отношение различного уровня субъектов к вопросам своей информационной безопасности (ИБ) и ее финансового обеспечения не одинаково и зависит от интересов при использовании информационных систем. У государственных организаций, бизнеса, культуры, физического лица они существенно отличаются. Например, для государственных организаций вопрос экономики обеспечения ИБ часто не подлежит ограничению – «за ценой не постоим».

Для бизнеса вопросы планирования и управления ИБ связаны с затратами [3]–[5] и их эффективностью по критерию минимум затрат на обеспечение ИБ при допустимых рисках, а чаще и их минимума [6, 7]. Экономические вопросы обеспечения информационной безопасности обычно возникают при формировании годовой сметы расходов на обеспечение ИБ, а также при возникновении инцидентов в системе ИБ. Современные методы дают возможность обеспечить достаточно высокий для экономики бизнеса

уровень ИБ, однако и затраты на эти мероприятия как правило значительны, и по некоторым оценкам достигают 20–30 % от затрат компаний [5].

Затраты, связанные с реализацией мероприятий по обеспечению информационной безопасности, сопоставляются с возмещением возможного ущерба. Ущерб, в свою очередь, возникает при атаках на систему безопасности, может носить разнообразный характер, как по виду, так и по распределению во времени могут быть определены достаточно точно [3]. Однако наибольшую сложность представляет определение вероятностных характеристик многообразия угроз и обоснование необходимых затрат на возмещение каждой из них.

В существующей практике критерием выступает минимум затрат, рассчитывается и оценивается ожидаемый результат (снижение рисков возможных убытков) от внедрения мер и средств обеспечения ИБ.

В экономике для этого используют показатель экономической эффективности. Руководители компаний, а тем более акционеры принимают этот показатель эффективности как результативность бизнеса, выражающийся в положительном соотношении между конечным результатом (как правило, чистая прибыль) и затраченными ресурсами (инвестициями в капитальные вложения).

Особенность внедрения систем ИБ в том, что это требует увеличения затрат, как правило, из чистой прибыли компании. Это, во-первых, уменьшает чистую прибыль компании, а во-вторых, эти затраты не ориентированы на капитализацию. Более того, реализация мероприятий, связанных с обеспечением ИБ, может привести к дополнительным нагрузкам на персонал предприятия и, соответственно, к снижению производительности труда.

В связи с этим, задача выбора более привлекательного критерия создания эффективной системы ИБ представляется весьма актуальной.

Предлагаемый критерий минимизации потерь доходов компании может стать более понятным для принятия инвестиционных решений в сферу ИБ. Это те потери дохода компании, как следствие ущерба, которые могут быть предотвращены в результате реализации предлагаемых мероприятий. Таким образом, предотвращенный ущерб как разница между плановым доходом и дохода в случае отказа от реализации мероприятий ИБ (потерей дохода) будет составлять экономический эффект – сохранение той части чистой прибыли, которая была бы потеряна.

При этом очевидно, что большое количество расчетов может быть упрощено. Это связано с тем, что для осуществления необходимых вероятностных расчетов вместо множества видов угроз необходимо сделать допущение и экспертные оценки только для угрозы потери доходов.

Для оценки экономической эффективности мер по защите информации необходимо выполнить:

1. Оценку существующих угроз потери дохода, которых коснется реализация защитных мер.

2. Оценку вероятности потери дохода.

3. Экономическую оценку затрат на ИБ как инвестиции в мероприятия и систему ИБ, обеспечивающие минимальную потерю доходности.

Для более полной и доступной пониманию оценки эффективности в инвестиционной деятельности объективно требуется учет фактора времени, для чего первые две позиции должны быть дисконтированы к году. Полученные данные о реальных сохраненных доходах позволят оценить не только денежный эффект, но и срок окупаемости затрат на информационную безопасность компании.

Кроме того, при данном критерии дополнительный экономический эффект компании может принести вовлечение службы безопасности в перспективное направление обеспечения безопасности бизнеса – участие в бизнес-процессе [2]. Надежная защита информации позволяет вовлечь в бизнес новых партнеров. Чем выше безопасность, тем больше уровень доверия к компании, тем больший уровень безопасности можно предоставлять внешним сторонам, таким как: клиенты, деловые партнеры, сотрудники и подрядчики. Это прямая зависимость роста или снижения доходности бизнеса.

В современном мире ИБ – это, в первую очередь, очень сильный менеджмент, четкое представление бизнес-процесса, стратегии компании и умение взаимодействовать со всеми ее подразделениями. Например, с теми, которые осуществляют менеджмент доходами. В то время как согласно статистике, в большинстве компаний ИБ привязана к информационным технологиям (ИТ), очень часто имеет общий с ИТ бюджет, топ-менеджмент компаний уверен, что ИБ – лишь подразделение ИТ [2, 5]. Отсюда, затраты на обеспечение ИБ руководство рассматривает не как инвестиции в компанию, а как издержки.

Необходимы исследования, направленные на получение убедительных количественных доказательств того, что обеспечение высокого уровня ИБ способствует повышению эффективности бизнеса за счет снижения потерь доходности. Следовательно, можно в цифрах обосновывать и оправдывать затраты на обеспечение информационной безопасности.

Список используемых источников

1. **Информационное** общество. Инфокоммуникации и бизнес: монография / М. Б. Вольфсон, Ю. В. Арзуманян. – СПб. : СПбГУТ, 2005. – 480 с.

2. **Информационная** безопасность: эффективный бизнес-процесс или неизбежные издержки [Электронный ресурс] / С. В. Карпенко // Центр Бизнес-знаний компании SI BIS. – 2015. – Режим доступа: <http://www.trn.ua/articles/2079> (Дата обращения 02.03.2015).

3. **The Price of Information Security** / R. Witty. – Gartner Research, Strategic Analysis Report, June 2001. – K_11_6534.

4. **Экономика** информационной безопасности: учеб. пособие / А. И. Войтик, В. Г. Прожерин. – СПб. : НИУ ИТМО, 2012. – 120 с.

5. Экономика информационной безопасности: оптимизация общей стоимости владения [Электронный ресурс] / В. Баланин, В. Кузнецов // Connect. – 2007. – № 9. – Режим доступа: <http://www.topsbi.ru/default.asp?artID=1304> (Дата обращения 12.02.2015).

6. Экономика и организация безопасности хозяйствующих субъектов / В. С. Гусев, Б.И. Кузин, М.Д. Медников, А. С. Соколицын, С. В. Степашин, А. В. Федотов, В. Л. Шульц. – СПб. : ИД «Очарованный странник», 2001. – 256 с. – ISBN 5-299-00119-3.

7. Определение экономической эффективности защиты информации / Н. В. Столяров // Безопасность для всех. – 2010. – № 5. – С. 19–21.

УДК 654

М. Б. Вольфсон, Д. И. Левашова

СИСТЕМЫ КЛАССА «WORKFORCE MANAGEMENT»: РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТОРАМИ СВЯЗИ

Конкуренция на рынке телекоммуникационных услуг становится одним из главных стимулов совершенствования бизнес-процессов внутри компаний – провайдеров услуг связи. В частности, все большее внимание уделяется процессам работы с клиентами: их подключение, отключение, а также вопросам скорости устранения повреждений, сбоям клиентского и сетевого оборудования. Для оптимизации данных процессов в последние годы все более активно используются системы управления рабочей силой – WorkForce Management systems.

корпоративные информационные системы, OSS/BSS, бизнес-процессы, IT архитектура, eTOM, WorkForce Management.

В настоящее время российский телекоммуникационный рынок разделен между несколькими крупными операторами, каждый из которых обладает собственной обширной клиентской базой. Это касается как рынка мобильной связи, так и городской телефонии, и провайдеров интернет доступа. В таких условиях доход от оказания услуг связи в целом довольно стабилен, поэтому ключевым фактором успеха компании и ее конкурентоспособности становится сокращение затрат на обслуживание сети связи и клиентов, повышение эффективности работы различных подразделений внутри компании [1].

Основными направлениями сокращения затрат и повышения эффективности работы компании являются:

1) процессы обслуживания сети и технических средств, не требующих непосредственного взаимодействия с клиентами:

а) планирование и проведение плановых ремонтных работ на сети,

б) оперативное реагирование и устранение повреждений и сбоев оборудования для восстановления связи,

в) ремонты и замены каналов связи, магистралей, сетевого оборудования;

2) процессы обслуживания клиентов (устранение повреждений клиентского оборудования);

3) процессы подключения различных услуг новым абонентам:

а) подключение оборудования клиентам по месту жительства,

б) визиты и консультации по настройкам и использованию,

в) замена / деактивация / отключение арендованного оборудования у клиентов.

Улучшение этих бизнес-процессов внутри компании является экономически важной задачей. Например, грамотно построенный процесс подключения новых абонентов, с момента обращения в диспетчерскую службу или через личный кабинет, до планирования работ в подразделении инсталляции и выезда мастеров к клиентам, позволит не только получить прямую прибыль от предоставления услуг, но и сократить временные затраты на обработку, распределение поступивших заявок и выполнение задач. Также становится возможным сократить транспортные расходы и время пребывания выездных инженеров в пути, что, в конечном счете, положительно повлияет на лояльность клиентов.

Добиться данных преимуществ, оптимизировать использование имеющихся ресурсов (временных, трудовых, финансовых), усовершенствовать процессы планирования проведения работ операторам связи помогают современные корпоративные информационные системы класса OSS/BSS. OSS/BSS системы представляют собой стек нескольких специализированных корпоративных информационных систем, поддерживающих самые различные бизнес-процессы и, обычно, тесно интегрированных между собой [2].

Обобщенную и наиболее полную структуру информационных систем телекоммуникационных компаний подробно описывает eTOM – многоуровневая модель бизнес-процессов телекоммуникационных компаний. eTOM является базой для анализа и проектирования бизнес-процессов в отрасли связи и ориентиром в проектировании и разработке программных решений. Согласно eTOM системы WorkForce Management занимают промежуточное место в процессах обслуживания клиентов, подключения новых услуг и устранения повреждений. Обычно подобная система взаимодействует с CRM системой для предоставления возможности согласования и бронирования времени на выполнение визита к клиенту, переносу и отмене бронированного времени. Далее происходит интеграция с системой Order Management или Trouble Ticketing (обработка обращений и регистрация сбоев на сети), позволяющая создавать ордера на выполнение ряда работ. Именно

система Order Management оркеструет весь процесс выполнения, запрашивает данные о состоянии оборудования, выполняет проверки возможности проведения работ, может инициировать и отменять запуск планирования работ в системе WorkForce Management.

Кроме этого для поддержки сквозного бизнес-процесса необходимо взаимодействие с системами Inventory (технический учет оборудования, схемы сети и т. п.), системой Service Activator (активация оборудования для предоставления услуг, мониторинг траффика, удаленное управление клиентским оборудованием). Поэтому значительную часть времени разработки системы WorkForce Management составляет разработка интерфейсов интеграции, являющихся важнейшей частью системы, представлены на рисунке 1.

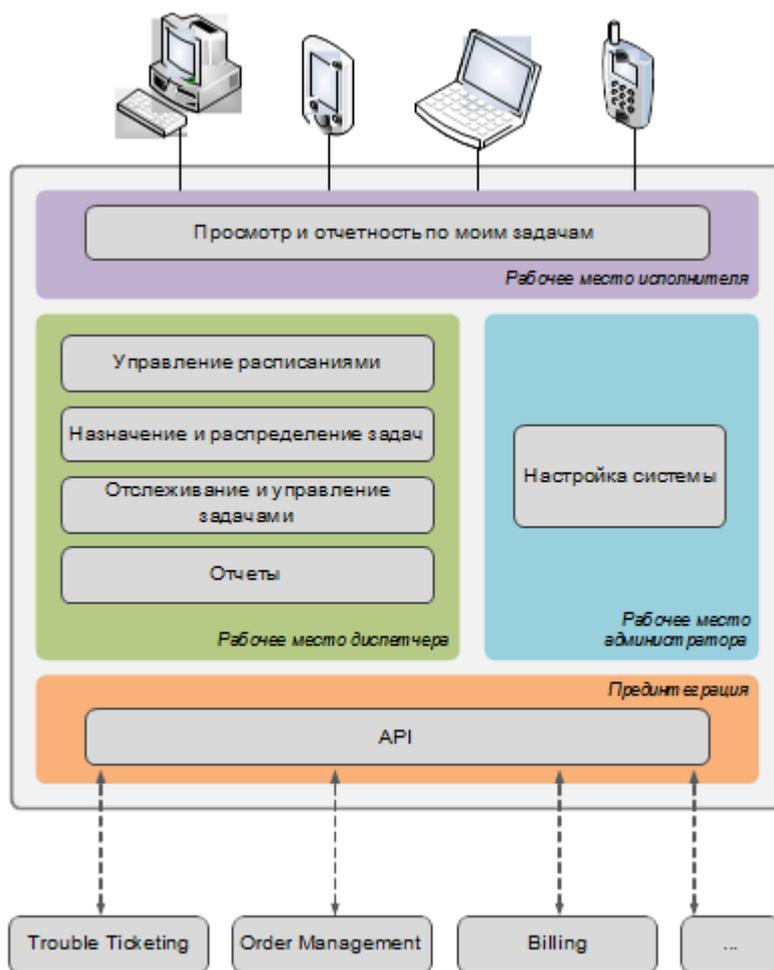


Рис. 1. Компоненты системы и интерфейсы взаимодействия с другими системами

В основу работы систем WorkForce Management заложены различные математические алгоритмы:

1) распределения и перераспределения набора поступающих задач между имеющимися трудовыми ресурсами,

2) построения кратчайшего пути передвижения выездных инженеров между клиентами или объектами сети,

3) планирование и расчет свободного времени на основе задаваемых графиков работы инженеров, времени на выполнения той или иной задачи,

4) оптимизации распределения задач на основе важных для бизнеса критериев (время на перемещение, максимальная загруженность инженеров задачами или наоборот равномерная загруженность задачами в течение планируемого периода).

Данные алгоритмы базируются на теории графов, нахождении максимума и минимума функции с заданными ограничениями, задаче коммивояжера и т.п. В настоящее время разработаны различные библиотеки, которые помогают создавать системы с широчайшими возможностями, и ограждают разработчиков от непосредственной имплементации алгоритмов с нуля. Одной из таких библиотек является «OptaPlanner», позволяющая решать следующие задачи:

- 1) составление расписаний задач
- 2) анализ загруженности ресурсов
- 3) составление и расчет кратчайшего пути

Кроме проведения расчетов, оптимизации по заданным критериям можно визуализировать результаты с помощью графического понятного пользователю интерфейса с возможностью сравнения результатов «до» и «после» оптимизации, применить или отменить изменения. Наиболее актуальным для систем WorkForce Management являются механизмы расчета кратчайшего пути перемещения. Возможности «OptaPlanner» при решении задач оптимизации перемещений представлены на рисунке 2.

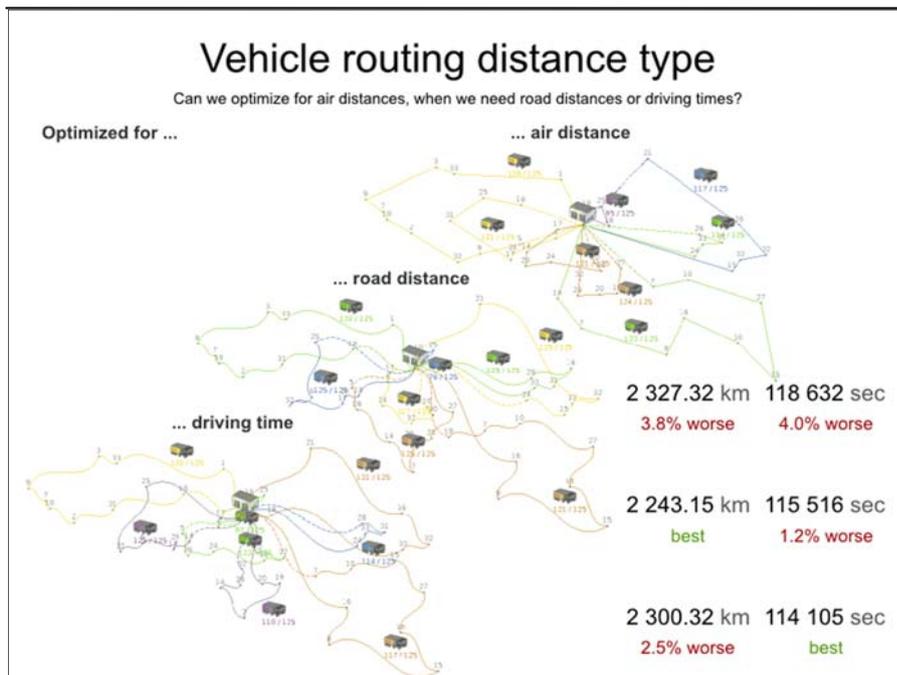


Рис. 2. Расчет вариантов пути перемещения и сравнение основных показателей

В совокупности с использованием систем планирования могут применяться различные GIS-технологии, позволяющие в режиме реального времени контролировать перемещения работников, прокладывать кратчайшие транспортные пути, измерять и отслеживать динамику производительности работников. Использование карт и GIS-технологий предоставляет широкие возможности по контролю выполнения задач, мониторингу перемещений, задержек и т. п.

Почему же именно описанные выше задачи и технологии являются наиболее важными в системах WorkForce Management? Любая современная телекоммуникационная компания, предоставляющая услуги связи конечным клиентам, каждый день обрабатывает огромное количество поступающих обращений. По всем этим обращениям требуется выезд к клиенту. Поэтому немалую часть штата сотрудников телекоммуникационной компании составляют выездные инженеры, которые за один день должны сделать как можно больше задач, совершив как можно больше выездов к клиентам. Одновременно они решают задачи по плановым ремонтам оборудования или другим работам на сети.

Поэтому при большом объеме поступающих задач и обширном штате работников (как собственных, так и подрядчиков) грамотно распределить задачи становится практически невозможно, если использовать только ручной труд диспетчера. Упростить и автоматизировать процессы планирования можно с помощью графических понятных для любого пользователя интерфейсов системы.

Таким образом, внедрение систем WorkForce Management позволяет:

1. Сократить ручной труд и нагрузку на диспетчеров по распределению поступающих задач.
2. Сократить количество повторных визитов к клиентам, в том числе из-за переносов времени визита, опозданий и пр., и, как следствие, повысить лояльность к компании.
3. Улучшить процессы внутри компании и оптимизировать их по различным бизнес критериям (времени выполнения, дальности перемещений, длительности перемещений, занятости работников, затрат на перемещения и т. п.).
4. Составлять и планировать расписания работы сотрудников и график выполнения работ так, чтобы минимизировать задержки, сбои и невыполнения задач.
5. Повысить прозрачность планирования, распределения задач, процесса выполнения задач работниками.
6. Перераспределить нагрузку между работниками и уменьшить количество бригадиров и работников непосредственно не задействованных в выполнении работ, а выполняющих административные функции.
7. Улучшить коммуникации между диспетчерами, исполнителями и клиентами.

Список используемых источников

1. **Обеспечение** конкурентоспособности оператора связи путем инновационного развития / В. В. Макаров // Электросвязь. – 2011. – № 9. – С. 30–33.
2. **Управление** инновациями и обеспечение качества в отрасли ИКТ: монография / В. В. Макаров. – СПб. : Издательство СПбГУТ. – 2012. – 164 с.

УДК 658.3

М. Б. Вольфсон, А. Г. Левашова

**ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ
НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Управление корпоративными знаниями – это процесс интегрированной трансформации организацией своих интеллектуальных активов в прибыль, который затрагивает организационные, технические и культурно-психологические аспекты деятельности организации. В целях построения системы управления знаниями формируются основные требования к подобным системам, а также рассматриваются основные технологии их реализации.

знания, управление знаниями, система управления знаниями, информационные системы.

Особенностью развития информационного общества и сетевой экономики стало использование знаний в качестве фактора производства, что обеспечило существенный прорыв в области технологических инноваций. Знания могут иметь разнообразные формы: от разрозненных фактов, специализированных баз данных, технических знаний, навыков и способностей работников до бизнес-процессов и инноваций, которые в комплексе составляют основу интеллектуального капитала предприятия.

Поскольку в инновационной среде усиливается роль знаний в деятельности предприятий, то возникает необходимость в формировании соответствующей системы управления. Важнейшими задачами процесса управления знаниями являются преобразование индивидуальных и неявных знаний в корпоративные знания, извлечение новых и обновление существующих знаний, а также формирование организационного контекста, который поддерживает производство и воспроизводство новых знаний. Эффективное применение знаний при производстве новых товаров и услуг превращается в основное конкурентное преимущество современного предприятия и в главное условие его развития.

Управление знаниями предусматривает полный цикл операций с корпоративными знаниями (документами, базами данных и базами знаний,

электронным контентом и опытом персонала): идентификацию, извлечение, хранение, преобразование, распределение и использование.

Система управления знаниями (СУЗ) создает в организации единое информационное пространство, организует совместную работу сотрудников для приобретения, представления и обмена знаниями, предоставляет доступ к единой базе знаний и формирует условия для эффективного использования знаний персонала в общих интересах.

СУЗ организует управленческие действия на базе всех информационных ресурсов организации. Для использования этих ресурсов требуется набор специализированных продуктов, инструментов и платформ.

СУЗ решает следующие основные задачи [1]:

- организация совместной работы;
- управление содержимым интеллектуальных активов;
- анализ данных;
- сбор, поиск и доставка информации и знаний;
- управление документооборотом.

В российской экономике внедрение СУЗ на предприятиях сопровождается сложностями экономического, социального и психологического характера. Таким образом, актуальность темы обусловлена потребностью в дальнейшем изучении различных аспектов формирования СУЗ, а также особенностей ее внедрения на предприятии.

Можно выделить следующие требования к СУЗ:

1. *Семантический поиск.* Расширение поискового запроса близкими по смыслу словами позволяет составлять запросы на естественном языке. Реализуется в виде алгоритма поиска по ассоциациям с темой запроса.

2. *Нечеткий поиск.* Обеспечивает поиск слов или элементов текста по схожести написания.

3. *Логический поиск.* Обеспечивает высокую точность извлечения информации по специфическим запросам. Позволяет использовать операторы булевой алгебры.

4. *Функциональная расширяемость и открытая архитектура.* Открытая архитектура предоставляет разработчикам возможность адаптации системы к условиям рынка, а также настройки системы под требования заказчика. Средства разработки дают возможность интегрировать СУЗ в существующее информационное окружение.

5. *Многоязыковая и кросс-языковая поддержка.* Кросс-языковая поддержка означает, что запрос выполняется на одном языке, а ответы пользователь получает на другом. Также должна быть предусмотрена возможность перевода получаемой информации в режиме реального времени для ее оперативного изучения.

6. *Работа с видео/аудио информацией.* Система должна иметь возможность не только формировать базы и архивы фото, аудио и видео файлов, а и оперативно управлять информацией, содержащейся в них.

7. *Персонафикация работы, сохранение и обмен знаниями.* Результаты работы аналитиков и экспертов должны сохраняться в виде тех интеллектуальных ресурсов, которые были ими созданы. Кроме того, СУЗ должна позволять пользователю создавать наборы собственных лингвистических ресурсов, фильтров, уникальные поисковые интерфейсы и пр. и распространять результаты работы между пользователями.

8. *Локализация областей исследования.* Использование специализированных словарей и персональных библиотек предоставляют возможность пользователям проводить исследования по отдельным сферам интересов, не мешая друг другу и не путая специфические термины.

9. *Поддержка разнообразных форматов документов.* Система должна обеспечивать эффективную работу практически с любыми форматами документов, охватывающими все типы приложений, которые могут храниться как в структурированном, так и в неструктурированном виде.

10. *Поддержка широкого круга источников.* Система должна поддерживать все многообразие источников и хранилищ данных.

11. *Динамическая классификация.* Динамическая классификация в многомерной модели позволяет показать пользователю, по каким темам исследования, и в каких информационных срезах отсутствует информация по данной теме изучения проблемы.

12. *Масштабируемость по объему.* Увеличение количества одновременно работающих с системой пользователей не должно приводить к существенному повышению времени выполнения запросов.

13. *Информационный поток обновлений.* Возможность индексации только новой и измененной информации без затрагивания общего объема, а также неблокирование доступа к системе на время реиндексации.

14. *Аппаратно-программная платформа.* При создании распределенных информационно-аналитических систем необходимо обеспечить простой доступ к системе большому количеству пользователей (например, с помощью Web-браузера).

15. *Защита информации.* Развитая система безопасности должна позволять использовать СУЗ как средство для создания территориально распределенных автоматизированных систем с обеспечением контроля доступа на уровне отдельных документов, возможностью передачи данных в зашифрованном виде, а также обеспечивать гибкое управление правами пользователей.

Из всего сказанного можно сделать вывод: только система, соответствующая перечисленным требованиям должна позиционироваться как СУЗ. Однако на сегодняшний день не существует класса программных продуктов, в полной мере удовлетворяющего всем вышперечисленным требованиям.

В тоже время существуют информационные системы, которые позволяют выполнить эти требования частично [2].

К таким системам относятся:

1) ERP (*Enterprise Resource Planning*) – системы планирования ресурсов организации. Это информационные системы, предназначенные для идентификации и планирования всех ресурсов предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета в процессе выполнения клиентских заказов. В них содержится множество важнейших организационных знаний.

2) CRM (*Customer Relationship Management*) – системы управления взаимоотношениями с клиентами. Они предназначены для управления внешними связями как с корпоративными, так и с частными клиентами и партнерами. Для управления знаниями они представляют интерес, в первую очередь, своими дополнительными сервисами, к которым относятся корпоративные порталы и базы знаний, справочные бюро онлайн, колл-центры и пр.

3) Business Intelligence – системы бизнес-аналитики, предназначенные для хранения информации и ее аналитической обработки. OLAP (*Online Analytical Processing*) является важнейшим элементом организации баз и хранилищ данных. Системы OLAP используются для извлечения знаний и позволяют анализировать клиентские базы, финансы компании и т. п.

4) CMS (*Content Management System*) – системы управления контентом. Используются для хранения и публикации больших объемов информации (как текстовых, так и мультимедийных), а также для создания, управления и представления данных. На базе таких систем удобно организовывать корпоративные порталы управления знаниями.

5) ECM (*Enterprise content management*) – управление корпоративным контентом. Системы позволяют управлять цифровыми документами и другими типами контента, а также выполнять их хранение, обработку и доставку в рамках организации.

6) Data Mining – технологии интеллектуального анализа данных. Data Mining определяется как исследование и обнаружение в «сырых» данных с помощью алгоритмов и средств искусственного интеллекта таких скрытых структур, шаблонов и зависимостей, которые не были известны ранее, нетривиальны, практически полезны, могут быть интерпретированы человеком и нужны для принятия решений в разных сферах деятельности.

7) Groupware / Collaboration systems – технологии для обмена знаниями и организации совместной работы. Среди основных технологий можно выделить сети intranet, онлайн-сообщества практиков, сервисы для совместной работы, дискуссионные форумы, системы мгновенного обмена сообщениями, электронную почту, социальные сети, вики-проекты, синхронные и асинхронные конференции, блоги и микро-блоги, и др.

8) EDMS (*Electronic Document Management Systems*) – системы электронного управления документооборотом. Внедрение подобных систем

обеспечивает более эффективное управление документов за счет автоматического контроля их исполнения, прозрачности деятельности предприятия. При этом поддерживается накопление, управление и доступ к информации и знаниям, а также ведется протоколирование деятельности предприятия в целом.

9) ЕКР (*Enterprise Knowledge Portal*) – корпоративный портал знаний. Это ресурс, обеспечивающий единую точку входа и прозрачный доступ к данным. Портал выполняет сбор информации, а также выявляет и формализует новые организационные знания, а также осуществляет выдачу накопленной и вновь созданной информации потребителю.

Таким образом, в первую очередь, необходимо определить бизнес-требования организации, для которой строится СУЗ, а затем определить тот класс информационных систем, который решает все, поставленные задачи. В случае если одного класса систем недостаточно, то в архитектуре СУЗ необходимо предусмотреть совместное использование нескольких информационных систем, перекрывающих в своей совокупности все требования с соблюдением принципа минимизации привлекаемых систем.

Список используемых источников

1. **Управление** знаниями корпорации и реинжиниринг бизнеса: учебник для МВА / Н. М. Абдикеев, А. Д. Киселев. – М. : ИНФРА-М, 2011. – 382 с.
2. **Технологии** бизнес-инжиниринга: учеб. пособие / Д. В. Кудрявцев, М. Ю. Арзуманян, Л. Ю. Григорьев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 427 с.

УДК 657.92

М. Б. Вольфсон, Н. Е. Порядина

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Оценка стоимости предприятий электронной коммерции имеет определенную специфику по сравнению с оценкой традиционных компаний. Появляется целый набор новых ключевых факторов, формирующих стоимость предприятия. В статье предлагаются подходы к оценке стоимости предприятий электронной коммерции с использованием методов Data Mining.

электронная коммерция, интернет-магазин, оценка стоимости, электронное предприятие, Data Mining, нейронная сеть.

Электронная коммерция в настоящее время переживает период бурного роста, который происходит на фоне постоянного увеличения свободных финансовых ресурсов, требующих прибыльного размещения. Оценка стоимости предприятий электронной коммерции позволяет получить вероятную цену, по которой оно может быть продано на открытом рынке в условиях конкуренции.

Необходимость определения стоимости предприятия электронной коммерции может иметь место в следующих случаях:

- 1) приобретения покупателем готового электронного магазина или его поглощения более крупной интернет-компанией;
- 2) приобретения контрольного пакета акций интернет-компании, владеющей электронным магазином (осуществляется на основе выбора компании с наибольшей рыночной стоимостью и эффективно функционирующей на виртуальном рынке);
- 3) приобретения миноритарного пакета акций в интернет-компании с целью последующего включения в долгосрочный инвестиционный портфель;
- 4) приобретения миноритарного пакета акций в интернет-компании с целью включения в краткосрочный (спекулятивный) инвестиционный портфель;
- 5) определения ликвидационной стоимости электронного магазина (рассчитывается в тех случаях, когда действующее предприятие электронной коммерции должно прекратить свое существование или предполагается, что оно переходит в иное организационно-правовое состояние).

В зависимости от конечной цели оценки бизнеса можно рассчитать [1]:

– *рыночную стоимость*. Это наиболее вероятная цена, по которой объект оценки может быть отчужден на открытом рынке в условиях конкуренции, когда стороны действуют разумно и располагают всей необходимой информацией, а на величине сделки не отражаются какие-либо чрезвычайные обстоятельства. Таким образом, рыночная стоимость – это цена объекта, по возможности очищенная от всех субъективных факторов, присущих конкретному продавцу и конкретному покупателю, это величина, к которой должны стремиться разрозненные ценовые показатели аналогичных объектов, обращающихся на рынке;

– *инвестиционную стоимость*. Она определяется, когда известны участники и основные условия будущей сделки, т. е. при оценке инвестиционных проектов;

– *ликвидационную стоимость*, рассчитываемую в тех случаях, когда предполагается, что действующий бизнес переходит в иное качество и перестает существовать в настоящем.

При определении стоимости традиционной оффлайновой компании используют существующие четкие стандарты оценки. А вот судить об интернет-проекте гораздо сложнее в силу ряда причин.

1) Материальные активы компании, как правило, составляют небольшую часть от оборота. В большинстве интернет-магазинов материальные активы составляет лишь товар, закупленный у поставщиков, и компьютерное оборудование. В редких случаях в собственности может находиться офисное помещение или склад. У магазинов по продаже цифровых товаров вообще может не быть ни офиса, склада, а персонал может работать удаленно, поэтому отсутствует база для проведения оценки на основании стоимости активов.

2) Большую роль в стоимости компании играет ее интеллектуальный капитал, который можно рассматривать, как совокупность знаний, информации, опыта, квалификации и мотивации персонала, организационных возможностей, каналов и технологий коммуникации, способную создавать добавленную стоимость и обеспечивать конкурентные преимущества коммерческой организации на рынке. Одним из основных компонентов интеллектуального капитала является гудвилл, к которому обычно относят фактическое положение компании на рынке, ее установившиеся деловые связи, приобретенную репутацию, а также сложившуюся клиентуру [2]. Это нематериальный актив в виде сложившегося имиджа предприятия, менеджмента, торговой марки. Однако его оценка в интернете носит сложный характер ввиду непредсказуемости его размера в будущем.

3) Для оценки стоимости интернет-бизнеса важное значение имеет прогнозирование размера аудитории сайта в будущем. Однако при высокой динамичности интернет-рынков такие прогнозы сложны и имеют большую погрешность.

4) Отсутствие статистики из-за малого количества сделок на рынке купли-продажи электронных предприятий. Из-за неорганизованности рынка продаж оценить стоимость проекта путем его сравнения с уже когда-либо проданным аналогом достаточно затруднительно. На сегодняшний день многие инвесторы и продавцы не представляют себе, справедлива ли цена сделки для обеих сторон.

5) Часто стоимость электронных предприятий оценивают с помощью мультипликаторов дохода или прибыли. Это хороший вариант для быстрой оценки диапазона стоимости, но он не позволяет определить точную стоимость бизнеса. На конечную цену влияют и другие факторы, такие как объем базы постоянных покупателей, наличие оптовых или корпоративных покупателей, наличие долгосрочных контрактов с поставщиками, потенциал расширения бизнеса. И оценка этих факторов в настоящее время мало поддается научному или математическому подходу, здесь большую роль играют опыт и знание отраслевого рынка, на котором работает магазин.

Выбор метода оценки во многом зависит от того, в каком финансовом состоянии находится предприятие в данный момент, и каковы его перспективы. В зависимости от состояния и перспектив развития бизнеса расчет стоимости компании может основываться на применении традиционных

подходов, таких как доходный, сравнительный и затратный, каждый из которых имеет как свои преимущества, так и недостатки.

Кроме того, в настоящее время на рынке широко представлены консалтинговые компании, оказывающие услуги оценки стоимости интернет-предприятий на основе методов экспертных оценок и балльных методик, носящих в основном субъективный характер.

С целью получения статистически достоверных результатов оценки стоимости предприятия электронной коммерции нами предлагается методика, основанная на прогнозировании стоимости посредством использования методов Data Mining.

В основе методики лежит сравнительный подход, базирующийся на информации о недавних сделках с аналогичными объектами на рынке и сравнении оцениваемой компании с аналогами.

В связи с этим на первом этапе ставится задача сбора достоверных статистических данных об интернет-магазинах, выставленных на продажу, мониторинг их ценового позиционирования. Базой исследования могут являться биржи по продаже интернет-бизнеса (в России их более десяти), на каждой из которых представлена информация о сотнях компаний, их стоимости и характеристиках.

Среди различных показателей деятельности электронных предприятий указываются такие как: среднемесячная выручка и прибыль, возраст сайта, посещаемость, место в рейтингах, ТИЦ и PR, средний чек, количество сотрудников, наличие складских запасов, сфера деятельности, местоположение, наличие склада и пр.

На втором этапе необходимо составить перечень факторов, которые могут оказать достаточное влияние на стоимость предприятия. С этой целью рекомендуется использовать методы корреляционного анализа. С помощью корреляционного анализа решается задача установления существенной связи между случайными величинами. Корреляционная связь отражает усредненную тенденцию изменения зависимого стоимостного показателя от изменения одного или нескольких параметров-аргументов. Критерием принятия решения об исключении является порог значимости. Если корреляция между входным и выходным факторами меньше порога значимости, то соответствующий фактор отбрасывается как незначимый. Таким образом, в случае существенного влияния параметра на стоимость он признается ценнообразующим параметром и принимается к дальнейшему рассмотрению, в противном случае – отбрасывается как второстепенный.

На третьем этапе строится искусственная нейронная сеть. Нейронные сети как универсальные аппроксиматоры позволяют строить сложные нелинейные регрессионные модели типа «черный ящик». Они позволяют выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение, позволяющее использовать их для задач прогнозирования. Количество входных нейронов сети будет соответствовать

количеству входных факторов, влияющих на стоимость. В выходном слое будет всего один нейрон, соответствующий выходному фактору – цене.

Затем необходимо провести аудит качества выборки на предмет наличия выбросов и экстремальных значений. Несмотря на то, что нейросетевые модели достаточно устойчивы к шумам и выбросам, тем не менее, экстремальные значения лучше всего удалить. Для оценки качества нейросетевой модели можно использовать прием перекрестной проверки.

Для обучения сети необходимо подготовить массив обучающих примеров. Для обучения сети может понадобится несколько тысяч эпох [3]. После обучения нейронной сети на имеющихся примерах можно оценить качество регрессионной модели и в случае получения приемлемой величины ошибки аппроксимации данная модель может быть использована для прогнозирования стоимости электронных предприятий.

Таким образом, в результате использования методов Data Mining будет получена прогнозная стоимость предприятия электронной коммерции.

Список используемых источников

1. **Организация** электронного бизнеса: учебное пособие / М. Б. Вольфсон. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – 256 с.
2. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников; под редакцией Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с.
3. **Бизнес-аналитика: от данных к знаниям (+CD): учебное пособие.** 2-е изд., испр. / Н. Б. Паклин, В. И. Орешков. – СПб. : Питер, 2013. – 706 с. – ISBN 978-5-459-00717-6.

УДК 659.1

М. Б. Вольфсон, Ю. И. Соловьева

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ ФИРМЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Эффективность интернет-рекламы является одним из важнейших предметов анализа интернет-маркетинга. Оценка эффективности интернет-рекламы осложняется целым рядом факторов. В статье предлагается один из возможных подходов к оценке эффективности интернет-рекламы, а также к прогнозированию ее эффективности на этапе медиапланирования.

интернет-реклама, оценка эффективности, медиапланирование, конверсия.

Эффективность рекламы – важнейшая составляющая маркетинговой политики предприятия. Данный вопрос приобретает особую остроту в связи

с тем, что в настоящее время при выводе нового товара на рынок более половины маркетингового бюджета составляют расходы на рекламу. Охарактеризовать качество разработки и проведения рекламной программы (понять, правильно ли выбраны целевые рынки, целевая аудитория, правильно ли определены запросы потребителей, оказала ли реклама какое-либо влияние на объем продаж и др.) позволяет оценка ее эффективности.

Проблема с прогнозированием эффекта, получаемого от рекламной деятельности, является одной из сложнейших в рекламной практике по ряду причин.

1. Реклама является одним из многих аргументов, которые определяют конечные маркетинговые результаты, но при этом немаловажную роль играют другие элементы маркетингового комплекса.

2. На конечный результат влияет множество рыночных факторов, которые практически невозможно формализовать или достоверно смоделировать. К таким факторам можно отнести поведение конкурентов, непредсказуемое поведение покупателя, случайный выпуск товарного брака и пр.

В отношении рекламной деятельности есть две составляющие ее эффективности: экономическая и коммуникативная. В рамках каждой из составляющих анализируются статьи рекламного бюджета, а также эффективность задействованных средств рекламы, проводятся тестирования созданных ими рекламных обращений на различных стадиях их готовности. Эти составляющие эффективности рекламы образуют практически единый процесс [1, 2].

Коммуникативная эффективность рекламы представляет собой оценку рекламной кампании в ее взаимоотношениях с потребителями рекламы.

Она дает возможность оценить:

- долю потребителей, увидевших рекламное сообщение;
- эффективность различных медиаисточников;
- какие из элементов рекламы запомнились потребителю больше всего;
- какое рекламное сообщение было понято потребителем;
- силу связи между рекламным сообщением и рекламируемой маркой;
- уровень влияния рекламы на продажи/потребление продуктов.

Экономическая эффективность рекламы – это экономический результат, полученный от применения рекламного средства или организации рекламной кампании.

Экономическую эффективность рекламы можно выразить через эффективность затрат на продвижение (отношение количественного выражения эффекта к затратам, вызвавшим этот эффект).

Прогнозирование эффективности рекламной кампании происходит на этапе медиапланирования, который начинается с определения целевой аудитории и мест ее присутствия в сети Интернет.

Под медиапланированием понимают составление медиапланов (расписаний показов рекламных материалов), планирование рекламных кампаний; основа медиапланирования заключается в выборе медианосителей для передачи рекламного сообщения, а также оптимизации размещения по охватным, стоимостным и прочим характеристикам.

Целевая аудитория представляет собой группу людей или компаний, объединенных товаром и (или) услугой, и выявляется в процессе сегментации по различным характеристикам.

В зависимости от характеристик целевой аудитории составляют типовые портреты представителей целевой аудитории. После этого составляются user-story для каждого из портретов: где и как именно подобный пользователь мог бы искать информацию о товаре или услуге, на каких сайтах в сети Интернет он в принципе может присутствовать, какая информация при покупке для него важна, какой стиль коммуникации был бы для него приемлем и интересен.

На основе подобранного списка площадок формируется медиаплан. В медиаплане указываются конкретные места и время размещений рекламных материалов, а также происходит сравнение всех возможных размещений по следующим параметрам:

- охват;
- количество показов;
- RF (число показов на уникального пользователя);
- количество кликов;
- CTR (соотношение числа кликов к числу показов рекламного объявления, умноженное на 100 %);
- CPM (*cost per millennium* – стоимость 1000 показов рекламного баннера или объявления);
- CPC (*cost per click* – цена за клик);
- бюджет;
- прогнозная конверсия по площадке;
- CPA (*cost per action* – цена за целевое действие);
- прогнозное количество целевых действий;
- маржинальность;
- ROI (возврат инвестиций) за весь период сотрудничества с клиентом.

В зависимости от целей рекламной кампании (повышение узнаваемости, лояльности или уровня продаж) сравниваются разные показатели. В первых двух случаях в большей степени интересуют количество показов, CPM, количество кликов и CPC, в то время как во втором случае ключевыми показателями являются CPA и ROI.

Затем необходимо отобрать рекламные площадки с наилучшими прогнозными результатами по интересующим показателям в рамках выделен-

ного на рекламную кампанию бюджета. При этом часть рекламных размещений может быть исключена ввиду слишком высокой цены контакта или целевого действия, малой рентабельности на вложенный рубль. Оставшиеся рекламные площадки с указанием конкретных мест размещений фиксируются в форме итогового медиаплана.

Таким образом, на этапе подготовки рекламной кампании мы получаем представление о планируемых результатах: сколько денег необходимо потратить, и какое количество обращений можно получить.

Согласно медиаплану, после запуска рекламной кампании необходимо осуществлять контроль по всем вышеуказанным показателям. В зависимости от масштабов рекламной кампании контроль может осуществляться как ежедневно, так и еженедельно или ежемесячно. Для формирования более-менее достоверных выводов на каждом этапе необходимо, чтобы пользователи совершили не менее 100 действий:

- для вывода о CTR каждому конкретному баннеру или объявлению на конкретной площадке нужно не менее 100 показов;
- для вывода о конверсии нужно не менее 100 переходов на сайт по каждому виду размещений.

После внесения любых изменений, как в рекламные материалы, так и на сайт рекламодателя, для формирования выводов об удачности предпринятых мер необходимо снова выждать некоторое время, пока пользователи совершат требуемое количество действий.

В связи с тем, что средняя конверсия в обращения составляет от 0,5 до 1,5 %, для получения большей аналитической базы часто собирают статистику не только по достижению макроконверсий, но и по достижению микроконверсий – действий пользователя, которые помогают ему продвигаться вглубь воронки продаж. Кроме того, в случае возникновения проблем с основным показателем конверсии, именно грамотно проставленные микроцели помогают понять, где самое узкое место на пути достижения пользователем основной цели. Как правило, это микроцель с самым низким показателем конверсии, поэтому изменения в этой точке могут дать максимально быстрый результат.

Иногда, даже после внесения всех правок в рекламные материалы и на целевую страницу сайта, некоторые размещения показывают очень низкую отдачу, от таких размещений следует отказаться.

Наиболее используемыми системами для проведения веб-аналитики являются Яндекс.Метрика и Google.Analitycs. При работе с более масштабными рекламными кампаниями используются аналитические системы Adobe Adlens, AdRiver, AdFox, позволяющие получать больше данных непосредственно по показам рекламных материалов, количеству контактов с ними уникальных пользователей, по пересечению целевых аудиторий и пр.

Для учета обращений, совершаемых по телефону, а не через формы на сайте, используются системы колл-трекинга, позволяющие сопоставить

количество входящих звонков на определенный номер с эффективностью определенного рекламного канала в рамках кампании.

Как правило, анализ рекламной кампании состоит из еженедельной и ежемесячной отчетности. Еженедельная отчетность используется для оперативного контроля и внесения незначительных правок в рекламную кампанию, в то время как ежемесячная подводит локальные итоги и используется для составления медиаплана на следующий месяц.

Стоит отметить, что значительное влияние на результаты рекламной кампании могут оказывать действия конкурентов. Ввиду легкости сравнения различных предложений в интернете, пользователь легко может уйти на сайт конкурента с более выгодным предложением. В связи с этим наиболее удачными вариантами ухода от конкуренции представляются:

- не стоимостное формирование ценности товаров и услуг;
- выстраивание маркетинга вокруг уникального торгового предложения;
- формирование нишевых продуктов для каждой подгруппы потребителей в составе целевой аудитории;
- поиск мест размещений с высокой концентрацией целевой аудитории и с низкой конкуренцией среди рекламодателей (чтобы потребителям не с чем было сравнивать наше предложение).

В любом случае действия конкурентов необходимо отслеживать, чтобы по необходимости отключить рекламу на время проведения конкурентом более привлекательных акций, которым мы не в состоянии предложить альтернативу.

Повышение прибыли от рекламной кампании может осуществляться за счет:

- масштабируемости (увеличение охвата целевой аудитории, расширение географии рекламной кампании или запуск рекламы по другим товарам и услугам);
- снижения издержек на неэффективные размещения по результатам анализа;
- продажи сопутствующих товаров и услуг;
- проведения программ лояльности (email-рассылки по клиентской базе, проведение работ по направлению SMM и др.) и допродажи действующим клиентам;
- улучшения юзабилити и, как следствие, повышение конверсии сайта;
- повышение привлекательности предложения с точки зрения маркетинга.

Эффективность рекламной кампании зависит от многих факторов, включая действия конкурентов, сезонность спроса, уникальность торгового предложения, пул подобранных рекламных площадок и места размещений, конверсию сайта, работу с клиентами на каждом этапе воронки продаж.

В связи с этим оценка результатов рекламной кампании бывает затруднена. Безусловно, есть ключевые показатели, такие как CPA и ROI, которые покажут экономический эффект, но при этом остаются открытыми вопросы: могла ли рекламная кампания дать больший результат? Какой минимальный CPA можно достигнуть? Какая максимальная конверсия достижима в текущих условиях?

Однозначного ответа на этот вопрос нет, и лучшее, что можно сделать, – постоянно отслеживать ключевые показатели и сравнивать с результатами прошлых недель, месяцев и лет, добиваясь положительной динамики.

Список используемых источников

1. **Организация** электронного бизнеса: учебное пособие / М. Б. Вольфсон. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – 256 с.
2. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников; под редакцией Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с.

УДК 330.45

Е. В. Востоков

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРИНЯТИЮ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РАНГОВОЙ И ПОЛНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Принятие многих решений предполагает использование для оценки достигаемых состояний многих критериев, значения которых определяется управляемыми и неуправляемыми факторами (состояниями внешней среды). В статье описывается процедура принятия решений при многих критериях, когда информация о вероятностных распределениях, заданных на множестве состояний внешней среды либо полностью отсутствует, либо имеются только ранговые оценки этих вероятностей. Подход основан на модификации классических правил принятия решений в условиях неопределенности при однокритериальном выборе.

многокритериальный выбор, принятие решений в условиях неопределенности, ранговые вероятности.

Принятие решений при формировании долгосрочных программ развития предполагает использование многих критериев. Относительно будущих состояний внешних (неуправляемых) факторов, существенно влияющих на значения целевых критериев, имеется чаще всего крайне приблизительная информация. Даже при наличии знаний о вероятностных распределениях внешних факторов в прошлом, корректность их использования при

оценке решений, имеющих долгосрочный характер, вызывает определенные сомнения, особенно в условиях большой динамичности изменения экзогенных процессов. Таким образом, решения чаще всего принимаются в условиях, которые соответствуют выбору в условиях полной или ранговой неопределенности [1], когда нельзя надежно оценить вероятность возникновения различных состояний среды.

В классической теории принятия решений при полной неопределенности, рассматриваются четыре основных подхода (модели) к принятию решений, которые с определенными изменениями можно перенести на ситуацию многокритериального выбора.

Обозначить через $F_i(x,s)$ целевую функцию i -го критерия, из M используемых, зависящую от выбора альтернативы x из множества допустимых альтернатив D и состояния природы s из множества возможных ее состояний S .

Первым из подходов к принятию решений в условиях неопределенности является *подход Вальда*, в соответствии с которым предлагается выбирать альтернативу, обеспечивающую максимум выигрыша при наихудших условиях. Если рассматривать случай многокритериальности, правило Вальда можно переформулировать следующим образом:

Допустимая альтернатива x оптимальна по Вальду, если не существует такой допустимой альтернативы y , такой что

$$\min_{s \in S} (F_i(y, s) \geq \min_{s \in S} F_i(x, s)), \text{ для любого } i \in M, \quad (1)$$

и существует такой критерий j , для которого неравенство (1) выполняется как строгое.

Множество всех оптимальных по Вальду альтернатив обозначим через $W(D,S,F)$.

Принцип Вальда является крайне пессимистичным. Поэтому рядом исследователей предлагались другие, более оптимистичные правила выбора решений. Первым из них является *выбор по Сэвиджу*, в соответствии с которым нужно минимизировать потери от неправильного выбора альтернативы, точнее, от неумения правильно предсказать состояние среды. В соответствии с этим принципом строится функция упущенной выгоды (или как принято говорить *функция риска*). В случае многокритериальности, функция риска строится для каждого из критериев. Правило построения функции риска можно описать формулой

$$R_i(x, s) = \max_{y \in D} F_i(y, s) - F_i(x, s), \quad i \in 1 : M$$

Задача выбора по Сэвиджу состоит в том, чтобы минимизировать потери при неправильном угадывании состояния природы. В случае многокритериальности данная задача сводится к отысканию таких альтернатив x , для которых не существует допустимых альтернатив y , отвечающих условию

$$\max_{s \in S} (R_i(y, s)) \geq \max_{s \in S} R_i(x, s), \text{ для любого } i \in 1: M, \quad (2)$$

и существует такая функция риска j , для которого неравенство (2) выполняется как строгое.

Множество всех оптимальных по Сэвиджу альтернатив обозначим через $S(D, S, F)$. К числу недостатков метода Сэвиджа относят зависимость решения от так называемых *посторонних альтернатив*, т. е. от альтернатив, которые никогда не будут выбраны в качестве решения.

Еще одним подходом к принятию решений в условиях неопределенности является *метод Лапласа*, в соответствии с которым предполагается, что если неизвестны вероятности возникновения состояний природы, то их можно считать равновероятными. В соответствии с этим предлагается выбирать альтернативу, обеспечивающую максимальное математическое ожидание выигрыша. Применительно к условиям многокритериальности критерий Лапласа сводится к отысканию таких альтернатив x , для которых не существует допустимых альтернатив y , отвечающих условию

$$\frac{1}{V(S)} \int_{s \in S} F_i(y, s) ds \geq \frac{1}{V(S)} \int_{s \in S} F_i(x, s) ds, \text{ для любого } i \in M, \quad (3)$$

и существует такой критерий j , для которого неравенство (3) выполняется как строгое, где $V(S)$ – гиперобъем множества S , под которым, в случае конечности числа альтернатив, понимается их число.

Множество всех оптимальных по Лапласу альтернатив обозначим через $L(D, S, F)$. Принцип Лапласа значительно оптимистичней, подхода Вальда, однако также как и принцип Сэвиджа имеет недостатки, а именно решение существенно зависит от возможности повторного учета состояний природы.

Последним из классических методов принятия решений в условиях неопределенности является принцип α оптимизма Гурвица. Основная идея метода состоит в том, что в реальности людьми оцениваются только наилучший и наихудший результаты, получаемые при выборе определенной альтернативы. При выборе используется субъективная оценка вероятности наступления наиболее благоприятного (α) и наименее благоприятного ($1 - \alpha$) из исходов. Поскольку принцип Гурвица предполагает сравнение каждой альтернативы по наилучшему и наихудшему состоянию, то должно быть определены эти наилучшие и наихудшие состояния. Известно [2, 3], что если множество допустимых альтернатив D выпукло, а критерии $F_i(x, s)$

вогнуты по x , то множество Парето оптимальных альтернатив для состояния s может быть найдено с помощью решения задач

$$\max_{x \in D} \sum_{i=1:M} \beta_i F_i(x, s), \text{ где } \sum_{i=1:M} \beta_i = 1, \beta_i \geq 0 \text{ для любого } i \in M$$

Тем самым, для альтернативы x можно построить функцию оптимизма Гурвица, зависящую от показателя оптимизма α и набора нормализованных весов β :

$$G(x, \alpha, \beta) = \alpha \max_{s \in S} \sum_{i=1:M} \beta_i F_i(x, s) + (1 - \alpha) \min_{s \in S} \sum_{i=1:M} \beta_i F_i(x, s)$$

Оптимальными по Гурвицу при показателе оптимизма α оказываются альтернативы x , для которых при некотором наборе весов β^x обеспечивается максимум функции Гурвица, т. е. $G(x, \alpha, \beta^x) = \max G(y, \alpha, \beta^x)$.

Обозначим через $U(D, S, F, \alpha)$ множество всех оптимальных по Гурвицу альтернатив при показателе оптимизма α .

В качестве основного недостатка метода Гурвица является существенная зависимость результата от выбора показателя оптимизма α . При α близких к нулю получаем решение по Вальду, а при $\alpha = 1$ выбор сводится к радужному предположению, что всегда будут возникать только наиболее благоприятные ситуации природы. Ядром решений по Гурвицу $U_C(D, S, F)$ назовем множество альтернатив, входящих в пересечение всех множеств $U(D, S, F, \alpha)$, т. е.

$$U_C(D, S, F) = \bigcap_{\alpha \in [0,1]} U(D, S, F, \alpha)$$

Ядро по Гурвицу может быть пустым, в этом случае рекомендуется выбирать множество оптимальных решений при некотором показателе оптимизма α . Обычно советуют выбирать значение α равное 0,25. Можно ввести еще одно важное понятие – спектра Гурвица $U(D, S, F)$, равный

$$U(D, S, F) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} U(D, S, F, \alpha)$$

В результате нахождения решения по каждому из принципов принятия решений формируются 4 множества альтернатив. С точки зрения теории принятия решений, принципиально важны 3 следующих случая:

1) Существуют альтернативы, которые оптимальны по всем четырем принципам, т.е. существует не пустое ядро многокритериального выбора в условиях неопределенности $C(D, S, F)$

$$C(D, S, F) = U_C(D, S, F) \cap W(D, S, F) \cap L(D, S, F) \cap S(D, S, F) \neq \emptyset$$

Существует непустой спектр многокритериального выбора, под которым понимается множество альтернатив оптимальных по Вальду, Сэвиджу и Лапласу, а при некоторых показателях оптимизма α и по Сэвиджу, т. е.

$$N(D, S, F) = U_N(D, S, F) \cap W(D, S, F) \cap L(D, S, F) \cap S(D, S, F) \neq \emptyset$$

2) Как ядро, так и спектр принятия многокритериального решения в условиях полной неопределенности пусты.

В случае непустого ядра многокритериального выбора, любая из входящих в него альтернатив может рассматриваться как оптимальная. Для выбора единственного решения необходимо привлечение дополнительной информации

В случае непустого спектра многокритериального выбора необходимо обратить внимание на тот факт, что при α , входящих в окрестность 0 при непрерывных по s функциях $F_i(x, s)$ в спектр многокритериального выбора входят альтернативы, которые оптимальны по Гурвицу на интервалах от 0 до некоторого α . Следовательно, если не использовать дополнительную информацию, наиболее предпочтительными оказываются альтернативы, наиболее устойчивые с точки зрения выбора по Гурвицу. Последнее означает, что отыскание оптимального многокритериального решения сводится к задаче:

$$\alpha \Rightarrow \max, \tag{4}$$

$$x \in N(D, S, F), \tag{5}$$

$$x \in U(D, S, F, \alpha). \tag{6}$$

Наконец, в случае пустого $N(D, S, F)$ возникает ситуация, означающая, что разные принципы оптимальности выбора в условиях полной неопределенности указывают на разные группы альтернатив.

Для определения наилучшего многокритериального решения предлагается следующая процедура. Можно считать, что каждый из принципов выбора в условиях неопределенности одинаково справедлив, т. е. может использоваться с вероятностью 0,25. Тем самым любая альтернатива, входящая в решения по Вальду, Сэвиджу или Лапласу может выбираться с одинаковой вероятностью. При выборе альтернатив из спектра Гурвица необходимо дополнительно учитывать, что они зависят от α . Следовательно, ее выбор зависит как от вероятности выбора самого метода, так и длины интервала параметров оптимизма, при которых она входит в $U(D, S, F, \alpha)$. Тем самым каждая альтернатива из D оценивается по следующему правилу:

$$A_1(x) = 0,25P_W(x) + 0,25P_S(x) + 0,25P_L(x) + 0,25H_G(x),$$

где $P_w(x) = 1$, если x входит в $W(D, S, F)$ и $= 0$, в противном случае, $P_S(x) = 1$, если x входит в $S(D, S, F)$ и $= 0$, в противном случае, $P_L(x) = 1$, если x входит в $L(D, S, F)$ и $= 0$, в противном случае, $H_G(x)$ длина интервала(ов) параметров α , при которых она входит в $U(D, S, F, \alpha)$.

На первом этапе из рассмотрения исключаются все альтернативы, имеющие оценки $A_I(X) = 0$. Формируется множество допустимых альтернатив $D_I = \{x \in D: A_I(x) > 0\}$. Отбрасывание альтернатив, имеющих 0 оценку может привести к изменению состава альтернатив, оптимальных по Сэвиджу. Поэтому требуется найти новый оптимум по Сэвиджу $S(D_I, S, F)$. В результате может измениться и оценка альтернатив A . В D_I находятся альтернативы, имеющие нулевую оценку. Указанная процедура повторяется до тех пор, пока оптимум Сэвиджа не будет изменяться.

После завершения процедур первого этапа поиск оптимального многокритериального решения может быть завершен. В качестве оптимальных альтернатив, могут рассматриваться стратегии, имеющие максимальную оценку $A(x)$. Однако, в случае, если максимальная оценка оказывается не больше 0,5 целесообразно провести второй тур сужения множества рекомендуемых для применения альтернатив. С этой целью, задается уровень отсечения A_p . В качестве такого уровня рекомендуется выбрать значение критерия A_p равное 0,25. Выбор данного уровня отсечения фактически означает, что отбрасываются все альтернативы, которые оптимальны только по одному принципу оптимальности. Формируется новое множество $D_k = \{x \in D_{k-1}: A_k \geq A_p\}$, где $k-1$ – последний шаг, сужения множества допустимых альтернатив. Для множества D_k должны быть построены оптимумы по Вальду, Парето, Лапласу и Гурвицу. После чего применяются описанные выше процедуры отсечения. Процесс итеративного сужения множества альтернатив повторяется до тех пор, пока для каких-то из альтернатив не будет получена оценка A , большая 0,5.

Задача многокритериального выбора при наличии ранговых оценок вероятностей может быть сведена к только что рассмотренной процедуре принятия решений в условиях полной неопределенности. Под ранговой информацией о вероятности возникновения состояний внешней среды [4] понимают следующие экспертные суждения:

Возникновение группы состояний Q_1 более вероятно, чем группы состояний Q_2 ($Q_1 \uparrow Q_2$) или возникновение группы состояний Q_1 равновероятно возникновению группы состояний Q_2 ($Q_1 \sim Q_2$).

Если рассматривать ситуацию, в которой число состояний природы конечно, а ранговые вероятности, определяют распределение только одного из внешних факторов, то система экспертных высказываний относительно возможности возникновения различных ситуаций может быть описана системой уравнений

$$\sum_{s \in Q_1} P_s > \sum_{s \in Q_2} P_s, \text{ если } Q_1 \succ Q_2, \quad (7)$$

$$\sum_{s \in Q_1} P_s > \sum_{s \in Q_2} P_s, \text{ если } Q_1 \sim Q_2, \quad (8)$$

$$\sum_{s \in S} P_s = 1; \quad P_s \geq 0, \forall s \in S. \quad (9)$$

При известном векторе P частоты возникновения состояний внешней среды (вероятностном распределении) в условиях многократного выбора оценка альтернативы x по i -му критерию основывается на расчете математического ожидания, т. е.

$$f_i(x, P) = \sum_{s \in S} P_s F_i(x, s)$$

Рассматривая в качестве критериев выбора функции $f_i(x, P)$, а в качестве состояний природы множество вероятностных распределений H , подчиняющихся условиям (7)–(9), мы оказываемся в описанной выше многокритериальном выборе в условиях полной неопределенности. Следовательно, нахождение решения может быть построено в следующей последовательности:

1) На основе описанной процедуры выбора в условиях неопределенности определяется распределение P^* , которое наилучшим образом отвечает этим правилам

2) Для данного распределения находятся Парето-оптимальные альтернативы для функций $f_i(x, P^*)$, среди которых может быть определена какая-то одна исходя из представлений лица принимающего решение о предпочтениях на множестве критериев.

При однократном выборе в результате принятия решения ситуация может измениться настолько радикально, что с большой вероятностью повторный выбор в ситуации близкой к исходной невозможен. При стохастических условиях обычно рекомендуют использовать в этой ситуации модальный выбор. В соответствии с этим подходом находится состояние, имеющее наибольшую вероятность возникновения (мода), а затем определяются Парето-оптимальные альтернативы, соответствующие моде внешней среды.

В случае ранговых вероятностей, в качестве модальных состояний могут рассматриваться такие состояния s из S , которые обеспечивают положительное ($u^* > 0$) оптимальное решение задачи математического программирования (10)–(12)

$$u \Rightarrow \max, \quad (10)$$

$$P_s - P_t \geq u, \quad \forall t \neq s, t \in S, \quad (11)$$

$$P = (P_1, P_2, \dots, P_s, \dots, P_{|S|}) \in H. \quad (12)$$

Множество всех подобных состояний обозначим через Z . При ранговых вероятностях любое состояние из множества Z может быть модальным,

и мы снова оказываемся в ситуации выбора в условиях полной неопределенности, в котором необходимо выбрать наилучшую альтернативу x , оцениваемую по M критериям $F_i(x, s)$, при состояниях внешней среды, входящих в Z . Нахождение решения данной задачи сводится к описанной выше процедуре.

Список используемых источников

1. **Менеджмент**: учеб. пособие / Е. В. Востоков. – СПб. : СПбГУТ, 2006 – 242 с.
2. **Принятие** решений в многокритериальной среде: количественный подход / В. Д. Ногин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 176 с. – ISBN 5-9221-0274-5.
3. **Парето-оптимальные** решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 255 с.
4. **Choice** under partial uncertainty / D. Kelsey // International Economic Review. – 1993. – N 34. – PP. 297–308.

УДК 681.51

В. Л. Гайда, И. Ю. Хитрина

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Концепция организационной культуры является одной из популярных современных концепций управления. Отражая базовые убеждения и ценности лидера, организационная культура решает задачи как адаптации к внешним изменениям, так и внутренней интеграции. Под влиянием внешних и внутренних факторов культура организации изменяется, что может противоречить первоначальным целям и миссии организации и может сама становиться фактором распада компании.

управление, организационная культура, базовые убеждения, ценности, миссия организации, клановая организационная культура, культура выживания, конфликтная констелляция, образ врага.

Концепция организационной культуры появилась в науках об управлении в 80-е годы XX века, и культурологический анализ быстро получил развитие среди теоретиков и практиков менеджмента США [1] и Западной Европы [2]. Анализ организации с позиций культурологии позволял не только исследовать субкультурную динамику, но и позволил выявить, что основной причиной сопротивления со стороны персонала компании изменениям является существующая организационная культура.

Данный подход оказался особенно востребован при решении проблем управления, связанных с выходом за рамки национальных границ, прежде всего при переносе сложившихся управленческих практик на территорию стран Восточной Европы и Азии. Надо отметить, что управленческие

практики создания «сильных» организационных культур имели своим прообразом методы идеологизации социалистического хозяйства времен Советского Союза. Вспомним предприятия и трудовые коллективы СССР, на которых развивалась символика, которая должна была способствовать идентификации с коллективом и солидарности работающих. Празднование победы в социалистических соревнованиях, вручение переходящих наград, присвоение имен вождей, хотя и вызывали насмешки сатириков, но присутствовали в жизни организаций. Сюда же можно отнести и доски почета, и предоставление права возглавить на демонстрации колонну трудящихся, и организационные праздники с субботниками. Поэтому, когда все это оказалось реэкспортировано в Россию под видом новейших западных веяний и передовых форм ведения бизнеса, именно идеи целенаправленного создания организационной культуры вызвали сопротивление и скептическое отношение у населения. Этим обусловлен наш интерес к пролонгированному исследованию организационной культуры на предприятии и ее трансформации.

Организационная культура, как известно, несет на себе отпечаток личности основателя организации [1]. Базовые убеждения, ценности лидера становятся основой организационной культуры ее создателя. Одна из проблем при этом, как нам кажется, заключается в том, что лидер под влиянием его жизненного и организационного опыта меняется, а, следовательно, меняются и некоторые из его ценностей и убеждений. Это может приводить, с одной стороны, к противоречиям между организацией, приверженной прежним ценностям лидера, и его новыми устремлениями, с другой стороны, к устремлениям лидера изменить культуру своей организации, что может противоречить миссии и самой сути ее деятельности.

Рассмотрим данные процессы на примере одной из компаний страхового бизнеса. Исследование организационной культуры данной компании проводилось нами в период 1994–2004 гг. с использованием методов включенного наблюдения и опроса. Возникнув в период перестройки в противовес практике государственного страхования, не оправдавшего надежд граждан на защиту их материальных интересов, описываемая нами компания вышла на рынок страхового бизнеса с лозунгом справедливого страхования.

Идея справедливого страхования оказалась привлекательной не только для клиентов компании, но и для ее сотрудников. Если клиенты получали обещанное справедливое возмещение их потерь в случае наступления страхового события, страховые представители компании получали справедливое и прозрачное вознаграждение за свой труд. Привлекательность работы в компании позволила ввести отбор желающих работать в компании не столько по профессиональным умениям и навыкам, сколько по профессионально значимым личностным особенностям кандидатов. Среди них –

опыт профессионального общения с людьми (учителя, врачи) или управленческой деятельности (руководители разного уровня), позитивное отношение к людям, честность, инициативность, аккуратность.

Молодая быстро растущая и достаточно успешная организация столкнулась на своем пути со столь же быстрым ростом конкуренции в силу отсутствия реальных барьеров выхода на рынок новых конкурентов. Страховой бизнес не требует больших первоначальных капиталовложений, простота страховых продуктов, отсутствие продуктов-заменителей для возмещения потерь граждан, с одной стороны, и высокий уровень инфляции, делающий страховой бизнес высоко прибыльным с другой – способствовали не только появлению новых страховых компаний, но и жесткой конкуренции между ними.

Рост масштабов собственного бизнеса требовал необходимости увеличения штата страховых представителей, вследствие чего были снижены критерии отбора персонала. Изменилась практика найма страховых агентов. Переманивание успешных страховых представителей из других компаний привело к приходу в организацию работников, отличающихся не только по уровню образования и опыту работы, но и по своим ценностям и убеждениям. Это в свою очередь способствовало изменению ранее сложившейся организационной культуры. В компании стали возникать случаи мошенничества, вступления в сговор с недобросовестными клиентами

Снижение темпов инфляции, принятие новых законов в области страхования, в том числе запрета на инвестирование страховых взносов клиентов в торговлю и другие рискованные инвестиционные проекты не могли не сказаться на условиях работы страховых представителей. Одно из самых чувствительных для агентов – снижение комиссионного вознаграждения за заключение страхового договора. Как известно, снижение размера оплаты труда влечет за собой рост неудовлетворенности работой и изменение отношения к организации. Кроме того, рост численности работников компании неизбежно привел к увеличению дистанции между лидером компании и рядовыми работниками.

В результате, организационная культура, основанная в начале существования компании на ценностях справедливости, открытости, равенства всех работников компании, близости между руководителем и рядовыми сотрудниками, которую можно отнести к типу клановой организационной культуры, незаметно изменялась. Жесткая конкуренция на рынке страхового бизнеса, внутренние проблемы и изменение отношения персонала к компании способствовали трансформации организационной культуры компании в сторону подозрительности, закрытости, жесткой субординации. В немалой степени этому способствовали и личностные особенности лидера, ощущающего себя окруженным врагами и привыкшего не доверять окружению. Все чаще вместо идеи развития, прорыва стали звучать лозунги выживания во враждебно настроенном окружении. Идеи, прозвучавшие

из уст лидера, нашли воплощение в практике деятельности линейных руководителей и рядовых сотрудников: прослушивание телефонных разговоров, доносы на коллег, переманивание клиентов между агентами внутри компании, составление списков «недобросовестных клиентов».

Таким образом, организационная культура приобрела черты конфликтной констелляции [3] по типу «крепость». Данной модели свойственны внутренние конфликты, которые не выражаются открыто, во избежание взаимных столкновений все недовольство направляется во внешний мир. Создается образ врага, который проецируется на внешний мир, все члены группы должны разделять этот ведущий образ (поощряется конформизм), вырабатываются санкции против несогласных, ключевые персоны выполняют функции «стражей» и «цензоров», в группе ощущается сильная солидарность, но группа распадается, как только личность, занимавшая центральную позицию, выпадает из роли. Собственно, это мы и наблюдали. Компания страхового бизнеса, миссией которой является защита клиентов, превратилась в компанию, защищающуюся не только от угроз внешней среды, но и от своих работников и клиентов.

Потеря интереса лидера компании к страховому бизнесу, приглашение наемных руководителей в сочетании с процессами трансформации организационной культуры через некоторое время привели к резкому сокращению как направлений деятельности компании (сокращению числа предлагаемых клиентам страховых продуктов), так и масштабов ее деятельности. Если в момент проведения исследования организационной культуры компания имела более тридцати филиалов, включая как сельские, так и городские агентства, в настоящее время их не более пяти.

Список используемых источников

1. **Организационная** культура и лидерство / Э. Х. Шейн; пер. с англ. – СПб. : Питер, 2002 – 336 с. – ISBN 5-318-00573-X.
2. **Organizational** symbolism and ideology / M. Alvesson // Journal of Management Studies. – 1991. – 28. – 3. – С. 207–225.
3. **Организационная** культура / М. Элвессон; пер. с англ. – Харьков : Гуманитарный Центр, 2005. – 460 с. – ISBN 966-8324-17-X, 0-7619-7006-1.

УДК 338.23

А. В. Горбатько, В. И. Гусев, С. А. Сеница

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КОМПАНИЙ

Инновационная деятельность телекоммуникационных компаний оказывает существенное влияние на традиционные отрасли экономики. В то же время и сами телекоммуникационные предприятия для поддержания конкурентоспособности должны реструктурировать инновационную политику.

телекоммуникации, инновационная политика, конкурентоспособность, оптимизация инновационной деятельности.

Политика в сфере инноваций является важной составной частью социально-экономической политики государства. В области телекоммуникаций она должна способствовать определению цели инновационной стратегии и механизмов поддержки приоритетных инновационных программ и проектов в условиях осуществления антикризисных мер для оздоровления экономики отрасли и повышения качества продукции.

Телекоммуникации – наукоемкая отрасль, поэтому формирование отраслевой инновационной политики должно основываться на создании системы, позволяющей осуществлять устойчивое финансирование научной деятельности, повысить научно-технический потенциал отрасли и эффективность его использования [1].

Инновационная деятельность телекоммуникационных компаний оказывает существенное влияние на традиционные отрасли экономики, выдвигая новые технологические требования к продукции, организации производства, внутриотраслевым связям и управлению персоналом. Успешное функционирование всех рыночных субъектов в условиях информационного общества зависит от их своевременной адаптации к последним достижениям телекоммуникационных компаний.

В свою очередь, телекоммуникационные компании для поддержания конкурентоспособности проводят активную инновационную политику и планомерно выводят на рынок новые товары и услуги. Это объясняется высокой наукоемкостью отраслевой продукции и значительно более коротким, по сравнению с другими отраслями, жизненным циклом товара [2].

Особое положение телекоммуникационной отрасли в экономике страны объясняется тем фактом, что она в наибольшей степени приближена к мировым стандартам по таким критериям, как темпы роста, конкурентоспособность предоставляемых услуг, уровень развития научно-технической

базы, профессионализм менеджмента. Все это дает возможность предположить, что отрасль телекоммуникаций вполне могла бы стать стратегическим фактором повышения в целом конкурентоспособности отечественной экономики на мировом рынке.

Анализ практической деятельности ведущих компаний по осуществлению инновационной политики позволяет утверждать, что наиболее устойчивые конкурентные преимущества получают те предприятия, которые наряду с выводом на рынок нового продукта активно используют новые маркетинговые стратегии, применяют новые организационные формы, совершенствуют условия и методы стимулирования служащих. Комплекс данных нововведений позволяет создать организацию, способную получать долгосрочные стратегические преимущества перед конкурентами за счет фактора новизны.

К тенденциям современной реструктуризации инновационных процессов можно отнести:

- усиление децентрализации управления инновациями. Менеджеры высшего звена оставляют за собой функцию долгосрочного планирования инновационной деятельности компании, а оперативное управление нововведениями делегируется низовому звену управления;

- активное сотрудничество предпринимательских структур с университетами и НИИ. Научные организации отрасли должны определять техническую политику, принимать участие в разработке технических средств связи, обеспечении нормативной базы стандартизации, сертификации, лицензирования, метрологии и всего комплекса вопросов экономической политики в области телекоммуникаций.

Телекоммуникационная отрасль характеризуется унифицированными стандартами услуг связи, едиными технологическими требованиями к телекоммуникационному оборудованию, высокой степенью зависимости от государства, максимизацией эффекта экономии на масштабах. Все эти факторы предопределяют общность основных направлений инновационной политики телекоммуникационных компаний.

На основе отраслевого анализа можно сделать вывод о том, что направления инновационной политики телекоммуникационных компаний определяются следующими особенностями телекоммуникационной отрасли:

- телекоммуникационная отрасль представляет на рынок уникальный продукт, который совмещает в себе материальное производство (оборудование), сферу услуг (провайдеры связи) и know-how (технологии). Таким образом, телекоммуникационные компании функционируют сразу в нескольких сферах экономики; инновационный процесс в телекоммуникационной отрасли носит непрерывный характер в силу высокой наукоемкости продукции;

- потенциальным целевым рынком телекоммуникационной продукции является большая часть населения, а степень его охвата зависит лишь

от фактора времени и новых технических возможностей (то есть обеспечения фактического доступа к рынкам);

– в силу технических характеристик продукции телекоммуникационных компаний практически невозможно и нерентабельно действовать только в национальных рамках. Многочисленные исследования показывают, что практически все телекоммуникационные компании являются по сфере своей деятельности международными;

– телекоммуникационные компании имеют значительно большие финансовые возможности для осуществления своей инновационной политики благодаря стремительно растущему притоку инвесторов в данный сектор экономики.

В настоящее время ведущие телекоммуникационные компании в качестве основной стратегической цели выдвигают необходимость завоевания технологического первенства, путем интенсивного финансирования сферы НИОКР.

Другим направлением инновационной политики является ориентация предприятий на продуктовые нововведения с расширением использования ИКТ и на активное применение новых маркетинговых технологий [3].

Одним из самых распространенных способов оптимизации инновационной деятельности всё в большей степени становится конкурентная политика компаний, направленная на сотрудничество и кооперацию с конкурентами. Слияния и поглощения становятся глобальным фактором повышения результативности инновационных проектов, требуя от компаний проведения нововведений в управленческой деятельности и маркетинговой стратегии.

Особенности инновационной деятельности телекоммуникационных компаний развивающихся стран состоят в том, что многие из них использовали накопленный ведущими компаниями опыт к условиям местных рынков, где телекоммуникационная отрасль активно субсидируется государством и интегрируется с традиционными отраслями экономики.

Анализ инновационной деятельности международных телекоммуникационных компаний позволяет предположить, что отечественная телекоммуникационная отрасль может стать реальным стратегическим фактором повышения конкурентоспособности экономики на мировом рынке. Для достижения данной цели необходимо:

– использовать инструменты государственного регулирования для повышения инвестиционной привлекательности отрасли со стороны зарубежных и отечественных инвесторов;

– предоставить реальные льготы для развития производства телекоммуникационного оборудования на территории нашей страны;

– максимально эффективно использовать накопленный зарубежный опыт в области инновационной деятельности, а именно: применение ком-

плексного подхода, создание адаптивных организационных структур, ориентация на современные технологические решения, внедрение маркетинговых концепций управления компаниями;

– использовать современные формы кооперации и сотрудничества с возможными конкурентами, в целях укрупнения бизнеса и противостояния зарубежным альянсам.

Таким образом, при активной государственной поддержке, эффективной инновационной политике предприятия и использовании опыта ведущих фирм зарубежных стран отечественные телекоммуникационные компании могут повысить свою конкурентоспособность в мировом масштабе и способствовать росту экономического потенциала нашей страны в целом.

Список используемых источников

1. **Управление** инновациями и обеспечение качества в отрасли ИКТ: монография / В. В. Макаров. – СПб. : СПбГУТ, 2012. – 164 с. – ISBN 978-5-89160-077-5.
2. **Инновационное** развитие инфокоммуникационной компании/ В. В. Макаров, П. Л. Туфрин // Экономическое возрождение России. – 2011. – № 3. – С. 83–91.
3. **Информационные** технологии в практике управления качеством / У. В. Мальцева, В. В. Макаров // Инновации. – 2011. – № 12. – С. 116–119.

УДК 330.341

Ц.-Д. Д. Доржиева

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ НЕРАВЕНСТВО. ПРИЧИНЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Социально-экономическое неравенство воспринимается многими людьми как проявление несправедливости. Социальное неравенство, имущественное расслоение общества приводят к росту социальной напряженности.

социальное и экономическое неравенство, отношения собственности.

В сентябре 2011 года движение в знак протеста против экономического неравенства началось в США и быстро стало распространяться по всему миру. Социальное неравенство основано на экономическом неравенстве. Это движение разбудило международное внимание к основным структурным факторам – причинам растущих экономических неравенств: корпоративный капитализм, гендерная несправедливость, образовательные различия, а также коррупция.

Причины неравенства заключаются в неравных стартовых возможностях, разных уровнях таланта у людей, привилегиях власти, позволяющих извлекать выгоды лично для себя.

Бедность существует почти в каждой стране, но существуют значительные различия в степени страданий, испытываемых бедными. В таких странах, как Индия, Бангладеш, Непал, страны Ближнего Востока, страны СНГ, Россия, стойкое неравенство затрагивает миллионы людей, оказавшихся в вечном цикле крайней нищеты. Хотя средний класс в этих странах вырос незначительно, разрыв между богатыми и бедными становится все больше, и круг нищеты продолжает по спирали опускаться вниз. Некоторые из них, кто стал неприлично богатыми, захватывают (монополизируют) производство и средства массовой информации, в то время как миллионы по-прежнему живут в нищете не в силах вырваться из этого тяжелого цикла. Особенно уязвимы женщины, пенсионеры, дети.

В современной экономической системе многие считают, что ведение бизнеса этично-наивно, но это наивно так же, как мошенник считает, что зарабатывает честно на жизнь – это наивно. Накопление богатства без ясной опоры на этику влечет за собой обман, воровство, эксплуатацию, вымогательство и насилие, в результате чего появляются ненужные страдания, травмы и т. д.

Экономическая система, которая нарушает основные моральные принципы, разрушительна по своей природе, но для индивидуального счастья и для общего блага и человеческого достоинства благожелательна. Кажется, непорядочным и непоследовательным, что, злоупотребляя властью, накапливаются непристойные запасы богатства, за счет миллионов людей, которые лишены возможности создать для себя достойную жизнь. В современном мире бизнес-империи, которые чрезмерно богаты сегодня, являются яркими примерами того, как богатство может способствовать распространению жадности, коррупции и классового расслоения. Результатом этого являются возникающие конфликты. Излишки накопленного капитала через украденные земли, прав на природные ресурсы, военную тиранию, колониализм, ненасытность, расизм, экологическую эксплуатацию и неумеренность накопления капитала единицами редко бывают ясными, прозрачными. И это порождает разочарование и возмущение, что в свою очередь приводит к насилию и увеличению страдательности у населения. Само по себе богатство и процветание не являются порочными, а наоборот, похвальны, но при условии, что доходы получаются чистым и честным путем. Богатство и успех – это плод собственных искусных действий, они позволяют уменьшить или вовсе избавиться от бедности.

Безусловно, в современной экономической системе есть несправедливости, имеющие гендерную основу, гендерном разделении в труде, которые объясняются природными способностями. Эти гендерные позиции, общие как у мужчин, так и у женщин, часто делают женщин более уязвимыми для

эксплуатации и злоупотреблений. Эти отношения могут быть менее очевидны среди богатых, которым не только не выгоден безвозмездный или недокомпенсированный труд мужчин в бедных обществах, но, и приобретают дополнительные выгоды от труда женщин, которым платят еще меньше. Хотя многие люди видят рабство как пережиток прошлых веков, многие женщины сегодня все еще живут в рабстве, терпя экономическую, социальную и другие виды эксплуатации, а еще хуже, торговлю ими в беспрецедентных масштабах.

Владельцы собственности угнетают тех, кто ею не владеет. Когда небольшая группа людей обладает большим богатством – это говорит о том, что экономическое здоровье общества неуравновешенно, и когда заработная плата меняется в зависимости от полового признака, однобокие эффекты этих неравенств становятся особенно тяжелыми для женщин.

Сколько же богатства достаточно? Опасность корпоративного «бандитизма», институциональной алчности заключается в том, что в результате получается массовое финансовое порабощение. С каждым днем взаимосвязь милитаризма, жадности и политики, и, как следствие нехватки средств, вызванные их сговором, становятся все более очевидным для всех, но те, кто «играет» в этой системе – это глобальные корпоративные элиты, которые финансируют институциональный терроризм в громадных размерах. Из-за финансовых интересов банки и корпорации подрывают политическую систему и способствуют конфликтам, чтобы получить доступ к ресурсам. Они убеждены, что те, кто сопротивляется политическому господству и финансовому порабощению могут быть подвергнуты бомбардировкам для подчинения. Расчет очевиден. Но анализ всех проницательных мыслителей не трагивает гендерного различия, что является неотъемлемой частью всей системы.

Любая экономика, построенная на бесплатном принудительном или эксплуатируемом труде любой части населения, приводит к неустойчивости всей системы. И эта система, в первую очередь, подрывает интересы женщин, нетрудоспособного населения, т. е. игнорирует большую часть населения на свой страх и риск.

В «шоковой доктрине» Наоми Кляйн описывает «катастрофический капитализм» – современный мировой порядок, когда американская свободная рыночная экономика покоряет мир, где заинтересованные используют бедствие для продвижения своих хищных инстинктов в ущерб индивидуальной и общественной пользе¹. Каждая глобальная катастрофа завершается новым триумфом частного капитала. Только с просвещением граждан можно развивать гражданское сознание, необходимое для того, чтобы выдержать поток манипуляторных стратегий, гендерных диспропорций и т. д.

¹ Доктрина шока: расцвет капитализма катастроф / Л. Кляйн. – М. : Добрая книга, 2009. – 656 с. – ISBN 978-5-98124-357-8.

Итак, те, кто живет в бедности, лишениях не по своей вине, имеют полное право называть лжецами некоторых публичных политиков, защитников *status quo*, которые иногда заявляют, что бедность, угнетение – это мера производительности их труда и что необходимо создать мотивацию, позволяющую достичь уровня более высоких доходов. И это рождает надежду, что те, кто из поколения в поколение через эксплуатацию других людей и использование своих наследных прав управляет большей частью мировых ресурсов и мирового богатства. В итоге, они будут вынуждены поделиться своим благосостоянием и, что в результате мы станем жить в мире, в котором у каждого из нас, как у гражданина, будут равные права и полномочия, а будущие поколения, придя в мир, не обнаружат пустыню вокруг себя.

УДК 336.02

М. А. Егорова

О РОЛИ РЕЗЕРВОВ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ

Зависимость поступлений в бюджет от внешних факторов объясняет желание создавать резервы за счет части нефтегазовых доходов. Парадокс бережливости – это упущенные возможности экономического роста, рост внешней задолженности и валютной уязвимости российской экономики в целом.

фонд национального благосостояния, Резервный фонд, международные резервы.

Сложившаяся экономическая модель Российской Федерации построена на экспорте углеводородов и в силу этого зависима от мировых цен на энергоресурсы. Непредсказуемость многих процессов в мире создает неопределенность мировых цен на нефть и газ. Правительство вынуждено рассматривать разные сценарии развития ситуации в мировой экономике от высоких до существенных падений цен на нефть. Поэтому и создаются определенные резервы. В интервью ТАСС президент В. Путин заявил, что российская экономическая система способна выдержать очередную волну кризиса, подчеркнув, что Россия располагает резервами в достаточном объеме, за счет чего ее положение более выгодно, чем у государств, не имеющих таких резервов. Бережливость властей в отношении золотовалютных и правительственных резервов в очередной раз признана дальновидной политикой, позволяющей преодолевать финансовые кризисы. Объем накопленных в благоприятные годы резервов дает стране уверенность в том, что социальные обязательства будут исполнены, и экономика устоит перед кризисными явлениями.

Дефолт 1998 года показал, что без резервов страна подвергается серьезной опасности. Поэтому Центробанк и правительство стали наращивать международные резервы в качестве подушки безопасности. Запасы, безусловно, нужны как финансовый резерв для государственных долговых выплат или бюджетных расходов. Но не являются ли эти самые резервы причиной парадоксального перемещения финансовых потоков? Частные компании и банки вынуждены были кредитоваться на внешнем рынке из-за недоступности дешевых внутренних кредитов. Парадокс бережливости финансовых властей оборачивается серьезными системными кризисами в экономике.

В настоящее время все резервы страны складываются из Фонда национального благосостояния (ФНБ), Резервного фонда, находящихся под контролем Министерства финансов, и международных резервов Центрального банка РФ. Идея создания ФНБ – стать стабилизатором пенсионной системы. Средства фонда идут на софинансирование добровольных пенсионных накоплений граждан и покрытие дефицита Пенсионного фонда. Резервный фонд создавался для поддержания Федерального бюджета и снижения зависимости национальной экономики от колебаний поступлений от экспорта нефти и газа.

До 2015 года детальный анализ активов ФНБ и Резервного фонда был затруднен, так как с 2010 г. до 31 декабря 2014 г. Минфин России не предоставлял информацию о формировании и использовании фондов. Известно было, что 90 % средств ФНБ и 100 % средств Резервного фонда допускалось хранить в ценных бумагах иностранных государств. Информация о результатах размещения средств фондов появились только в 2015 г.

На 1 января 2015 г. совокупный объем средств ФНБ составлял \$ 78,00 млрд., что эквивалентно 4388,09 млрд. руб. (около 5,5 % ВВП). За год было потрачено около \$ 8 млрд. На Резервный фонд на 1 января 2015 г. приходилось \$ 87,91 млрд. (4 945,49 млрд. руб.) совокупных средств (6,1 % ВВП). Из Резервного фонда за год истрачено не так много – около \$ 2 млрд., однако на начало формирования фонда в 2008 г. его величина была значительно больше – \$ 125, 19 млрд. [1].

Структура средств ФНБ представляет собой следующее. В Банке России на отдельных счетах по учету средств ФНБ хранится \$ 23,58 млрд., 23,29 млрд. евро, 4,23 млрд. фунтов стерлингов. На депозитах во Внешэкономбанке размещено 195,03 млрд. руб. и \$ 6,25 млрд. В долговые обязательства иностранных государств вложено \$ 3,00 млрд. В ценные бумаги российских эмитентов, связанные с реализацией самокупаемых инфраструктурных проектов, вложено 5,13 млрд. руб.; в привилегированные акции кредитных организаций – 278,99 млрд. руб.; на субординированный депозит в ОАО Банк ВТБ – 100,00 млрд. руб.

Резервный фонда состоит из средств на счетах в иностранной валюте в ЦБ – 1282,13 млрд. руб.; депозитов в долларах США во Внешэкономбанке – 147,15 млрд. руб.; долговых обязательств иностранных государств без предъявления требования к рейтингу долгосрочной кредитоспособности – 70,59 млрд. руб.

Доходность обоих фондов довольно низкая. Так, за период с 15 января по 31 декабря 2014 г. совокупная расчетная сумма дохода от размещения средств фондов на счетах в иностранной валюте в Центробанке, пересчитанного в доллары США составила для Резервного фонда \$ 0,53 млрд. (30,00 млрд. руб.), для ФНБ – \$ 0,40 млрд. (22,38 млрд. руб.). Совокупный доход от размещения средств ФНБ с января по декабрь 2014 г составил: на депозитах во Внешэкономбанке – \$ 1,27 млрд. (46,67 млрд. руб.); в долговые обязательства иностранных государств – \$ 148,33 млн., что эквивалентно 7,07 млрд. руб.

К резервам страны относятся также международные (золотовалютные) резервы в распоряжении Центробанка. Их целью является денежно-кредитное регулирование, финансирование дефицита платежного баланса, проведение интервенций на валютных рынках. Международные резервы современной России начали формироваться с 1992 г. после выхода Указа президента РФ об обязательной продаже 50 % экспортной выручки резидентов Центробанку.

С 2002 г. Центробанк наращивал золотовалютные резервы за счет благоприятной конъюнктуры мировых рынков сырья и к 2008 г. его объем в 3 раза превышал оптимальный уровень. На 1 декабря 2014 г. объем международных резервов РФ в ЦБ составлял \$ 418,9 млрд. К 6 марта 2015 г. его объем сократился до \$ 356,7 млрд., продолжив ежемесячную отрицательную динамику с начала 2014 года, что превысило минимальный уровень марта 2009 г. – \$ 376,1 млрд. [2]. За год было потрачено \$ 131,1 млрд., то есть четверть всех ранее накопленных резервов. Такое же сокращение наблюдалось в период кризиса 2008 г., когда резервы сократились на 31 %. Тогда накопленные резервы позволили ЦБ стабилизировать курс рубля валютными интервенциями и погасить кризис 2008 г. господдержкой на реструктуризацию внешних долгов и рыночную стоимость ценных бумаг крупных российских компаний. Однако в нынешних условиях такие же траты резервов не помогли ни стабилизировать курс рубля и избежать валютного кризиса, ни снизить инфляцию. Хотя именно для этих целей резервы и создавались.

Экономическая модель государства построена таким образом, чтобы создавать запасы как «подушку безопасности» на случай неблагоприятной мировой конъюнктуры и сдерживания избыточной денежной массы для стерилизации избыточных нефтегазовых доходов. Но если посмотреть с другой стороны. Не жесткой ли монетарной политикой вызваны столь глубокие фи-

нансовые и валютные кризисы нашей страны? Предприятиям, вынужденным кредитоваться на внешнем рынке из-за недоступности дешевых внутренних кредитов, в 2008 г. не пришлось бы столкнуться с угрозой утраты своих активов. А в 2014 г. банкам и компаниям не было бы необходимости накапливать валюту для оплаты ранее набранных внешних долгов и тем самым еще больше подстегивать падение национальной валюты. В нынешних условиях из-за введенных санкций со стороны ЕС и США нет возможности рефинансировать долги и выходить на зарубежные рынки капитала, что вынуждает частные компании запасаться валютой, а госкомпании – брать деньги из резервов.

Надолго ли хватит резервов, и в каком объеме их надо сохранять? Для оценки оптимального уровня золотовалютных резервов в международной практике используют разные подходы: обеспечение импорта товаров и услуг в течение 3–6 месяцев; обеспечение внешней ликвидности страны; быть больше краткосрочного внешнего долга; быть не меньше 8 % ВВП; превышать денежную базу в широком определении для предупреждения резких девальваций и ревальваций национальной валюты; позволять не прибегать к внешним заимствованиям в течение года. Общепризнанного критерия не существует. Чаще других для оценки достаточности международных резервов используется уровень, покрывающий трехмесячный импорт. Следует учитывать особенности экономической ситуации для конкретной страны. Для нашей страны для определения оптимального уровня ЗВР важно учитывать корпоративный внешний долг и глубину финансовых кризисов. Поэтому для гарантии исключения дефолта резервы должны быть больше суммы платежей по импорту за 3 месяца и текущих выплат по внешнему государственному и частному долгу (модифицированный критерий Редди).

Баланс счета текущих операций и валютной структуры внешнего долга России позволяет рассчитать минимальный размер резервов. Импорт России за 11 месяцев составил \$ 283,3 млрд., то есть на покрытие трех месяцев импорта в среднем потребуются резервы на уровне \$ 77,26 млрд. В 2013 г. эта сумма была на уровне \$ 85 млрд., но в 2014 г. импорт снизился из-за антисанкций и падения курса рубля. Краткосрочные обязательства на 01.10.2014 составляют \$ 73,69 млрд. Таким образом, сумма импорта за 3 месяца и краткосрочных обязательств составляет около \$ 150,95 млрд. Это означает, что объем накопленных на сегодня международных резервов Банка России (\$ 379,4 млрд.) вполне соответствуют критерию Редди и в 2 раза превосходят оптимальный уровень.

Общая задолженность России (государственный и частный сектор) на 1 января 2015 г., составляла \$ 599,5 млрд., существенно сократившись за полгода – с \$ 731,2 млрд. (на 1 июля 2014 г.). Анализ показывает, что по-прежнему преобладает доля обязательств корпоративного сектора. На частный сектор приходится \$ 376,47 млрд. и на банки – \$ 171,11 млрд. [3].

За 2015 год предстоит выплатить \$ 114,25 млрд. по внешнему долгу (основной долг – \$ 93,72 млрд. и проценты – \$ 20,53 млрд.), из них примерно 60 % приходится на выплаты частных компаний [4].

Даже если учесть все международные финансовые обязательства за весь 2015 год с 3-месячным импортом – \$ 191,51 млрд., страна будет вполне платежеспособна на мировом рынке. И если принять в расчет только резервы в иностранной валюте, не включая монетарное золото, резервы в МВФ и счета в СДР, то суммы в \$ 327,73 млрд. [4] также будет достаточно для обслуживания обязательств по внешнему долгу России в 2015 г.

Расчеты Банка России также показывают, что показатели внешней долговой устойчивости превосходят пороговые значения, свидетельствуя об избыточности резервов. Так, коэффициент отношения ЗВР к платежам по внешнему долгу составляет 253% (пороговое значение 100%). Уровень достаточности ЗВР для покрытия импорта товаров и услуг по состоянию на 1 января 2015 г. – 13 месяцев импорта. К примеру, для США, Германии, Франции этот показатель значительно меньше – только 2 месяца.

С учетом \$ 40,82 млрд. Резервного фонда и \$ 24,42 млрд. ФНБ общий валютный запас составляет \$ 444,64 млрд. (около 29 трлн. руб. по курсу ЦБ на 28.01.2015) выведенных из экономики денег в резерв. Рублевая денежная база – 11332 млрд. (на 1.01.2015) [5], то есть на 1 рубль, работающий в экономике, приходится примерно 2,5 рубля в резервах. Это упущенные возможности для кредитования и экономического роста. Парадокс бережливости – чем больше экономика экономит, тем беднее она будет. Денежно-кредитная политика ЦБ не ориентирована на экономический рост, так как упор делается главным образом на жесткий монетаризм. Обратной стороной этого процесса помимо роста внешней задолженности является увеличение валютной уязвимости российской экономики в целом, при которой любые изменения (падение цен на нефть, обесценение рубля и т. д.) вызывают серьезные системные кризисы. Значительные золотовалютные резервы и резервы в целом не позволили избежать кризисов 2008 и 2014 г., не обеспечили высокий кредитный рейтинг нашей страны, и международные агентства в 2015 г. понизили его до уровня ниже инвестиционного. Такая оценка инвестиционного климата очень опасна. Продолжится отток капитала, иностранные инвесторы будут избавляться от суверенных российских облигаций. Фондовый рынок сократится, компании потеряют рыночную стоимость. Государственные резервы, обеспечив финансовый суверенитет, не создали стабильно функционирующую экономическую модель экономики.

Анализ показал, что валютные резервы РФ являются избыточными. Накопленные выше достаточного уровня резервные активы ведут к снижению инвестиционных ресурсов, препятствуют экономическому росту, свидетельствуя о неэффективности проводимой финансовой политики. У страны был выбор между наращиванием резервов и вложением средств

в инфраструктурные объекты. Выбор был сделан в пользу резервных активов и сдерживания денежного предложения. Но если бы деньги не стерилизовали, а инвестировали в отечественную экономику, модернизируя ее, обновляя изношенные основные фонды, меняя конструкцию экспортоориентированной страны, то, может быть, и не было такой глубины кризисов. В сегодняшних условиях российская экономика остро нуждается в трансформации резервной политики и использовании резервов для финансирования экономики.

Список используемых источников

1. **Информационное** сообщение о результатах размещения средств Резервного фонда и Фонда национального благосостояния, 13.01.2015 [Электронный ресурс] // Минфин России. Пресс-центр. – Режим доступа: <http://www.minfin.ru/ru/press-center/> (Дата обращения 10.03.2015).
2. **Международные** резервы Российской Федерации. Базы данных [Электронный ресурс] // Центральный банк Российской Федерации. – Режим доступа: http://www.cbr.ru/hd_base/?PrtId=mrrf_m (Дата обращения 10.03.2015).
3. **Внешний** долг РФ по состоянию на 1 января 2015 года (оценка). График предстоящих выплат по внешнему долгу РФ [Электронный ресурс] // Центральный банк Российской Федерации. – Режим доступа: [cbr.ru/statistics/credit_statistics/debt/schedule_int.xlsx](http://www.cbr.ru/statistics/credit_statistics/debt/schedule_int.xlsx) (Дата обращения 10.03.2015).
4. **Инвестиционная** позиция по международным резервам РФ [Электронный ресурс] // Центральный банк Российской Федерации. – Режим доступа: http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=credit_statistics/iip_ira_15.htm&pid=svs&sid=mipzrRF (Дата обращения 10.03.2015).
5. **Показатели** денежно-кредитной и финансовой статистики [Электронный ресурс] // Центральный банк Российской Федерации. – Режим доступа: <http://www.cbr.ru/statistics/?PrtId=mb&pid=dkfs&sid=dbvo>. (Дата обращения 03.02.2015).

УДК 330.142

Н. О. Иванова

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА

Данная статья посвящена проблеме представления финансовой информации об интеллектуальном капитале на современных предприятиях. В ней предложено решение в виде внедрения управленческого учета интеллектуального капитала, и разработана форма бюджета доходов и расходов на предприятии в рамках управленческого учета.

интеллектуальный капитал, управленческий учет, бухгалтерский учет, бюджет доходов и расходов, статья затрат.

В XXI веке, в веке, ознаменованном появлением нового типа экономики – «экономики знания», в России работает значительное количество предприятий, в той или иной степени имеющих дело с интеллектуальными активами, как в качестве продукта их деятельности, так и в качестве ресурсов. Основными пользователями интеллектуального капитала (ИК) на микроуровне являются: руководство, финансисты и бухгалтеры. Если бухгалтеры имеют возможность получать достоверную, хотя и неполную информацию о состоянии ИК предприятия из финансовой отчетности, то две другие группы не могут из данного представления информации получить то, что им необходимо для работы. Финансовая информация, содержащаяся в современных бухгалтерских и управленческих отчетах, не в состоянии полностью удовлетворять потребности всех пользователей; они должны содержать необходимый объем информации, способный максимально соответствовать требованиям всех ее пользователей [1]. Для этого в данной статье предполагается разработать модель управленческого учета ИК, в частности дополнительный отчет об ИК на предприятии.

Интеллектуальный капитал в целом не является объектом бухгалтерского учета и отчетности, однако для таких случаев на некоторых предприятиях ведется управленческий учет, который не требует законодательного закрепления форм и методов отчетности и способен компенсировать упущения бухгалтерского учета и предоставлять не только оперативную экономическую информацию, но и более полную. Данный учет вбирает в себя все компоненты менеджмента, которые имеют стоимостное выражение. Тем не менее, в управленческом учете ИК в целом не может быть отражен, так как это комплексное понятие, включающее в себя множество элементов, обладающих различными свойствами, которые следует представлять в системе учета как отдельные самостоятельные объекты. Следовательно, необходимо разложить, классифицировать ИК до простейших составляющих с целью дальнейшего учета их в управленческой отчетности предприятия.

Основываясь на классификации ИК, разработанной ранее [2], предлагается выделить три комплексные статьи расходов: затраты на человеческий капитал, затраты на потребительский капитал и затраты на структурный капитал. Все эти виды затрат относятся к косвенным расходам, носят общий характер для производства нескольких видов продукции.

Статья затрат на человеческий капитал подразделяется на две подстатьи: издержки на поддержание и приумножение личностных активов сотрудников и издержки на синергетические активы сотрудников. Далее опишем более подробно, что именно входит в каждую из названных выше статей: затраты на поддержание и приумножение личностных активов сотрудников включают все расходы, связанные с модификацией формальных знаний сотрудников, их интеллектуальных способностей, а также их практических навыков. Иными словами, это затраты на обучение, переквалифи-

кацию, повышение квалификации работников предприятия, затраты на семинары, вебинары, профессиональные тренинги и бизнес-кейсы. Однако, сюда попадают только те расходы, которые дали положительный результат в части поддержания и приумножения личностных активов в целом по предприятию, в ином случае эти затраты включаются в статью прочих расходов. Данный комментарий распространяется на все статьи расходов на ИК. В статье затрат на синергетические активы сотрудников входят расходы на создание и развитие корпоративной культуры (тимбилдинг, HR-тренинги), на технологии коллективной работы (семинары и тренинги по заданной тематике), а также издержки на разработку и поддержание системы мотивации персонала как материальной, так и нематериальной (поощрительные командировки, скидки на услуги, конкурсы и соревнования, мотивирующие совещания и т. д.)

Статья затрат на потребительский капитал также делится на две составляющие: статья затрат на клиентский капитал и статья затрат на рыночный капитал. К расходам первой группы относятся:

- издержки на формирование и поддержание базы постоянных клиентов, которые могут включать затраты на проведение маркетинговых исследований или анализа торговой деятельности предприятия сторонними организациями, затраты непосредственно на саму базу – CRM-система, база данных 1С-Предприятие или самое простое, Excel, также издержки на привлечение консультантов в части организации учета данных о клиентах. Если в результате понесенных затрат предприятию удалось выделить «целевого клиента», тем самым сократив свои затраты на работу с нецелевыми потребителями на 10–15 %, то только в таком случае эти затраты попадают в данную статью. В противном случае – в прочие расходы;

- издержки на повышение лояльности и доверия потребителей, куда попадают затраты на создание системы качества, службы исполнения заказов и службы послепродажного обслуживания;

- также расходы, связанные с формированием портфеля заказов, контрактов и соглашений, то есть различные транзакционные издержки в ходе переговоров и оформления контрактов.

В рамках управленческого учета предполагается в статью затрат на рыночный капитал включать следующие расходы предприятия:

- издержки брендинга, то есть расходы на исследования и разработку бренда, художественное решение и упаковку, создание и продвижение его с помощью средств маркетинговых коммуникаций, юридическую регистрацию и защиту, связь с общественностью и т. д.;

- издержки каналов сбыта, а именно инвестиции в развитие каналов и постоянные затраты на их поддержку. Эта статья затрат может составлять до 50 % от стоимости товара;

– издержки, связанные с построением и развитием отношений с поставщиками. Сюда можно отнести расходы на переключение, то есть смену поставщика;

– издержки на маркетинговые исследования, мониторинг и анализ деятельности фирм-конкурентов и т. д.

В части статьи затрат на структурный капитал представляется невозможным отделить часть расходов идущих на формирование инфраструктурных активов таких как: инструкции, положения о подразделениях, стандарты, формы приказов, методики работ; организационная структура управления предприятия; техническое и программное обеспечение управления деятельностью предприятия, разрабатываемые в организации стратегии, программы информационного обеспечения и другие, от схожих прочих затрат, которые не приводят к положительному результату – приумножению прибыли. В связи с этим в данную статью затрат относятся только издержки, идущие на формирование интеллектуальной собственности: регистрация патентов, товарных знаков, знаков обслуживания и прочее.

На предприятиях в рамках управленческого учета предлагается использовать форму бюджета доходов и расходов (табл.), разработанную в данной исследовательской работе с целью повышения оперативности и точности принятия управленческих решений, а также упрощения контроля со стороны руководителей и топ-менеджеров. Данная форма отчета может вестись как по всему предприятию в целом (консолидированная отчетность), так и иметь различные аналитические срезы. У каждой фирмы может быть свой набор данных аналитик, например, это может быть и продуктовый срез, при котором определяются доходы и расходы по продуктам; БДР можно анализировать и в разрезе каналов продвижения, и по центрам финансовой ответственности, а также по клиентам и отдельным регионам [3].

ТАБЛИЦА. Пример формы бюджета доходов и расходов на предприятии в рамках управленческого учета

Код	Статья бюджета	Итого за год			Янв.	...	Дек.
		План	Факт	Отклонение			
Доходы и расходы по обычным видам деятельности							
1.	Выручка						
1.1	Выручка от основной деятельности						
1.2	Выручка от прочей деятельности, в т. ч. от интеллектуального капитала						
2.	Прямые расходы						
2.1	Материалы (основные и вспомогательные)						

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СВЯЗИ

Код	Статья бюджета	Итого за год			Янв.	...	Дек.
		План	Факт	Отклонение			
2.2	З/п основного (линейного) персонала						
2.3	Начисления на ФОТ						
2.4	Прочие прямые затраты						
3.	Валовая прибыль (маржа)						
4.	Косвенные расходы						
4.1	Общепроизводственные расходы						
4.1.1	<i>Расходы на эксплуатацию и содержание оборудования</i>						
4.1.2	<i>Общехозяйственные расходы по управлению</i>						
4.2	Общехозяйственные (внепроизводственные) расходы, в т. ч. на ИК						
5.	Операционная прибыль						
Прочие доходы и расходы							
6.	Прочие доходы						
7.	Прочие расходы						
8.	Прибыль до налогообложения						
9.	Отложенные налоговые активы						
10.	Отложенные налоговые обязательства						
11.	Текущий налог на прибыль						
12.	Чистая прибыль (убыток) от производства						
Справочно:							
1.	Рентабельность, %						
2.	...						

В заключение стоит отметить, что введение на предприятии управленческого учета интеллектуального капитала, в частности формы бюджета доходов и расходов, позволит сделать финансовую отчетность более полной и понятной для руководства организации, улучшить качество принимаемых управленческих решений, а также оптимизировать затраты и повысить инвестиционную привлекательность компании в целом.

Список используемых источников

1. **Методологическая** парадигма исследования интеллектуального капитала в условиях информационного общества / В. В. Макаров, В. И. Гусев, А. Г. Воронин // Российский гуманитарный журнал. – 2012. – № 1, Т. 1. – С. 78–83.

2. **Сравнительный** анализ подходов к трактовке понятия «интеллектуальный капитал» / Н. О. Иванова // Международная научно-практическая конференция «Наука и образование в современной конкурентной среде», Уфа, Россия, 15–16 февраля 2014. – Ч. III. – С. 148–153.

3. **Бюджет** доходов и расходов [Электронный ресурс] / А. Карпов. – Режим доступа: <http://www.bud-tech.ru/bdr.html> (Дата обращения 04.01.2015).

Статья представлена научным руководителем, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 338.27

Е. Л. Иванова, А. А. Симонина, Н. Н. Шагас

**СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА**

Планирование и управление деятельности организации в условиях кризиса направлено на обеспечение возможности ее роста и развития на основе разработки мероприятий, ориентированных на максимальное удовлетворение потребностей общества в товарах и услугах организации, а также обеспечение рентабельности ее деятельности.

планирование, управление, стратегическое планирование, развитие, рост, конкурентоспособность.

Функционирование российской экономики в современных условиях характеризуется экономическим кризисом в стране и мире, введением экономических санкций, направленных на ограничение развития и роста отдельных направлений деятельности и экономики РФ в целом. В этих условиях значительно возрастают требования к планированию деятельности любой организации.

Влияние кризиса на экономику проявляется следующим образом:

- в большинстве отраслей наблюдается стагнирующий или сокращающийся спрос на продукцию, что определяет сокращение производства;
- ограничение роста производства по причине сокращения объема инвестиций, когда внешние источники становятся либо крайне ограниченными, либо недоступными по цене (рост ставки рефинансирования);

– недостаток собственных денежных средств организации для осуществления инвестиционных проектов.

В этих условиях совершенствование планирования и управления организацией является необходимым условием обеспечения поступления положительного денежного потока (прибыли), сохранения достигнутого уровня производства, подготовки вариантов действий по выходу из кризиса.

Наряду с оперативными мероприятиями, предполагающими корректировку текущих планов организации в соответствии с требованиями рынка, следует разработать ряд стратегических решений, которые позволили бы организации усилить свои рыночные позиции в перспективе. Для реализации предлагаемых мер следует оценить рынок в целом и положение конкретного предприятия на нем в новых условиях. Оценка емкости рынка позволит определить порядок изменения планов продаж и производства на перспективу 2–3 года. При этом плановые решения должны быть ориентированы на обеспечение рентабельности производства на основе рационального снижения капитальных и текущих затрат организации, себестоимости отдельных видов продукции.

Снижение капитальных затрат характеризуется увеличением показателей фондоотдачи и капиталоотдачи может быть достигнуто на основе реализации следующих мер:

– определение неиспользуемого производственного оборудования и площадей и последующая сдача их в аренду, перепрофилирование, сокращение административных объектов и т. д.;

– избавление от убыточных, либо малорентабельных непрофильных активов в составе собственного производства, а также от финансовых активов в капитале других организаций и т. д.;

– увеличение эффективности производства на основе введения многосменного режима работы.

Сокращение текущих операционных расходов может быть достигнуто на основе реализации следующих предложений:

– сокращения работников основных и вспомогательных подразделений;

– сокращение расходов на персонал на основе пересмотра политики по бонусам и другим компенсациям по персоналу;

– ограничение административно-хозяйственных расходов и расходов, не связанных с основной деятельностью;

– оптимизация запасов сырья, материалов, готовой продукции;

– введение норм запасов и остатков сырья, материалов (для предприятий, производящих товарную продукцию).

Сокращение коммерческих и маркетинговых расходов следует осуществлять в пределах величины, обеспечивающей эффективную деятельность организации на конкурентном рынке.

Применение активной, творческой политики планирования и управления позволит усилить рыночные позиции организации в период кризиса, обеспечить возможность роста и развития на перспективу.

Ограничение, а в отдельных случаях прекращение, поставок продукции зарубежных производителей ставит перед отечественными организациями задачу замещения этой продукции для максимального удовлетворения потребностей потребителей в ней.

Разработка мероприятий, направленных на успешную реализацию этой проблемы может представлять основу стратегического плана роста и развития организации в целом, а также отдельных направлений ее деятельности.

Понятия «рост» и «развитие» взаимосвязаны, но по своему содержанию могут не совпадать. Так, развитие организации возможно не только при ее росте, но и при неизменном масштабе ее деятельности².

Рост, как правило, представляет собой увеличение размеров организации, объема производства ее продукции, численности персонала и других показателей.

Развитие означает качественное изменение и обновление хозяйственной системы повышения эффективности ее функционирования на основе совершенствования техники, технологии, организации труда, состава и качества производимой продукции.

Планирование и регулирование развития направлено на повышение конкурентоспособности организации, рост эффективности затрат, выделяемых на развитие, сокращение времени достижения целей развития и т. п.

Любая организация развивается, осуществляя изменение своей внешней или внутренней деятельности. Развитие может иметь как экстенсивный, так и интенсивный характер. Развитие организации в условиях кризиса направлено на завоевание конкурентоспособного преимущества на рынке на основе предложения более совершенной продукции, обеспечения сервисного обслуживания потребителей, предоставление сопутствующих услуг и т. д.

Стратегия развития организации в целом может включать ряд проектов развития по различным объектам и видам деятельности организации.

Объектами развития являются практически любые виды деятельности – производственная, научно-исследовательская, административно-управленческая, коммерческая и др.

В составе планов развития можно выделить планы, целью которых является обеспечение выживаемости организации, завоевание новых рынков, прироста прибыли в долгосрочной перспективе и т. д. Как правило, планы развития носят однократный характер и представляют собой проекты меро-

² Планирование на предприятии: учебник, изд. 2-е / В. А. Горемыкин. – М. : Академический проект, 2006. – 528 с. – ISBN 5-8291-0593-4.

приятий по проведению реструктуризации, автоматизации, выведению новых видов продукции на рынок и прочие проекты, являющиеся элементами стратегического развития организации.

В составе проектов развития различают: организационные, технические, технологические, экономические, социальные, а также их комбинации – смешанные.

Предметом изменения могут быть:

- содержание и формы деятельности (изменение ассортиментной политики, производство новых видов товаров и услуг и т. д.);
- средства деятельности (переход на новые технологии и технические средства производства);
- методы деятельности (методы и способы производства, методы управления организацией и ее изменениями).

В составе проектов развития особое место занимают инновационные проекты, характеризующие нововведения в различные виды деятельности организации, такие как:

- выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских, технологических работ по созданию новой или усовершенствованию продукции, а также нового или усовершенствованного технологического процесса;
- контроль и оценка новой или усовершенствованной продукции;
- контроль применения новой или усовершенствованной технологии и техники;
- проекты мероприятий по продвижению на рынок новой продукции;
- проекты мероприятий по продвижению на новые рынки новой и ранее освоенной продукции.

На основе предложенных мероприятий могут быть сформированы стратегические планы развития организации, тактические планы на перспективный период, оперативно – производственные планы – на текущий период времени.

Предлагаемая модель планирования деятельности организации в сложившихся условиях может являться унифицированной для любого типа и профиля организации независимо от специфики ее деятельности.

Грамотное, обоснованное планирование деятельности организации, подготовка планов ее развития является определяющим условием вероятного сокращения или преодоления влияния кризиса, снижения остроты его последствий.

УДК 006.85

Н. А. Исаева, В. В. Смирнова

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ

Одним из самых распространенных стандартов, подходящим для предприятий всех отраслей, является стандарт на систему менеджмента качества ISO 9001. Проблема интеграции стандарта ISO 9001 с требованиями к разработке и внедрению системы, способной обеспечить безопасность пищевой продукции на предприятии розничной торговли стала особенно актуальной после утверждения Технического Регламента Таможенного Союза.

розничная торговля, Технический регламент Таможенного союза, стандарт ISO 9001, интегрированная система менеджмента качества.

Высокий уровень качества производимых товаров и реализуемых услуг является одним из ключевых неценовых факторов обеспечения конкурентного преимущества для предприятий розничной торговли, так как весь получаемый предприятием доход напрямую зависит от удовлетворения потребностей клиентов. Лидерство по качественным характеристикам может быть достигнуто путем внедрения системного подхода к управлению качеством.

Универсальным с точки зрения построения СМК в организациях является стандарт ISO 9001, что играет решающую роль для многих организаций розничной торговли при выборе стандарта. Однако для эффективного функционирования предприятию розничной торговли недостаточно требований ISO 9001, так как стандарт содержит общие требования к СМК, не учитывающие специфические особенности предприятий конкретной отрасли [1]. Данный факт обуславливает необходимость либо адаптации стандарта под специфические нужды, либо разработки и внедрения интегрированной СМК на основе требований локального законодательства и лучших мировых практик в соответствующей отрасли (например, стандартов по пищевой безопасности IFS, BRC, ISO и т. д.).

Для преодоления сложностей, связанных с недостаточностью для обеспечения пищевой безопасности, требований стандарта ISO 9001, а также ввиду усиливающейся конкуренции на рынке, целесообразно интегрировать требования двух стандартов ISO 9001 и ISO 22000 в единую СМК, адаптированную под потребности рынка и гармонизированную с требованиями нормативно-технической документации ЕС и РФ.

Катализатором необходимости интеграции стало введение в действие 1 июля 2013 года Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (далее – ТР ТС), под действие которого кроме пищевой продукции, попали «связанные с требованиями к пищевой продукции процессы производства (изготовления), хранения, перевозки (транспортирования), реализации и утилизации» [2]. Таким образом, предприятия розничной торговли также оказались в зоне влияния регламентирующего документа и для подтверждения соответствия требованиям ТР ТС должны к 15 февраля 2015 разработать, внедрить и поддерживать в функционирующем состоянии систему, основанную на принципах ХАССП.

Внедрение принципов ХАССП (от английской аббревиатуры *Hazard Analysis and Critical Control Point* – анализ рисков и определение критических контрольных точек) должно способствовать формированию системного подхода к обеспечению безопасности пищевой продукции посредством идентификации и предупреждению появления возможных рисков безопасности продукции, то есть управление опасностями до того, как они создадут угрозу для потребителей. Российский аналог принципов ХАССП – стандарт ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования» (утвержден 01 июля 2001 г.) благодаря кропотливой работе сотрудников ВНИИС совмещает требования Директивы ЕЭС 93/43 «О гигиене пищевой продукции» с системой контроля и управления производством, а также действующей российской нормативно-технической документацией.

Таким образом, законодательная инициатива поставила предприятия розничной торговли перед сложным выбором: требований стандарта ISO 9001 недостаточно для обеспечения пищевой безопасности, а внедрение принципов ХАССП достаточно проблематично осуществить ввиду таких особенностей, как широта ассортимента (большое количество критических точек, а, следовательно, огромное количество критических пределов, которые необходимо отслеживать), большое количество технологических и производственных этапов (а значит, не только контроль сырья на входе на производство, но и хранение, транспортировка, реализация) и т. д.

Для преодоления этой дилеммы, а также реализации учета всех особенностей самых разнообразных предприятий, включенных в пищевую цепочку, Международной организацией по стандартизации в 2005 году был разработан стандарт ISO 22000:2005 – «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к любым организациям в продуктовой цепи», российский аналог ГОСТ Р ИСО 22000-2007 – «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции», был утвержден в 2007 году [3].

Таким образом, для предприятий розничной торговли, на которых уже внедрена СМК по стандарту ISO 9001, необходимо либо обеспечить внедрение еще одного стандарта – специализированного по пищевой безопасности, либо попытаться интегрировать требования двух стандартов в единую систему.

Проблема интеграции требований двух стандартов неразрывно связана с оценкой их совместимости. Вследствие того, что стандарт ISO 22000 сформирован на основе базовых принципов ISO 9001, имеет схожую структуру и основные требования к построению и документированию системы (единые требования к обязательным документированным процедурам и т. д., см. перекрестные ссылки между стандартами в приложении к ISO 22000), требования ISO 9001 и ISO 22000 могут быть интегрированы в единую СМК. В таблице представлено сравнение обязательных документов, требуемых вышеперечисленными стандартами.

ТАБЛИЦА. Сравнение требуемой стандартами ISO 9001 и ISO 22000 документации

ISO 9001	ISO 22000
Политика по качеству	Политика по качеству и безопасности
Руководство по качеству	Руководство по качеству и безопасности
Управление документацией. Управление записями. Управление несоответствующей продукцией. Проведение корректирующих мероприятий. Проведение предупреждающих мероприятий. Проведение внутренних аудитов.	Управление документацией. Управление записями. Управление несоответствиями. Корректирующие действия. Обращение с потенциально небезопасными продуктами. Отзыв небезопасных продуктов. Внутренний аудит.
Стандарты организации. Инструкции. Рабочие инструкции. Обязательная для пищевых предприятий документация: санитарно-гигиеническая программа; программа производственного контроля (в т. ч. контроль эффективности санитарных программ); Технологическая документация (ТТК, ТУ, ТИ и т. д.). И т. д.	Блок-схемы производства, с указанием размещения оборудования, цветовым выделением зон, схемой потоков продукции и движения персонала. Санитарно-гигиенические требования к персоналу (состояние здоровья, личная гигиена), допуска в производственные помещения. Санитарно-гигиенические требования к помещениям и оборудованию. Процедура управления предметами из стекла и пластика. Процедура по контролю за вредителями (дератизация, дезинфекция, фумигация). Процедура технического обслуживания оборудования, контрольно-измерительных приборов, метрологическое обеспечение.

ISO 9001	ISO 22000
	Процедура по обеспечению должной производственной среды (Кондиционирование, вентиляция, отопление, водоснабжение и канализация). Процедура управления отходами. Процедура прослеживаемости. Процедуры закупки, приемки, хранения сырья. Контроль качества готовой продукции. Процедура рассмотрения жалоб потребителей. Готовность к непредвиденным обстоятельствам.

Как видно из таблицы ISO 22000 требует наличия большего количества документированных процедур, чем ISO 9001. Но перечень обязательных согласно ISO 9001 и ISO 22000 документированных процедур идентичен, что значительно сокращает трудоемкость разработки документации при интеграции требований стандартов. Однако, в интегрированной СМК обязательные процедуры должны быть дополнены соответствующими требованиями к безопасности пищевой продукции, изложенными в ISO 22000.

Анализ требований стандартов показывает, что в интегрированной СМК документация ISO 9001 будет играть роль костяка, ядра, который необходимо дополнить целым рядом документов, призванных обеспечить соответствующее управление инфраструктурой и производственной средой розничного предприятия (помещениями, оборудованием, техническими средствами и другими материально-техническими ресурсами), необходимой для функционирования системного подхода к управлению пищевой безопасностью.

Интеграция всех требований в единую СМК, основанную на базовых принципах стандарта ISO 9001, но учитывающую специфику отрасли, позволит предприятию за счет синергетического эффекта обеспечить не только эффективное управление качеством менеджмента (за счет постоянного совершенствования управленческого подхода на основе ISO 9001), но и стимулирует совершенствование производственных процессов (вследствие реализации необходимых для пищевой отрасли требований к обмену информацией, созданию программ обязательных производственных и предварительных мероприятий), что позволит обеспечить высокое качество и безопасность реализуемой продукции и предоставляемых услуг.

Таким образом, для розничного предприятия, функционирующего на современном рынке РФ, логичным решением является интеграция требований двух стандартов. Интеграция позволит обеспечить дифференцированный подход к внедряемой системе менеджмента качества: унифицировать подход к управлению на основе стандарта по общему менеджменту (ISO 9001) и выполнить отраслевые требования за счет внедрения специализированного стандарта (например, для розничной торговли – к пищевой безопасности на основе принципов ХАССП).

Список используемых источников

1. **Процесс** проектирования телекоммуникационных объектов как составная часть СМК организации / В. В. Макаров, М. Г. Слущкий // Век качества. – 2012. – № 1/2. – С. 3237.
2. **Технический** регламент Таможенного союза (от 09.12.2011) ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции. – Режим доступа: http://www.tehreg.ru/TP_TC/TP_TC_021_2011/TP_TC_021_2011.htm (Дата обращения 10.02.2015).
3. **ГОСТ Р ИСО 22000-2007**. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. – Введ. 2008–01–01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-22000-2007> (Дата обращения 10.02.2015).

Статья представлена научным руководителем, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 65.012

А. И. Копп, А. Д. Сотников

**МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ
СЕРВИСОВ В ПРОЦЕССНОМ ОПИСАНИИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В работе предложена методика выявления и определения локализации сервисов в процессном описании деятельности предприятия. Локализация сервиса определяется с точки зрения его местоположения в пути исследуемого бизнес-процесса. Методика выявления сервисов включает в себя требования к графическому описанию бизнес-процесса, способ перехода к графу бизнес-процесса, создание и анализ его табличного описания. Статья представляет интерес для специалистов в области построения сервис-ориентированной архитектуры предприятия (Service-Oriented Enterprise Architecture, SOEA).

граф бизнес-процесса, матрица смежности, нотация описания бизнес-процесса, сервис.

Представление деятельности предприятия в виде совокупности сервисов, оказываемых участниками деятельности друг другу, описано в ряде работ [1]–[5]. С точки зрения внутренней деятельности предприятия сервис рассматривается как компонент, существует, когда одна организационная единица обращается с запросом к другой и ожидает от неё требуемый результат. Например, в деятельности банка кредитный инспектор обращается к службе безопасности для получения заключения о достоверности сведений, указанных клиентом. Во внешней деятельности предприятия сервисом

описывается взаимодействие предприятий с клиентами и другими субъектами внешней среды. Концепция процессного подхода направлена на устранение недостатков функционального подхода, рассматривает бизнес-процесс как объект управления, рекомендует уделять внимание межфункциональным процессам [6], но не содержит акцент на накопление и анализ информации о сервисах в процессном описании деятельности.

Составление модели деятельности предприятия в виде взаимосвязанных сервисов станет инструментом для сравнения структуры деятельности предприятия с конкурентами в отрасли, оценивания необходимости реализации сервисов с точки зрения соотношения вертикального и горизонтального управления бизнес-процессом, влияния на его результативность. Для анализа сервисов в деятельности предприятия требуется решить задачу их выявления.

В данной работе предложена методика выявления сервисов и определения их места в структуре пути исследуемого бизнес-процесса. Материал уточняет ранее опубликованную работу [7] описанием анализа матрицы смежности графа бизнес-процесса, а также дополняет способом определения локализации сервиса и точками зрения на источник выявления сервисов в процессном описании деятельности предприятия.

Графическое описание бизнес-процесса в виде потока работ с использованием дорожек (зон разделения ответственности) позволяет визуально выявить сервисы: увидеть с помощью стрелок переход выполнения работы от одного исполнителя к другому и возврат к инициатору перехода. Визуальные признаки сервиса на процессной диаграмме с использованием зон разделения ответственности описаны в [4]. С точки зрения внутренней деятельности предприятия сервисы выделяются на уровне взаимодействия сотрудников (должностей) и взаимодействия подразделений. Категорией исполнителей бизнес-процессов, соответственно клиентом или исполнителем сервиса, может являться бизнес-роль (например, «согласующий», «клиент»).

Графическое описание бизнес-процесса предоставляет возможность рассмотреть наличие сервиса с трёх точек зрения:

- 1) исследуемый бизнес-процесс является сервисом для внутреннего клиента, если совпадают названия междиаграммных ссылок у его входа и выходов;
- 2) исследуемый бизнес-процесс, возможно, имеет сервисы в своей структуре, если показатель организационной фрагментарности не равен нулю;
- 3) создание сервиса для устранения ситуации дублирования и параллелизма функций, обнаруженной при анализе совокупности бизнес-процессов.

Графическое описание бизнес-процесса с целью выявления сервисов следует выполнять с помощью нотаций Cross Functional Flowchart, BPMN

2.0, или диаграммы UML Activity Diagram. Допускается выбор другой нотации, предполагающей использование элемента «дорожка» и акцент на потоке работ. Визуально выявить существование сервиса можно с помощью модели хореографии (тип диаграмм нотации BPMN 2.0): инициатор задачи является принимающей стороной в последующей задаче.

Графическое описание бизнес-процесса может быть представлено ориентированным графом без петель, возможно, имеющим циклы. Вершинами графа выступают элементы нотации, обозначающие единицу работы (а также элемент «событие, получение сообщения», при использовании нотации BPMN 2.0). Стрелки, показывающие порядок выполнения работ (вершин), являются дугами графа бизнес-процесса. Если элемент «решение» используется для показа вопроса, находится после единицы работы, расположенной с ним на одной дорожке, то его и предшествующую ему единицу работы можно отождествлять как одну единицу работы. Элементы нотаций, не означающие действия, например, логические операторы, события-таймеры, объекты информационного и материального потока, являются источником информации о специфике сервиса, особенностях его вызова.

Матрица смежности, как одна из форм представления графа, позволяет неограниченно добавлять данные об атрибутах вершин в табличной форме слева от вертикально и над горизонтально расположенной нумерацией вершин. Слева от вертикально расположенной нумерации вершин решено разместить таблицу, названия столбцов которой характеризуют атрибуты вершин: название исполнителя (дорожки), название вершины, тип исполнителя по отношению к деятельности предприятия (внутренний или внешний). Необязательным, но удобным при анализе матрицы смежности является указание над горизонтально расположенной нумерацией вершин названий дорожек, которым они принадлежат.

Последовательная нумерация вершин в рамках дорожек, очередность которых может быть произвольной, обеспечивает простоту создания и обновления нумерации вершин в графе, обеспечивает сортировку вершин в матрице по принадлежности к «дорожке». Сортировка приводит к появлению прямоугольных областей в матрице, образованных на пересечении строк и столбцов с номерами вершин, принадлежащих одной дорожке. Каждую из этих областей назовём областью определённого исполнителя. Такие области являются подматрицами в основной матрице. Справа (слева) от прямоугольной области интересующего исполнителя расположена прямоугольная область «смежное взаимодействие», возможно, состоящая из нескольких подобластей, если количество исполнителей не менее трёх.

На существование сервиса в составе исследуемого бизнес-процесса указывает расположение единичных элементов в матрице смежности:

1) справа (слева) от границ прямоугольной области «исполнителя А» есть хотя бы один единичный элемент, относящийся к «области исполнителя В»;

2) хотя бы один единичный элемент расположен за пределами области «исполнителя В» и под (над) областью «исполнителя А».

Чтобы определить, кто является клиентом и исполнителем сервиса, нужно проанализировать последовательность вершин с помощью матрицы смежности или достаточно определить их порядок логического следования с помощью графического описания графа бизнес-процесса.

Если в матрице единицы расположены на одной линии горизонтально или вертикально, то действия, сервисы выполняются параллельно или исключают друг друга. Совместность выполнения сервисов определяется с помощью информации о типе логического оператора, расположенного в графическом представлении бизнес-процесса перед вершиной, являющейся началом действий исполнителя. На рисунке представлен фрагмент табличного описания графа бизнес-процесса «Принятие решения о выдаче потребительского кредита». Одними из сервисов для кредитного инспектора являются «Оценка залога клиента» (вершины 3-8-4) и «Юридический анализ документов клиента» (3-9-4). Соответствующие им единичные элементы в представленном фрагменте матрицы соединены двусторонней стрелкой и обведены в овал. В графическом описании бизнес-процесса перед действиями «Юридический анализ документов клиента» и «Оценить залог» расположен логический оператор «сложный оператор», означающий не всегда потребность в этих действиях одновременно или по отдельности.

табличное описание графа бизнес-процесса			название исполнителя	кредитный инспектор	отдел оценки залога	юрист юридической службы	специалист службы безопасности банка							
название исполнителя	тип исполнителя	название задачи	вершины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
кредитный инспектор	внутренний	Принять документы и заявление клиента	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
кредитный инспектор	внутренний	Подготовить досье клиента	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
кредитный инспектор	внутренний	Запросить заключения подразделений	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
кредитный инспектор	внутренний	Решение принять или визировать?	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
кредитный инспектор	внутренний	Принять решение о выдаче кредита на основе полномочий	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
кредитный инспектор	внутренний	Представить досье клиента	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
кредитный инспектор	внутренний	Сообщить клиенту решение банка о выдаче кредита	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
отдел оценки залога	внутренний	Оценить залог	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
юрист юридической службы	внутренний	Выполнить юридический анализ документов клиента	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
специалист службы безопасности банка	внутренний	Проверить достоверность сведений о клиенте	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	

Рисунок. Фрагмент табличного описания графа бизнес-процесса «Принятие решения о выдаче потребительского кредита»

Алгоритм выявления сервисов основан на построчном просмотре матрицы смежности, составлении и дополнении ранее сделанных записей последовательностей смежных вершин с помощью сравнения на равенство правого и левого числового символа соответственно с j и i рассматриваемой

ячейкой (i, j) . Если правый числовой символ равен левому, запись переносится в список «циклы».

Для создания списка «сервисы» выбираются из полученного списка последовательностей, включая список «циклы» те записи, которые соответствуют совокупности требований:

- 1) наличие не менее трёх вершин (т. е. не менее двух знаков разделителя – «точка с запятой»);
- 2) номер второй слева вершины принадлежит к другой зоне ответственности в отличие от номера первой слева вершины;
- 3) номер вершины второй справа в записи последовательности принадлежит к другой зоне ответственности в отличие от номера первой справа вершины;
- 4) номер первой слева вершины в последовательности относится к одинаковой зоне ответственности, как и номер последней вершины в записи последовательности.

Признак № 3 может не выполняться, если логика выполнения запроса требует «переадресации» выполнения другому исполнителю и предоставления результата клиенту сервиса. Одним из визуальных признаков сервиса в графическом описании бизнес-процесса является множественность (повторяемость) во времени взаимодействий клиента и исполнителя. На это указывает расположение по диагонали единичных элементов в «смежной области». Для выявления в матрице смежности сервиса «с переадресацией» и составного сервиса (исполнитель обращается к другим сервисам) следует проанализировать последовательность вершин в матрице смежности.

Объём работы по описанию бизнес-процессов предприятия влияет на полноту информации о составе сервисов.

Достоинства методики выявления сервисов являются:

- 1) получение одинакового результата при анализе описания бизнес-процесса независимо несколькими исследователями благодаря формализму действий;
- 2) выявление внешних и внутренних сервисов, определение характера выполнения сервиса (постоянные или «по требованию»);
- 3) применение известных нотаций (например, BPMN 2.0);
- 4) нетрудоёмкий способ создания и обновления нумерации вершин графа бизнес-процесса;
- 5) использование ранее выполненного описания бизнес-процесса.

«Локализация» сервисов определяет, каково место сервиса в логической структуре пути бизнес-процесса и воспринимается как фактор, влияющий на результативность бизнес-процесса (например, асинхронный режим обработки запросов исполнителем сервиса). Шаги определения локализации интересующего сервиса:

- 1) указать вершины пути в графе бизнес-процесса, которому принадлежит сервис (вершины при ветвлении написать в скобках);

2) определить количество вершин Np (вершины при ветвлении воспринять как одно целое);

3) определить номер (N) первой вершины и номер (K) последней вершины исполнителя сервиса по порядку в рассматриваемом пути (в случае параллельного выполнения работ, выбрать соответственно наименьший и наибольший),

4) вычислить коэффициент «начало выполнения сервиса» (start) по формуле:

$$\text{start} = \frac{N}{Np}.$$

5) вычислить коэффициент «завершение выполнения сервиса» (finish) по формуле:

$$\text{finish} = \frac{K}{Np}.$$

6) определить местоположение сервиса в интересуемом пути бизнес-процесса на основе шкалы диапазонов значений коэффициентов:

- в начале процесса: $0 < K \leq 0,4$
- в середине процесса: $0,4 < K \leq 0,8$
- в конце процесса: $1 > K > 0,8$

Исследователь может установить диапазоны значений по своему усмотрению.

Список используемых источников

1. **Transition** of the Mindset: Business Processes Meet Business Services [Электронный ресурс] / M. Poulin // Orbus Software. – URL: <http://www.orbussoftware.com/resources/downloads/transition-of-the-mindset-business-processes-meet-business-services/> (Дата обращения: 17.07.2014).

2. **Как** оценивать эффективность работы компании [Электронный ресурс] / А. Письмаров // Генеральный Директор. – 2006. – № 2. – Режим доступа: <http://www.gd.ru/> (Дата обращения: 15.12.2014).

3. **Инфокоммуникации** информационное взаимодействие и модели телемедицинских систем / А. Д. Сотников – СПб. : Судостроение, 2008. – 172 с. – ISBN 978-5-7355-0710-9.

4. **Сервис-ориентированная** модель описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия / М. Ю. Арзуманян, А. Д. Сотников // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 2 (30). – С. 125–130.

5. **Impact** of service orientation at the business level / L. Cherbakov, G. Galambos, R. Narishankar, S. Kalyana, G. Rackham // IBM Systems journal. – 2005. – № 4. – PP. 653–668.

6. **Процессный** подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с. – ISBN 978-5-91657-554-5.

7. **Разработка** метода формального конструирования сервисов предприятия на основе бизнес-процессов [Электронный ресурс] / А. И. Копп // 68-я региональная научно-

техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – С. 246–251. – Режим доступа: <http://www.sut.ru/doci/nauka/68sntksut.pdf> (Дата обращения: 15.02.2015).

УДК 65.015.3

А. И. Копп, А. Д. Сотников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРВИСА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

В работе выдвинуты и подтверждены гипотезы о том, что показатели, характеризующие выполнение бизнес-процесса, могут быть применимы к оценке сервиса и существует связь между показателями бизнес-процесса и сервисами в его составе.

показатели бизнес-процесса, показатели сервиса, взаимосвязь показателей бизнес-процесса и сервиса.

Структурные свойства конкурентоспособности предприятия исследуются в работах [1]–[4]. Одним из направлений «фокусов наблюдаемости» обозначены внутренние характеристики и параметры сервисов [1].

Появление формального метода выявления сервисов в процессном описании деятельности предприятия [5], приводит к возникновению и необходимости доказательства гипотез:

- 1) показатели, характеризующие выполнение бизнес-процесса, могут быть применимы к оценке сервиса;
- 2) если верна гипотеза 1, то существует связь между показателями бизнес-процесса и сервисами в его составе.

Одним из этапов метода выявления сервисов [5] является переход к графу исследуемого бизнес-процесса. Вершины такого графа, ассоциируемые с действиями исполнителя и клиента сервиса, являются фрагментом исследуемого бизнес-процесса. На процессной диаграмме их можно поместить в элемент «группа» или «подпроцесс». Поэтому сервис с учётом своей специфики может оцениваться по показателям (характеристикам) бизнес-процесса.

С точки зрения структурной схемы сервис, как и бизнес-процесс, имеет следующие группы показателей: показатели входа, выхода, выполнения и показатели структуры. Бизнес-процесс имеет универсальные и не универсальные показатели (например, производительность) [6]. Это утверждение применимо к выбору показателей для оценки сервиса.

К группе показателей входа сервиса, как и бизнес-процесса, относятся интенсивность запросов и распределение её во времени. Их следует учитывать при совершенствовании организации выполнения бизнес-процесса и, соответственно, сервиса как его этапа, например: изменение количества исполнителей, целесообразность замены асинхронного режима обработки запросов синхронным.

Показатели выхода бизнес-процесса называют показателями его продукта [6]. Продуктом сервиса является требуемый клиентом результат выполнения запроса. Среди показателей выхода бизнес-процесса сервис характеризуют: абсолютный объем услуги, объем услуги относительно заказанного, количество ошибок при оказании услуги, показатели удовлетворённости внутренних клиентов. В роли клиента и поставщика сервиса, в отличие от бизнес-процесса, всегда является один и тот же участник бизнес-процесса, т. е. внутренний клиент. Одним из показателей бизнес-процесса является удовлетворённость клиента (внутреннего и внешнего) [6]. С точки зрения оценки сервиса этот показатель является субъективной оценкой клиента взаимодействия с сервисом. Её можно предположить на основе значений показателей, по которым оценивается удовлетворённость клиента.

Специфика сервиса не всегда допускает применение такого показателя, как «результативность», например, вряд ли существует плановый показатель количества проверок юристом банка сведений о клиентах, желающих получить кредит, по запросу кредитного инспектора. К сервису, в отличие от бизнес-процесса, неприменим показатель «номенклатура оказанных услуг», т. к. сервис – это вид услуги одного исполнителя для другого. Правильнее говорить не об ассортименте, а о типах услуг, если требования клиентов специфичны, например, услуги технической поддержки сотрудников предприятия.

Такие показатели бизнес-процесса, как организационная фрагментарность, количество выходов, количество действий категорий «добавляющие ценность», «организационная ценность», «не добавляющие ценность» решено отнести к группе «структура». Среди них к сервису не применим показатель «количество выходов», т. к. сервис направлен на обработку определённого запроса от клиента и передачу полностью результата этому клиенту.

Среди показателей, характеризующих выполнение бизнес-процесса, сервис имеет:

- универсальные технические показатели: количество исполнителей, количество автоматизированных рабочих мест и др.;
- количество ресурсов;
- характеристика эффективности;
- группу показателей стоимости: себестоимость услуги, стоимость ресурсов, стоимость простоя, затраты на брак;

– группу показателей времени: время простоя в работе, время выполнения, время, когда не создается ценность, время обработки запроса, задержка обработки запроса и др.

С точки зрения рассматриваемой группы и специфики сервиса показатели к сервису не всегда можно применить показатели: производительность, время такта и результативность.

Показатель производительности не является универсальным для бизнес-процессов, например, неприменим для службы технической поддержки. Важен результат, а не скорость закрытия заявки по решению проблемы (и открытия её вновь). Бизнес-процесс «Обработка заявки сотрудников предприятия службой технической поддержки» включает в себя три группы сервисов по сложности:

- решение проблемы первой линией технической поддержки;
- решение проблемы второй линией технической поддержки;
- решение проблемы третьей внутренней и внешней линией технической поддержки.

Повышение компетенции первой линии технической поддержки способствует снижению стоимости второй, третьей линии технической поддержки и, следовательно, данного бизнес-процесса. Возможными показателями для каждого из сервисов, на основе изучения мнений специалистов, могут быть [7]: количество пользователей определённого подразделения, количество заявок, выполненных в срок, количество просроченных заявок, скорость реакции инженеров поддержки (при сравнении с установленным нормативом), оценка нагрузки ИТ-специалистов. При оценке нагрузки определяется, сколько ИТ-специалистов приходится на персонал компании в целом (на одного инженера поддержки в среднем приходится около ста сотрудников компании, следует учитывать размеры и специфику ее деятельности) [7].

Данный пример показывает, что показатель сервиса является одним из показателей бизнес-процесса в целом «Обработка заявки сотрудников службой технической поддержки».

Показатель «длительность цикла завершения процесса» руководство предприятия обычно воспринимает как конкурентное преимущество, наилучшую величину можно оценить только с точки зрения внешнего клиента [8]. На неё может оказывать существенное влияние режим обработки запросов исполнителем сервиса в составе бизнес-процесса. Например, сервисы в составе бизнес-процесса «Принятие решения о выдаче потребительского кредита», за исключением принятия решения о выдаче кредита кредитным комитетом, имеют синхронный режим работы с кредитным отделом, т. е. с их клиентом в должности «кредитный инспектор». Заседания кредитного комитета согласно политике банка проходят 2 раза в неделю по 2 часа. График работы установлен с точки зрения статистики количества заявок на предоставление кредита определённой суммы. Асинхронный режим

работы данного сервиса оказывает влияние на длительность цикла завершения бизнес-процесса с помощью увеличения ожидания рассмотрения заявки кредитным комитетом. В рассматриваемом примере уменьшению длительности выполнения бизнес-процесса может способствовать изменение работы кредитного комитета: изменение графика и увеличение времени на рассмотрение всех накопленных запросов, но нецелесообразно с точки зрения частоты потребности в их участии и политики банка в области кредитования с точки зрения суммы выдаваемого кредита и рисков.

Сервисные подразделения должны оцениваться с помощью качественных показателей: своевременность поставок, отсутствие простоев, выполнение планов, выполнение нормативов, удовлетворенность потребителей [9].

Показатели системы массового обслуживания [10] могут быть применимы к оценке сервиса, например: среднее число заявок, находящихся в очереди. Сервисы в составе деятельности предприятия можно рассматривать в качестве системы массового обслуживания по следующим причинам:

1) наличие и некоторое постоянство сервиса подтверждается использованием для его выявления описаний бизнес-процессов (формализации подвергаются устоявшиеся бизнес-процессы предприятия);

2) наличие показателей: интенсивность потока входных запросов и её распределение во времени, количество ресурсов, время на выполнение запроса.

Ожидание выполнения сервиса – это перерыв в работе его клиента. Для сервиса следует ввести показатель «доля длительности в бизнес-процессе». Его определить можно с точки зрения статического и динамического анализа бизнес-процесса как отношение величины времени выполнения сервиса к общему времени выполнения бизнес-процесса (или действий исполнителя, которому требуется сервис).

Сервисы одной группы могут иметь параметры, отсутствующие у другой. Вопрос классификации сервисов является открытым. В работе [1] по характеру взаимодействия сервисов выделяются группы сервисов:

- физические (материальные) сервисы (характеризующие материальное взаимодействие);
- нематериальные сервисы (характеризующие нематериальное взаимодействие);
- комбинированные сервисы.

К нематериальным сервисам относятся информационные, имеющие следующие характерные свойства и параметры [1]: время исполнения, стоимость исполнения сервиса, ценность для бизнеса (прирост результативности).

В данной работе установлено наличие у сервиса как объекта управления широко известных характеристик, оценивающих выполнение бизнес-процесса. Это позволяет сравнивать экономические характеристики сервисной и процессной модели деятельности. Возможно, установление связи

и закономерности влияния факторов на показатели бизнес-процесса станет инструментом для выявления факторов, влияющих на определённый показатель сервиса.

Список используемых источников

1. **Сервис-ориентированная** модель описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия / М. Ю. Арзуманян, А. Д. Сотников // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 2 (30). – С. 125–130.

2. **Инфокоммуникации** информационное взаимодействие и модели телемедицинских систем / А. Д. Сотников. – СПб. : Судостроение, 2008. – 172 с. – ISBN 978-5-7355-0710-9.

3. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников. – СПб. : Деан, 2009. – 210 с.

4. **Конкурентные** преимущества предприятий в информационной экономике / М. Ю. Арзуманян, А. Д. Сотников // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. – № 4 (102). – С. 100–105.

5. **Разработка** метода формального конструирования сервисов предприятия на основе бизнес-процессов [Электронный ресурс] / А. И. Копп // 68-я региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – С. 246–251. – Режим доступа: <http://www.sut.ru/doci/nauka/68sntksut.pdf> (Дата обращения: 15.02.2015).

6. **Процессный** подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с. – ISBN 978-5-91657-554-5.

7. **КРІ** для гордых ИТ-профессионалов [Электронный ресурс] // Т. Лобанова // Intelligent Enterprise / RE («Корпоративные системы») – деловой ИТ-журнал. – 2008. – № 2. – Режим доступа: <http://www.iemag.ru/interview/detail.php?id=16978> (Дата обращения: 14.10.2014).

8. **Показатели** операционной эффективности бизнес процессов [Электронный ресурс] // Академия развития Лидеров [Официальный сайт]. – Режим доступа: <http://beleader.com.ua/stati/kpi-ocenka/pokazateli-operacionnoi-yeffektivnosti-biznes-processov.html> (Дата обращения: 25.09.2014).

9. **Как** оценивать эффективность работы компании [Электронный ресурс] / А. Письмаров // Генеральный Директор. – 2006. – № 2. – Режим доступа: <http://www.gd.ru/> (Дата обращения: 15.12.2014).

10. **Исследование** операций в экономике: модели, задачи, решения: учеб. Пособие / М. Ю. Афанасьев, Б. П. Суворов. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 444 с. – ISBN 5-16-001580-9.

УДК 65.015

А. И. Копп, А. Д. Сотников

ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ВЫДЕЛЕНИЯ СЕРВИСОВ В ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

В статье представлено описание программного инструмента, разработанного на языке программирования Visual Basic for Applications, для снижения трудоёмкости методики выявления сервисов. Уделено внимание автоматизации алгоритма выявления сервисов, размещению табличного описания графа бизнес-процесса, ведению базы сервисов и их вариантов, проверке табличного описания графа бизнес-процесса. Статья представляет интерес для специалистов в области построения сервис-ориентированной архитектуры предприятия.

табличное описание графа бизнес-процесса, сервис.

Предприятия накапливают базу описаний своих бизнес-процессов [1]–[3]. Представление предприятия в виде совокупности сервисов рассмотрено в ряде работ [4, 5]. Разработана методика выделения сервисов в процессном описании деятельности [6]. Она заключается в переходе от описания бизнес-процесса к его графу, созданию и анализу табличного описания графа бизнес-процесса. С точки зрения деятельности предприятия сервис рассматривается как компонент и существует, когда один исполнитель обращается с запросом к другому и ожидает от него требуемый результат. Предпосылками к разработке программного инструмента выявления сервисов являются следующие аспекты методики:

- 1) необходимость создания структуры табличного описания для каждого исследуемого графа бизнес-процесса;
- 2) выполнение проверки матрицы смежности на отсутствие отдельно стоящей вершины (все ячейки строки и столбца одинакового номера в матрице смежности имеют нули), поиск петли (в ячейках на главной диагонали матрицы находятся единицы);
- 3) потребность в средстве для просмотра формируемой матрицы смежности, т. к. количество вершин графа бизнес-процесса определяет размер матрицы, который может быть не удобным для визуального просмотра её и табличного описания;
- 4) обеспечение удобства указания данных, одинаковых для нескольких вершин, например, название дорожки;
- 5) потребность в инструменте, позволяющего вносить изменения в структуру матрицы смежности при изменении графа бизнес-процесса (удаление, добавление вершин) в связи с изменением описания бизнес-процесса (удаление, добавление действий).

Табличный процессор (например, *Microsoft Excel 2010* и другие) является удобным средством для табличного описания графа бизнес-процесса. Достоинством *Microsoft Excel* является встроенный язык программирования *Visual Basic for Application (VBA)*.

В данной работе предложен программный инструмент, разработанный на языке программирования *VBA* в среде редактора *Visual Basic Microsoft Excel 2010*. Достоинством *VBA* является реализация объектной модели, наличие команды по созданию рабочего листа и рабочей книги как места размещения и группировки табличных описаний [7], поддержка развития (например, сообщества *msdn.microsoft.com*, *www.excelworld.ru*). Пользователями программного инструмента предполагаются аналитик бизнес-процессов, архитектор предприятия. Объединим их в одну роль «исследователь». Диаграмма вариантов использования программного инструмента для роли «исследователь» представлена на рисунке 1.

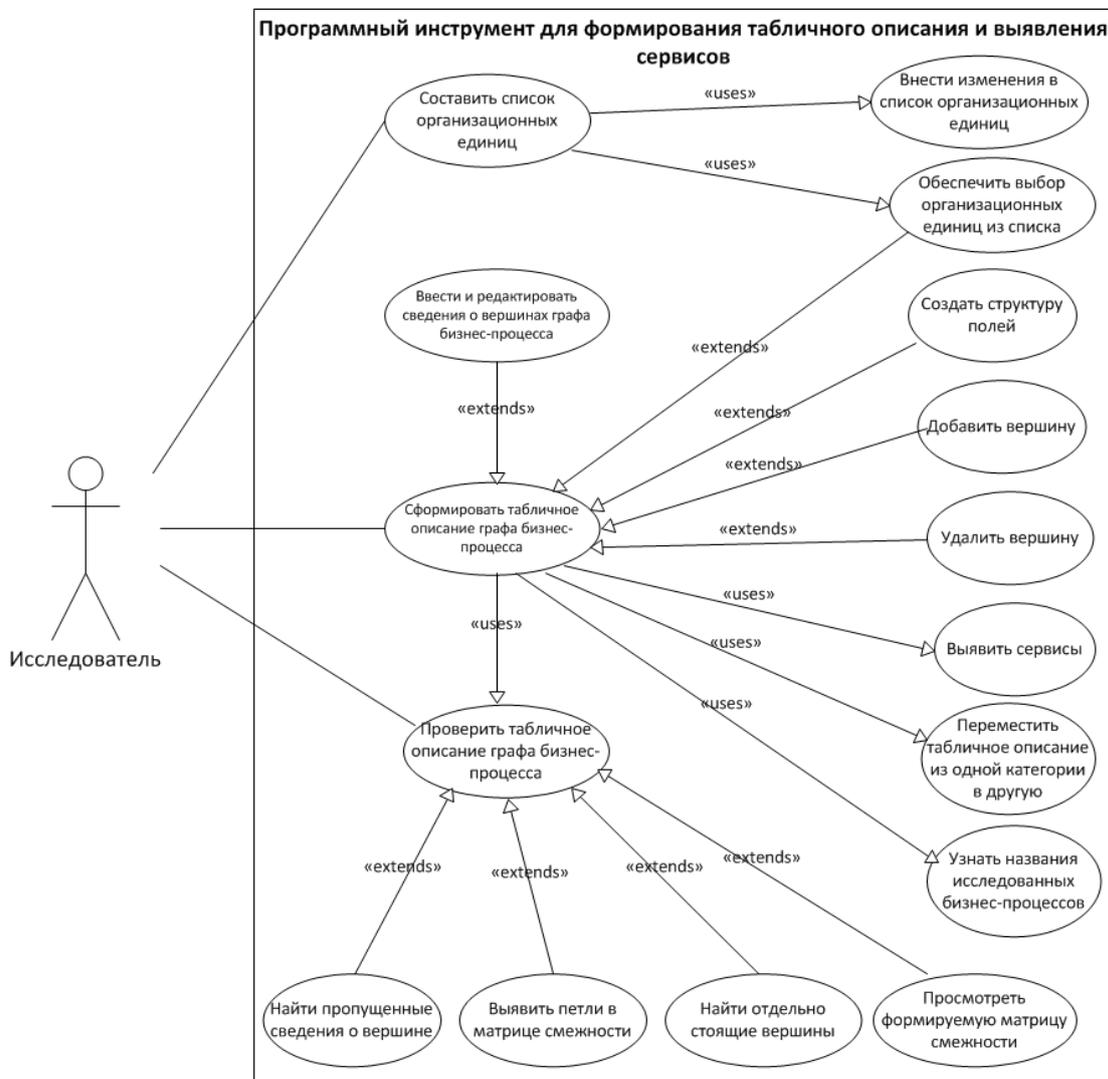


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования программного инструмента для роли «исследователь»

Согласно процессному подходу деятельность предприятия является сетью бизнес-процессов, их количество может достигать нескольких сотен, тысяч [2, 3]. С точки зрения параметров Microsoft Excel 2010 количество листов в одной рабочей книге ограничено объемом оперативной памяти компьютера и, как правило, равно 255 листов. Для размещения табличных описания графов бизнес-процессов решено создать пять рабочих книг. Названия четырех рабочих книг соответствуют категориям классификации бизнес-процессов с точки зрения их назначения в деятельности предприятия: бизнес-процессы основные, вспомогательные, управления и развития. Листы пятой рабочей книги предназначены для хранения списка исполнителей, списка названий и местоположения табличных описаний исследуемых бизнес-процессов, списка паролей доступа. Если в книге количество непустых листов превысит 255, то автоматически создается новая рабочая книга с аналогичным названием и добавлением к нему порядкового номера. Этот предел можно установить на усмотрение пользователя с технической точки зрения.

Реализована процедура перемещения табличного описания графа бизнес-процесса из книги «Вспомогательные бизнес-процессы» в книгу «Основные бизнес-процессы», или наоборот, т. к. отнесение бизнес-процесса к группе основных или вспомогательных зависит от специфики деятельности и стратегических приоритетов предприятия.

Для ускорения работы Microsoft Excel 2010 при поиске табличного описания решено использовать один лист для размещения одного описания графа бизнес-процесса и хранения выявленных сервисов, в том числе различных их вариантов. Название листа соответствует краткому названию или идентификатору бизнес-процесса в процессной архитектуре. Перед введением данных о вершинах ещё не исследуемого графа бизнес-процесса автоматически создается структура табличного описания на листе Microsoft Excel и заполнение массива матрицы смежности нулями.

При добавлении или удалении вершин исследователь обновляет нумерацию вершин в графическом представлении графа бизнес-процесса по правилу: при добавлении (удалении) вершины увеличивает (уменьшает) на единицу текущие номера. В программном инструменте предусмотрена процедура автоматического обновления нумерации вершин.

Исследователь при просмотре графического изображения графа бизнес-процесса вводит данные о соответствующей вершине в поля диалогового окна: название вершины, выбор смежных вершин из списка, выбор исполнителя из списка. Для выбора рассматриваемой вершины, указания смежных вершин с рассматриваемой, удаления вершины и добавления вершины относительно требуемой предназначен автоматически формируемый список вершин. Его источником является вертикально расположенная нумерация вершин в матрице.

На листе с табличным описанием графа бизнес-процесса хранятся версии его описания и сервисы, выявленные на их основе. При запросе пользователя выявить сервисы сформированное табличное описание сравнивается с предыдущей версией. Если оно отличается, то копируется и сохраняется на этом листе, выполняется алгоритм выявления сервисов. Выявленные сервисы расположены рядом с каждой версией табличного описания. Если при запросе пользователя выявить сервисы сформированное табличное описание не отличается от предыдущей версии, то пользователю осуществляется показ списка выявленных сервисов. Информацию о сервисах в исследуемом бизнес-процессе можно сохранить в файле .pdf.

Алгоритм выявления сервисов основан на построчном просмотре матрицы смежности и составлении и дополнении ранее сделанных записей последовательностей смежных вершин с помощью сравнения правого и левого числового символа с рассматриваемой ячейкой (i, j) . По окончании составления списка удаляются дубликаты. Для создания списка «сервисы» в полученном списке записей, включая массив «циклы», выявляются те, в которых характеристики и количество вершин соответствуют совокупности требований:

- наличие не менее трёх вершин (т. е. не менее двух знаков разделителя – «точка с запятой»);
- номер второй слева вершины принадлежит к другой зоне ответственности в отличие от номера первой слева вершины;
- номер первой слева вершины в последовательности относится к одинаковой зоне ответственности, как и номер последней вершины в записи последовательности;
- номер вершины второй справа в записи последовательности принадлежит к другой зоне ответственности в отличие от номера первой справа вершины.

Автоматически выполняется проверка на отсутствие отдельно стоящих вершин при закрытии диалогового окна, предназначенного для работы с табличным описанием графа бизнес-процесса, и перед выполнением алгоритма выявления сервисов. Она заключается в поиске строки и столбца одинакового номера, в ячейках которых в матрице смежности находятся нули. Допускается при необходимости завершить работу с таким табличным описанием, но без возможности выявить сервисы. Предусмотрено обновление информации о таких номерах вершин и просмотр формируемой матрицы смежности на одной из вкладок этого диалогового окна. Реализована процедура поиска единичных элементов на главной диагонали матрицы и показ соответствующих номеров вершин пользователю. Наличие таких элементов недопустимо, означает существование петли в графе бизнес-процесса.

Взаимодействие пользователя и программного инструмента организовано с помощью диалоговых окон: форма-заставка, меню, список исполни-

телей, справочная информация, краткая характеристика графа бизнес-процесса, работа с табличным описанием графа бизнес-процесса. Диалоговое окно «Работа с табличным описанием графа бизнес-процесса» предназначено для работы с существующим или новым табличным описанием графа бизнес-процесса, состоит из вкладок: о графе бизнес-процесса, формирование табличного описания (рис. 2), изменение матрицы смежности, проверка матрицы смежности, сервисы.

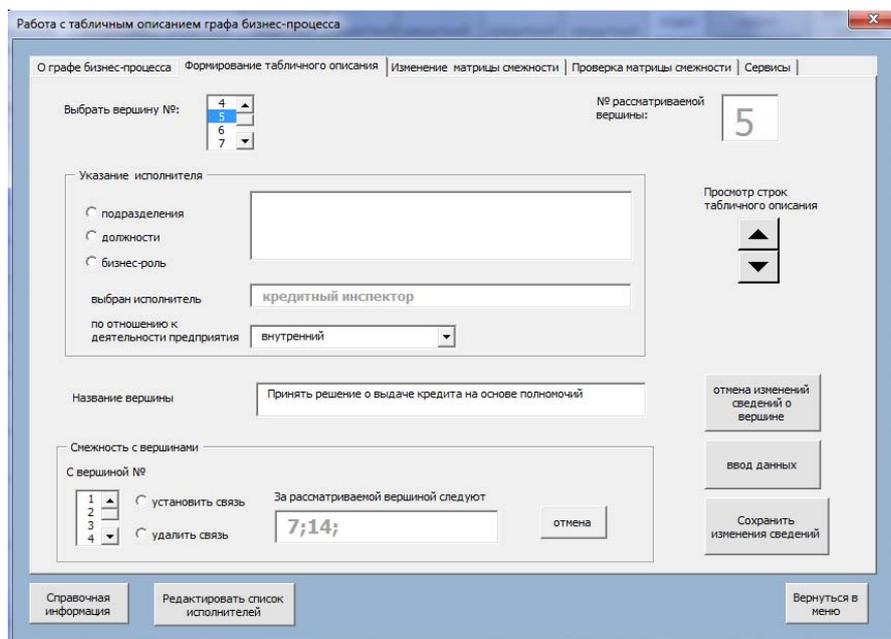


Рис. 2. Элементы управления на вкладке «Формирование табличного описания» диалогового окна «Работа с табличным описанием графа бизнес-процесса»

Основными в работе исследователя являются вкладки «Формирование табличного описания» и «Сервисы», к остальным обращение при необходимости.

Для повышения удобства работы пользователя с программным инструментом элементы управления диалоговых окон имеют всплывающие подсказки. Работоспособность программного инструмента проверена с помощью введения информации о графических описаниях бизнес-процессов разной структурной сложности: количество ветвлений, наличие циклов и составных сервисов.

Применение разработанного программного инструмента позволяет:

1) повысить качество создания табличного описания бизнес-процесса с помощью автоматической проверки на отсутствие петель и отдельно стоящих вершин, использования списка исполнителей, проверки корректности ввода данных;

2) выявить сервисы в составе исследуемого бизнес-процесса, установить тип сервиса по отношению к деятельности предприятия (внутренний или внешний), показать вложенность сервисов;

3) нумеровать вершины графа бизнес-процесса в произвольном порядке, если исследователь не намерен анализировать матрицу смежности вручную;

4) разместить табличное описание графа бизнес-процесса, имеющего 16379 вершин (учитывая место для столбцов, предназначенных для указания атрибутов вершин графа) с точки зрения количества столбцов на листе Microsoft Excel 2010.

Разработанный программный инструмент является новым и прикладным. Поиск сервисов в составе бизнес-процесса – это одна из точек зрения на выявление сервисов в деятельности предприятия. Применение к решению задачи программных инструментов, направленных на поиск кластеров или частичного графа в графе, потребует решение вопроса о показе взаимосвязи вложенности сервисов, графов бизнес-процессов.

Предполагается применение разработанного программного инструмента специалистами по совершенствованию деятельности на предприятии, а также в учебной деятельности при выполнении лабораторных работ дисциплин архитектура предприятия, анализ и оптимизация бизнес-процессов и специалистами по совершенствованию деятельности на предприятии.

Список используемых источников

1. **Исследование** «Российский рынок BPM 2014» [Электронный ресурс] / М. Каменнова // Корпоративный блог компаний «Логика бизнеса» и «Логика BPM» [Официальный сайт]. 05.12.2014. – Режим обращения: <http://www.i-love-bpm.ru/bpmresearch2014> (Дата обращения: 10.12.2014).

2. **An Empirical Investigation on the Design of Process Architectures (2013)** / M. Malinova, H. Leopold, J. Mendling // *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013*. – URL: <http://aisel.aisnet.org/wi2013/75> (Дата обращения: 17.04.2014).

3. **Процессный** подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с. – ISBN 978-5-91657-554-5.

4. **Сервис-ориентированная** модель описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия / М. Ю. Арзуманян, А. Д. Сотников // *Проблемы современной экономики*. 2009. – № 2 (30). – С. 125–130.

5. **Transition of the Mindset: Business Processes Meet Business Services** [Электронный ресурс] / M. Poulin // Orbus Software. – URL: <http://www.orbussoftware.com/resources/downloads/transition-of-the-mindset-business-processes-meet-business-services/> (дата обращения: 17.07.2014).

6. **Разработка** метода формального конструирования сервисов предприятия на основе бизнес-процессов [Электронный ресурс] / А. И. Копп // 68-я региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. – СПб. : СПбГУТ, 2014. – С. 246–251. – Режим доступа: <http://www.sut.ru/doci/nauka/68sntksut.pdf> (Дата обращения: 15.02.2015)/

7. **Программирование:** учеб. пособие / Е. В. Стригина. – СПб. : СПбГУТ, 2013. – 68 с.

УДК 338.47

О. И. Копытко, А. В. Кудрин, Т. Н. Старкова

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСЛУГ

Развитие электронной демократии, информационной экономики, электронного государства, электронного правительства, цифровых рынков, электронных социальных и хозяйствующих сетей делает особенно актуальными исследования в области менеджмента электронных услуг.

структурирование функции качества, электронные услуги.

Система «Электронного правительства» или «Электронного государства» существует практически во всех развитых странах. Для ранжирования по качественным и количественным показателям, Отделом государственного управления и управления развитием Организации объединенных наций начиная с 2003 года, с периодичностью в два года готовится отчет «Индекс развития электронного правительства» («*The E-Government Development Index*», индекс РЭП) [1]. Это комплексный показатель, который оценивает готовность и возможности национальных государственных структур в использовании информационно-коммуникационных технологий для предоставления гражданам государственных услуг. Исследование содержит данные об уровне развития электронного правительства в различных странах, а также системную оценку тенденций в использовании ИКТ государственными структурами. Все страны, охваченные данным исследованием, ранжируются в рейтинге на основе взвешенного индекса оценок по трем основным составляющим:

1. Степень охвата и качество интернет-услуг.
2. Уровень развития ИКТ-инфраструктуры.
3. Человеческий капитал.

При этом следует обратить внимание, что эта интегральная оценка, как и все показатели подобного рода, может не учитывать многие аспекты достаточно важные на современном этапе развития электронных услуг, и таким образом не позволяет принять эффективные решения в управлении качеством электронных услуг. Например, такие как проблемы как сведение к минимуму нагрузки на экологию от использования электронных услуг, снижение цены потребления [2].

Рассмотрим QFD (акроним от англ. *Quality Function Deployment*), или структурирование (развертывание) функции качества для устранения является гибким методом принятия решений, использующимся в разработке продуктов или услуг. По мнению создателей, QFD может помочь организа-

ции сосредоточить внимание на важнейших характеристиках новых или существующих продуктов или услуг с точки зрения отдельного клиента, сегмента рынка, компании, или технологии развития. Результатами применения методики являются понятные схемы и матрицы, которые могут быть повторно использованы для будущих товаров либо услуг [3].

Пять ключевых элементов (что, как, связи, цели – значения параметров качества услуги; важность – рейтинг компонент дерева пожеланий и параметров качества услуги, а также технической трудности их реализации) являются фундаментом, от которого в большой степени зависит прочность и долговечность Дома Качества (рис. 1). Производитель строит ДК в виде конечного продукта (услуги), которым воспользуется или не воспользуется, в зависимости от качества потребитель.

		Дом качества		Оценка качества					
Связи		в е с			проекта		направления		
сильные	⊗				9	До УВ	#	Увеличение	!
средние	☑				3	После УВ1	о	Без изменени	-
слабые	✓				1	После УВ2	^	Цель	*
Как	сделать	В а ж н о с т ь	направление улучшения		П р о б л е м а	Мнение клиентов			
Что			Характеристики услуги						
Требования клиента			Матрица связей			Оценка клиентами характеристики услуги по результатам опроса			
Техническая трудность			улучшения характеристики		ИПК клиентов после УВ				
Цели			Требуемые значения						
Оценка по пяти бальной шкале технических характеристик услуги	1	Технические характеристики сопоставляемых проектов			☹		☺		
	2								
	3								
	4				☞		☹		
	5								
Проблема					ИПК	до	после		
						УВ	УВ1	УВ2	
Важность			технических характеристик		клиентов				
Относительная			в % к суммарной важности		технический				

Рис. 1. Дом качества

Матрица в виде Дома Качества позволяет не только формализовать процедуру установления соответствия и значимости связей между входной информацией и выходными характеристиками проектируемой услуги

на каждом этапе (уровне) развертывания качества с учетом пожеланий потребителя, но также принимать обоснованные решения (на основе фактов) по управлению качеством процессов создания услуги, ожидаемой потребителем.

Первый элемент ДК. Уточнение требований потребителя к характеристикам услуги. Требования потребителя переводятся на такой уровень потребительской удовлетворенности, когда эти требования могут быть поставлены в прямую взаимосвязь с общими характеристиками услуги, то есть могут быть измерены. Главная задача производителя на первой фазе планирования услуги – делать правильные вещи, то есть предоставлять услугу, необходимую потребителю с требуемыми параметрами качества.

Для того чтобы проверить, на сколько требования потребителя обеспечены, выполняются маркетинговые исследования: разрабатываются анкеты и проводятся опросы клиентов на репрезентативной выборке. Обработка данных завершается расчетом частных индексов, позволяющих оценить какую-то одну характеристику, и суммарного индекса потребителя, который дает представление о степени удовлетворенности качеством услуги в целом. Для расчета индексов потребительской оценки используются формулы, представленные в таблице.

ТАБЛИЦА. Шкала соответствия значения ИПКП и лица Чернова

Лицо Чернова		 – унылое	 – сдержанное	 – улыбающееся
Значение ИПКП	$0 <= ИПКП <= 50$	$50 < ИПКП <= 75$	$75 < ИПКП <= 85$	$85 < ИПКП <= 100$

Результаты вычислений записываются в соответствующие графы таблицы интегральных оценок, встроенной в ДК.

Определяется максимальное значение ИПКП. Для этого значения определяется лицо Чернова, используя следующие соотношения, которое помещается в соответствующий квадрант.

Дополнением к стандартному ДК является заполнение квадрата интегральной потребительской оценкой конкурентоспособности с помощью лиц Чернова. Основная идея представления информации в «лицах Чернова» (ЛЧ) состоит в кодировании значений различных переменных в характеристиках или чертах человеческого лица. В предлагаемом варианте построения ЛЧ используется всего один элемент изображения (рот), который задается тремя возможными положениями и делит область возможных значений на четыре интервала, характеризуемые как «хороший» ( – улыбающееся лицо), «удовлетворительный» ( – сдержанное выражение лица), «неудовлетворительный» ( – унылое лицо) и «совсем плохой» (без лица). Исползованные лица заданы символами шрифта Wingdings, что позволяет удобно применять их в тексте (рис. 2).

Список используемых источников

1. **Исследование** The UN Global E-Government Development Index 2012. – URL: <http://gtmarket.ru/ratings/e-government-survey/info> (Дата обращения 10.02.2015).
2. **Повышение** конкурентоспособности услуг связи как результат взаимодействия информационного и экологического менеджмента / О. И. Копытко, Т. Н. Старкова // Вестник Российской академии естественных наук. – 2013. – № 17 (2). – С. 79-80.
3. **QFD** [Электронный ресурс] // Википедия. – режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/QFD> (Дата обращения 10.02.2015).

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 004.9:006.44:378.14

О. И. Копытко, Т. Н. Старкова

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

В статье дается анализ состояния стандартизации в области инфокоммуникационных технологий в образовании. Раскрываются основные тенденции международной и национальной стандартизации в этом направлении. Рассматриваются ведущие организации, занимающиеся этими вопросами.

стандартизация ИКТ в образовании, электронный университет, электронное образование, дистанционное образование.

Сегодня всё чаще от преподавателя требуется умение подготовить и оформить все учебные материалы в электронной форме. И все участники рынка образования прекрасно понимают, что будущее за электронными формами обучения и контроля полученных знаний. Однако форматы материалов, используемые системы тестирования и многие другие вопросы еще не до конца унифицированы даже внутри одного учебного заведения, не говоря уже о большем. И для того, чтобы не тратить время на разработку и внедрение нестандартных, и, следовательно, бесперспективных решений, учебные заведения и все преподаватели, участвующие в подготовке материалов для электронных систем обучения должны знать и постоянно отслеживать ситуацию со стандартизацией в этих направлениях.

В нашей стране, как во всем мире, ведется активная работа по направлению стандартизации инфокоммуникационных технологий в образовании. Из последних значимых событий на момент подготовки этого материала выделим V международную конференцию «ИТ-стандарт 2014», которая прошла в Москве 21–22 октября 2014 г. В рамках этой конференции провела

свою работу и секция № 5 «ИТ стандарты в образовании». Основной вывод, который сделали участники этого форума, состоит в том, что мир сегодня вошел в эпоху так называемого «индустриального обучения». Это понятие предполагает массовость и насущную потребность со стороны рынка в качественной «продукции» образовательных учреждений – специалистах, готовых продуктивно работать в активно развивающихся отраслях экономики страны.

На уровне руководства страны хорошо понимают важность современного и качественного образования для страны и делают определенные шаги, пытаясь постепенно модернизировать эту сложную систему. В конце прошлого года Министерству связи и массовых коммуникаций РФ и Министерству образования и науки РФ было поручено проработать свои предложения по ряду новых для нашей страны направлений в образовании. Основная идея этих поручений состоит в том, что предстоит серьезная трансформация нормативно-законодательной базы и потребуются подготовка ряда нормативно-технических документов, касающихся создания нового класса образовательных учреждений в высшем образовании – «электронного университета». Это только начало процесса, но можно совершенно точно сказать, что начали происходить радикальные изменения в отношении к электронному образованию и к той базе, на основе которой оно строится – инфокоммуникационным технологиям, применяемым в образовании.

Для выработки единых подходов в направлении развития современных технологий электронного обучения мировое сообщество примерно 15 лет назад встало на путь создания стандартов, которые дают поддержку всем технологическим аспектам в данном вопросе. Отметим, что и в России уже более 10 лет существует технический комитет, активно работающий в этой области, и уже создана реальная база стандартов для индустриального развития электронного обучения, обеспечения гарантий качества и безопасности в нашей стране.

На рисунке представлена система нормативной базы в области ИКТО. В левой его части представлены документы международного уровня. В правой части – национального уровня.

Верхушка пирамиды представляет собой обеспечение безопасности – это по европейским меркам всего порядка 5 % продукции и услуг. И как мы понимаем сюда, конечно, будет относиться всё, что связано с безопасностью образования. Основной же пласт лежит в следующем срезе пирамиды. Основу этого среза составляет понятие качества. И здесь работают стандарты международные и гармонизированные с ними национальные стандарты. А в основе пирамиды лежат процедуры аккредитации и лицензирования. И эти процедуры являются обязательными. Они содержат в настоящее время мало требований касательно электронного образования, но развитие есть и в ближайшее время все существующие пробелы, несомненно, будут заполнены.

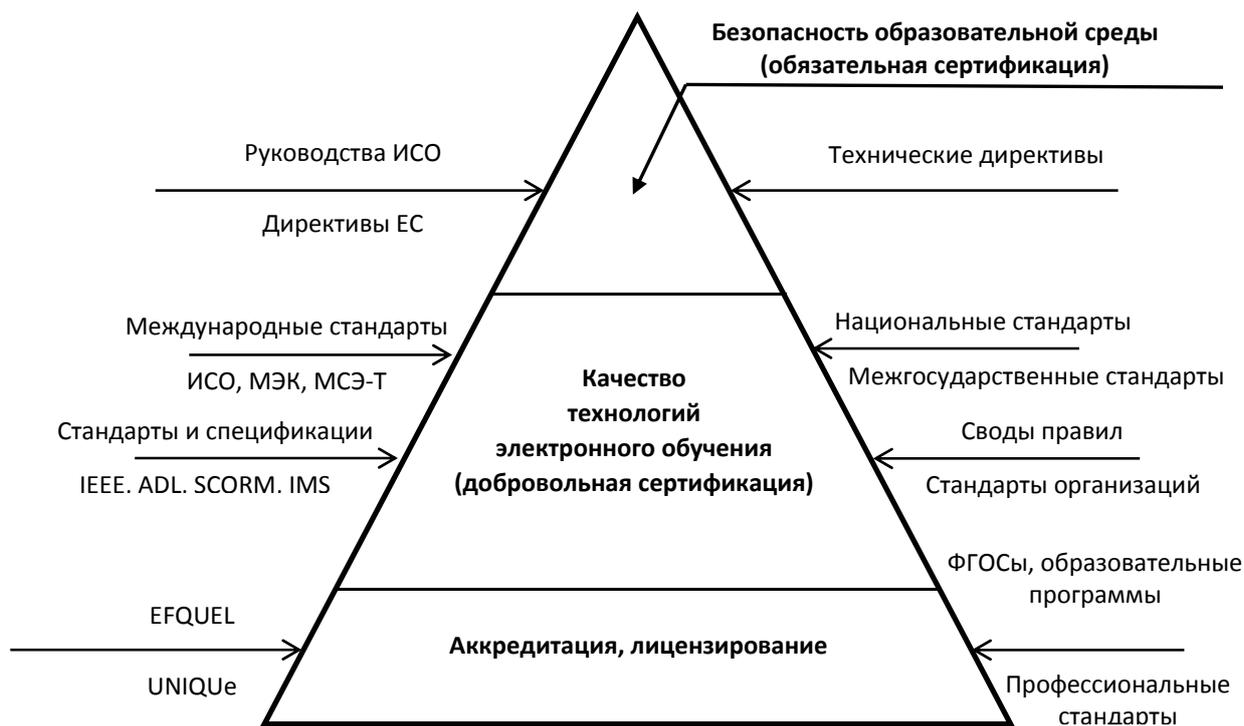


Рисунок. Гармонизация нормативной базы в области ИКТО

Как известно, непосредственную работу в области стандартизации в нашей стране ведут технические комитеты (ТК). Среди них наибольший интерес для нас представляет ТК 461 – Информационно-коммуникационные технологии в образовании (ИКТО) [1]. Ведущей организацией данного ТК является Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» (ГОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»). Именно этот ТК представляет нашу страну в соответствующем международном подкомитете в качестве представителя страны-участника.

Международная организация по стандартизации занимающаяся этими вопросами это ИСО/МЭК СТК 1/ПК 36 – Совместный технический комитет 1 / подкомитет 36 Международной организации по стандартизации и Международной электротехнической комиссии - Информационные технологии для обучения, образования и профессиональной подготовки (*ISO/IEC JTC 1/SC 36 – Information technology for learning, education and training*) [2].

Для того чтобы понять какие направления на сегодня наиболее интересны для международной стандартизации в вопросе применения инфокоммуникационных технологий в образовании рассмотрим рабочие группы, входящие в 36-й подкомитет (табл.).

ТАБЛИЦА. Рабочие группы 36-го подкомитета 1-го СТК ИСО/МЭК

№ WG	Наименование на русском/английском языке	
WG 1	Словарь	Vocabulary
AG 1	Бизнес-планирование и коммуникации	Business planning and communications
WG 2	Технологии коллективной работы	Collaborative technology
WG 3	Информационная поддержка преподавателя	Learner information
WG 4	Управление и доставка контента	Management and delivery of learning, education and training
WG 5	Обеспечение качества	Quality assurance and descriptive frameworks
WG 6	Международные стандартизированные профили	Platform, Services, and Specification Integration
WG 7	Культурная/языковая/гуманитарная деятельность	ITLET – Culture, language and individual needs
WG 8	Обучение/аналитика/взаимодействие	Learning Analytics Interoperability

На сегодня подкомитет опубликовал 36 стандартов. В его работе принимают участие 25 стран-участников и 21 страна-наблюдатель. Дата создания – 1999 год. Секретариат – Корейское Агентство по Технологии и Стандартам. Отметим, что именно Южная Корея сегодня является одним из безусловных лидеров в области использования ИТ-технологий в образовании.

Назовем наиболее актуальные сегодня тенденции стандартизации в направлении ITLET (Информационные Технологии – Обучение, Образование, Профессиональная подготовка), эта аббревиатура встречается в названиях многих стандартов опубликованных или разрабатываемых в настоящее время 36-м подкомитетом:

- Эталонная модель компетенций.
- Электронное портфолио.
- Электронные учебные материалы.
- Электронные тесты.
- Электронная среда взаимодействия.
- Виртуальные лаборатории.
- Аналитика и индивидуализация.

Дадим небольшие комментарии по каждой тенденции и уровню её развития в России.

В настоящее время в нашей стране основой компетенций стали федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС). Информационная модель компетенций – это то, что достаточно легко связать с ФГОС, т. е. начальный уровень знаний, получаемых специалистом,

а в дальнейшем, это то электронное портфолио специалиста, которое будет полностью характеризовать уровень его компетенций и даст стимул для постоянного роста специалиста.

Электронное портфолио должно быть представимо в виде некоторого электронного банка данных, которое будет постоянно пополняться в течение все трудовой карьеры, но основа, которого закладывается именно на этапе получения высшего образования. И, в перспективе, к этому банку данных смогут получать доступ все заинтересованные лица, например, потенциальные работодатели.

В части электронных учебных материалов мы легко можем найти в нашей стране реализованные и широкодоступные проекты, например, Национальный открытый университет «ИНТУИТ» [3] и портал «1С: Образование» [4].

В части электронных тестов также есть масса примеров реализации на основе стандартизированных сред разработки, легко переносимых и дающих объективные результаты. Снова можно назвать общедоступные ресурсы «ИНТУИТ» и «1С: Образование».

Хороший пример отечественной реализации в части электронной среды взаимодействия можно увидеть на сайте «ИНТУИТ» где строиться собственная социальная сеть, которая дает возможность учащимся взаимодействовать, общаться, видеть успехи других учеников и т.д.

В отношении реализаций общедоступных виртуальных лабораторий в России есть отставание и, особенно, для нужд технических специальностей. В тоже время для школ уже сегодня существует большой выбор электронных лабораторий, например, на портале «1С: Образование».

Аналитика и индивидуализация – это совсем новое направление и здесь мало хороших примеров реализации не только в России, но и в мире. Это направление тесно связано с эталонной моделью компетенций, но позволяя фиксировать минимальный уровень по всем необходимым для данной специальности компетенциям, в тоже время позволяет вырастить уникального специалиста, давая ему гораздо больше в отдельных направлениях на основе индивидуальных планов подготовки и траектории обучения, не нарушая при этом общий баланс уровня подготовки.

В заключение отметим, что в планах разработки ТК 461 на 2015 год стоит стандарт с названием – «Электронный университет. Общие положения». Именно там мы и должны увидеть все то, что во многом объединит положения всех озвученных выше тенденций и даст основу дальнейшей их детальной разработки в нашей стране.

Список используемых источников

1. **Официальный** портал технического комитета по стандартизации 461 Информационно-коммуникационные технологии в образовании (ИКТО) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tk461.stankin.ru>. (Дата обращения 26.02.2015).

2. **Официальный** портал ИСО/МЭК СТК 1/ПК 36 Информационные технологии в обучении образовании и подготовке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=45392. (Дата обращения 26.02.2015).

3. **Национальный** открытый университет «ИНТУИТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru>. (Дата обращения 26.02.2015).

4. **Система** программ учебного назначения «1С: Образование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edu.1c.ru>. (Дата обращения 26.02.2015).

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 339.13.024

Ю. А. Кострикова, А. В. Кудрин, Т. Н. Старкова

ИКТ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ БЕНЧМАРКИНГ В СФЕРЕ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ

Рассматривается проблема роста цен на отдельные группы товаров. Для влияния на процесс ценообразования в сфере розничной торговли предлагается использовать ИКТ и потребительский бенчмаркинг.

ИКТ, потребительский бенчмаркинг, государственное регулирование.

Для анализа экономической ситуации в стране рассмотрим данные министерства экономического развития на 2014 г.: прогнозный индекс потребительских цен составлял 104,8 %, реальный за первые 10 месяцев составил 107,1 %. Негативные тенденции в экономике можно также отследить по показателю индекса промышленного производства, который прогнозировался на 2014 г. на уровне 102,2 %, а по данным мониторинга за первые 10 месяцев составил 101,7 % [1, 2].

В России, начиная с весны 2014г. наблюдается рост цен на продовольствие в связи с запретом ввоза продуктов из Евросоюза, Норвегии, Австралии и США.

Для решения этой проблемы на государственном уровне были предложены следующие меры:

1. Для сдерживания роста цен, Минсельхоз предложил заключать трехсторонние соглашения между региональными властями, ритейлерами и поставщиками. При этом министерство ссылается на прецеденты 2007 и 2010 г. Так, в начале осени 2007 года цены на основные продукты (яйца, масло, молоко) выросли на 25 процентов, и правительству пришлось сдерживать цены в преддверии президентских выборов. Тогда торговые

сети согласились до конца года устанавливать наценку не более 10 процентов на социально значимые товары. В 2010 г. к таким мерам прибегли после засухи и неурожая, но на этот раз наценка не фиксировалась.

2. Депутаты Госдумы России от КПРФ в конце августа 2014 г. внесли на рассмотрение законопроект, вводящий регулирование цен на продукты питания. В пояснительной записке говорится, что законопроект устанавливает «механизм государственного контроля за уровнем цен и соотношением долей прибыли для всех участников производства продуктов питания». Правительству предлагалось предоставить право устанавливать предельные размеры наценок, вводимых магазинами на отдельные виды сельхозпродукции и продовольствия, включая товары первой необходимости. Кроме того, по замыслу авторов законопроекта, правительство должно получить право устанавливать максимальную долю отдельных видов импортной сельскохозяйственной продукции на отечественном рынке.

Федеральная антимонопольная служба (ФАС) сочла меры по установлению соглашений о сдерживании цен, навязываемые торговым сетям и их поставщикам, неэффективными. В последствии цены вырастут еще больше. Производитель или ритейлер может повысить цены на те категории товаров, в отношении которых соглашение не действует, чтобы покрыть недополученную прибыль, в случае, если же соглашение по ограничению цен будет действовать слишком долго.

Отраслевой бенчмаркинг, то есть маркетинговые исследования для стабилизации розничной торговли позволил крупнейшим ритейлерам России («Магнит», X5 Retail Group, «Ашан», «Дикси», *Metro Cash & Carry*, «Лента» и некоторым другим, входящим в АКОРТ) в феврале 2015г. заявить о своём намерении заморозить цены на социально значимые продукты.

При этом никто не отменяет потребительский бенчмаркинг, который стал возможен благодаря применению информационно-коммуникационных технологий и поддержке кого-либо фонда или организации [3]. «Ценомер – цены в России» – информационная площадка, которая осуществляет мониторинг потребительской корзины и динамики цен на продукты. При поддержке «Я-Потребитель» – yapotrebitel.ru.

Реализовать проект потребительского бенчмаркинга можно двумя способами:

1. Используя информацию из магазинов по ценам купленных за отчетный период товаров. При помощи унификации и систематизации поступающей информации можно сделать раздел на портале о ценах на одинаковые товары, и товары-заменители в разных магазинах. Относительно качества товаров и сервиса – можно дать возможность оставлять отзывы о покупке данного товара гражданам, и комитету по защите прав потребителей. Далее магазины, которые обслуживают клиентов по картам, могут рассылать SMS, рекомендуя воспользоваться скидками на постоянно покупаемые товары.

Проект, который называется «Умный город» предполагает изучение информации о поведении граждан и выдаче различных рекомендаций, в частности, о рациональных покупках. В настоящее время полезно учитывать современный уровень автоматизации не только крупных торговых площадок, но средних и мелких.

2. Наиболее реалистичный – метод контрольных закупок (обычных домов) и отправки данных из чека на портал «Ценомер» либо другой, но однозначно определенный для всех регионов и поддерживаемый в работоспособном состоянии. При этом можно использовать волонтеров, студентов колледжей и вузов, школьников старших классов. Возможно, это сократит разрыв в сознании молодежи относительно стоимости жизни и запросов, предъявляемых родителям, расширит кругозор. Составить стоимость потребительской корзины семьи, учитывая различные магазины: шаговой доступности или те, до которых надо добираться на транспорте. Сопоставление рецептурных меню для различных сегментов потребителей с данными портала можно использовать как задание для проведения маркетингового исследования. Подобные исследования, выполняемые во многих случаях добровольно, приблизят восприятие концепции «Умный город» для широких слоев населения, сделают ее более достижимой: минимальные затраты при максимальном достижении результата.

Использование информационно-коммуникационных технологий не только играет существенную роль в жизни современного человека, но и будет увеличиваться в дальнейшем. Открытая конкуренция между торговыми площадками любого размера позволит сократить затраты отдельных граждан и общества в целом.

Список используемых источников

1. **Об уточнении** основных параметров прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на 2014 год. Основные показатели прогноза [Электронный ресурс] / Дата обновления: 27.12.2013. – Режим доступа: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/prognoz/doc20131227_21. (Дата обращения: 25.03.2015).

2. **Об итогах** социально-экономического развития Российской Федерации в январе-октябре 2014 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/resources/> (Дата обращения: 25.03.2015).

3. **Управление** инновациями и обеспечение качества в отрасли ИКТ: монография / В. В. Макаров. – СПб. : СПбГУТ, 2012. – 164 с. – ISBN 978-5-89160-077-5.

Статья представлена заведующим кафедрой, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 334.7

Ю. А. Кострикова, У. В. Мальцева

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКОГО СЕГМЕНТА МОРСКОЙ СВЯЗИ

Коммерческий сегмент морской связи начал развиваться относительно недавно. Особый интерес представляют организация данного сегмента и перспективы его развития.

коммерческий сегмент морской связи, организационно-экономическое регулирование, антикризисное управление.

В последнее десятилетие начал активно развиваться коммерческий сегмент морской связи. Основными технологиями предоставления коммерческих услуг связи в море являются морской VSAT, и отдельные технологии, разработанные компаниями Inmarsat, и Iridium. В общем виде, в сеть входит центральная земная станция, спутник-ретранслятор и абонентские терминалы.

Спецификой коммерческого сегмента морской связи являются:

1. Особое построение сети.
2. Использование спутникового канала при предоставлении услуг связи.
3. Дороговизна себестоимости услуг морской связи.
4. Проблематика регулирования сегмента.
5. Вопросы качества предоставляемых услуг.

Основные организационно-экономические проблемы регулирования сегмента лежат в области распределения радиочастотного спектра, а также сложности регулирования пресечения несанкционированного вещания из открытого моря, отсутствии механизмов экономического регулирования данного сегмента телекоммуникационной отрасли.

Правила предоставления услуг связи в территориальных водах стран определяются законодательством принимающих стран, в Российской Федерации определяются ФЗ 126 от 07.07.2003 «О связи» действующем в редакции от 21.07.2014. Работа электросвязи в открытом море регулируется Конвенцией об открытом море 1958 г., и Конвенцией по морскому праву 1982 г., принятыми в ООН.

Также, существенным отличием сегмента морской коммерческой связи от основных телекоммуникационных сегментов [1] является то, что в разработке и мониторинге соблюдения принципов регулирования морской связи

участвует помимо отраслевого органа, Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации – Министерство иностранных дел Российской Федерации.

В Российской Федерации оказанием услуг в коммерческом сегменте морской связи занимается предприятие ФГУП «Морсвязьспутник», предлагающее 15 решений в области морской связи, базирующихся на решениях операторов спутниковой связи Inmarsat, Iridium и Thuraya.

Оборудование и услуги связи предоставляются иностранными операторами и производителями оборудования, что влечет за собой определенные риски, в условиях изменяющихся макроэкономических и политических условий. Схема сети российского сегмента сети Inmarsat в общем виде приведена на рисунке [2].

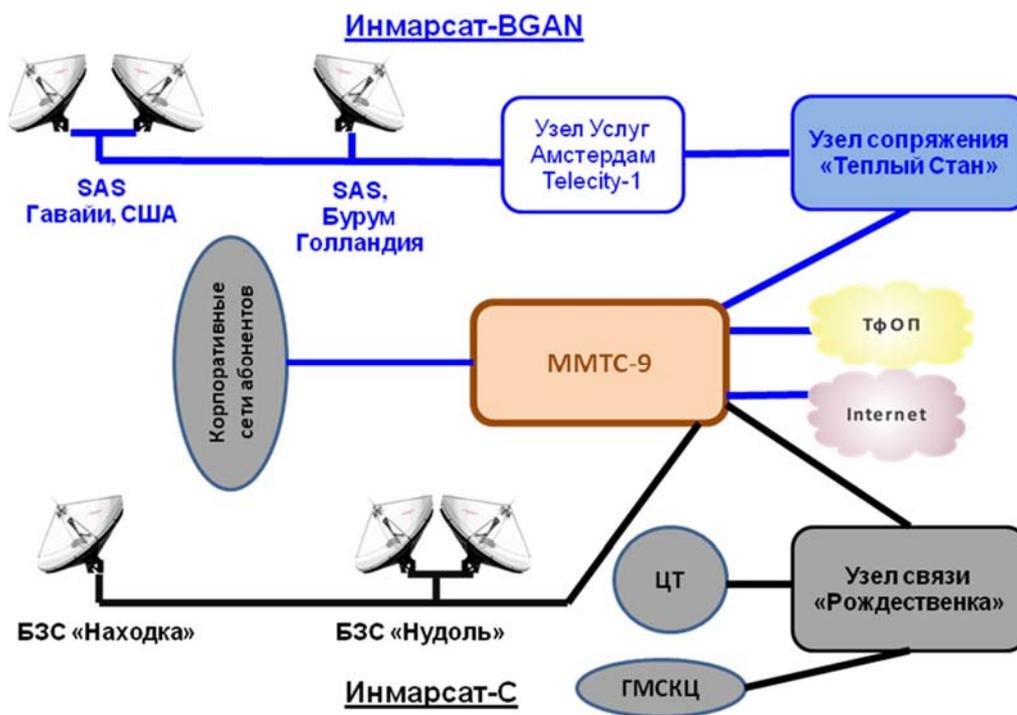


Рисунок. Схема сети российского сегмента сети Inmarsat в общем виде

Российские операторы сотовой связи занимаются предоставлением услуг связи на судах. Операторы большой тройки закупают решения у ФГУП «Морсвязьспутник» для организаций. Интересно, в отличие от операторов большой тройки, у ФГУП «Морсвязьспутник» существует 10 тарифных планов.

В основном, коммерческие услуги связи в море предоставляют компании МТС и Мегафон. В январе 2015 года компания МТС объявила о повышении тарифов на морскую связь в 3–10 раз (25 руб./мин. стоимость разговора с российским номером, 129 руб./мин. стоимость разговора с европейским номером, стоимость смс – 10 руб.), причем у главного конкурента МТС-Мегафона, цены остались на прежнем уровне (6 руб./мин. входящий вызов, 9 руб./мин. исходящий вызов, как РФ, так и в ЕС) [3].

Оператор связи МТС не пояснил причины повышения стоимости услуг связи. Невозможно сделать вывод о том, является истинной причиной резкого повышения стоимости услуг. Можно предположить, что причиной может являться перезаключение роуминговых контрактов в момент ухудшения макроэкономического положения в стране, либо причиной является нерегулируемость данного сегмента, в связи с использованием услуг стороннего иностранного оператора связи.

На данный момент коммерческие услуги связи предоставляются на довольно крупных судах, в основном туристических. Категории потребителей на данных судах можно разделить на две группы – пассажиры и персонал. Если для пассажиров спрос на услуги связи в море носит спонтанный характер, то для персонала судна спрос на услуги связи носит постоянный характер. В данном случае, электросвязь является одним из важных критериев при трудоустройстве, так как персонал судов оторван от семей, и существует потребность в общении.

Проанализировав информацию о сегменте, можно выработать рекомендации по оптимизации его работы.

На данный момент, в коммерческом сегменте морской связи, предоставляемой большой тройкой, не существует тарифных планов для абонентов. Персонал судов может стать целевым сегментом для разработки и внедрения тарифных планов в морском коммерческом сегменте, так как обладает высокой потребностью в коммерческих услугах связи, и высокой платежеспособностью.

Сегмент нуждается в развитии тарифной политики, мониторинге качества услуг, и в увеличении количества обслуживаемых судов. На рыбоперерабатывающих судах данный вид услуг не доступен. Спрос на коммерческие услуги в условиях моря на крупных рыбоперерабатывающих судах существует, несмотря на высокую стоимость услуг связи.

Список используемых источников

1. **Телекоммуникации** России: состояние, тенденции и пути развития: монография / В. В. Макаров. – М. : ИРИАС, 2007. – 296 с. – ISBN 978-5-93592-030-2.
2. **Российский** сегмент Инмарсат [Электронный ресурс] / Официальный сайт ФГУП «Морсвязьспутник». – Режим доступа: <http://www.marsat.ru/technologies-les-nudol> (Дата обращения 25.02.3015).
3. «**МТС**» повышает тарифы на паромную связь [Электронный ресурс] / Данные интернет-портала Фонтанка. – Режим доступа: <http://www.fontanka.ru/2015/01/29/037/> (Дата обращения 25.02.3015).

Статья представлена научным руководителем, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 338.27

В. И. Котов

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИРМЫ

На основе хорошо известной модели Cash-Flow предложена динамическая модель, позволяющая решить проблему сбалансированности показателей фирмы при выборе различных стратегий развития. Модель аккумулирует множество показателей деятельности на всех уровнях организационной структуры управления, увязывая их со стратегическими показателями фирмы.

сбалансированная система показателей, стратегические цели, модель Cash-Flow.

В 1990 году профессорами Гарвардского университета Робертом Капланом и Дэвидом Нортоном была предложена концепция сбалансированной системы показателей (ССП) (*Balanced ScoreCard*) [1], с помощью которой можно провести декомпозицию выбранной стратегии развития компании на уровень операционного управления и контроля на основе ключевых показателей эффективности (*KPI*). По мнению авторов СПП – это система стратегического управления компанией на основе измерения и оценки ее эффективности по набору оптимально подобранных показателей, отражающих все аспекты деятельности организации, как финансовые, так и нефинансовые.

Название системы отражает равновесие между:

- краткосрочными и долгосрочными целями;
- финансовыми и нефинансовыми показателями;
- основными и вспомогательными параметрами;
- внешними и внутренними факторами деятельности.

В СПП предлагается рассматривать организацию с точки зрения четырех перспектив (точек зрения):

- финансы;
- клиенты;
- внутренние бизнес-процессы;
- обучение и развитие.

Рекомендуется разрабатывать количественные показатели деятельности, собирать данные и анализировать их в соответствии с каждой из этих перспектив.

Финансовая перспектива. Р. Каплан и Д. Нортон не отрицали возможности использования традиционных финансовых данных. Данные о капитале всегда важны, и поэтому менеджеры должны сделать все необходимое

для их обеспечения. По их мнению, задаче обработки и поддержки финансовых данных уделяется больше внимания, чем необходимо. Они утверждали, что особый акцент на финансовых показателях ведет к «несбалансированной» ситуации в отношении других перспектив.

Клиентская перспектива. Современная философия менеджмента учитывает растущую важность ориентации на клиента и его удовлетворенности в любой сфере. Основной критерий следующий: если клиенты не удовлетворены, то они найдут других поставщиков. Низкая эффективность по этому направлению — явный индикатор будущего упадка компании, даже если текущая финансовая картина вполне благополучна. Чтобы разработать показатели удовлетворенности, необходимо проанализировать типы клиентов и процессов, для которых обеспечивается тот или иной продукт или услуга.

Перспектива бизнес-процессов. Эта перспектива относится к внутренним бизнес-процессам компании. Показатели этого направления позволяют менеджерам оценить производительность труда, эффективность использования ресурсов, управлять издержками производства. Авторы концепции полагают, что эти показатели должны разрабатывать сотрудники компании, а не сторонние консультанты.

Перспектива обучения и развития. Эта перспектива включает в себя обучение сотрудников и развитие корпоративной культуры, как в индивидуальном плане, так и на уровне компании. Определенные показатели должны продемонстрировать руководству необходимость выделения средств на подготовку и переподготовку сотрудников, чтобы они приносили максимальную пользу.

В качестве инструмента согласования всех показателей по всем указанным перспективам Р. Каплан и Д. Нортон предлагают составлять стратегические карты, в которых отражаются связи между различными показателями и указываются их количественные значения. Предполагается, что в процессе обсуждения целевых показателей, сотрудники компании придут к сбалансированным значениям на всех уровнях организационной структуры управления.

На наш взгляд указанные стратегические карты позволяют выявлять взаимосвязи между различными показателями лишь на качественном уровне. Не умаляя важности обсуждения стратегии развития внутри компании, хотелось бы дополнить концепцию ССП количественным инструментарием, без которого практически невозможно корректно решать проблему согласованности целевых показателей деятельности компании. Для этой цели можно предложить использовать динамическую модель Cash-Flow, показанную на рисунке.



Рисунок. Модель Cash-Flow

Здесь обозначены: $CF_{in}(x, t)$ и $CF_{out}(x, t)$ – входные и выходные денежные потоки, зависящие от вектора параметров (показателей) фирмы и времени. Указанные денежные потоки должны удовлетворять условию финансовой реализуемости:

$$\sum_{t=0}^T \{CF_{in}(x, t) - CF_{out}(x, t)\} \geq \Delta_{min}(x, T+1) \quad \forall T,$$

где Δ_{min} – минимально необходимый объем денежных оборотных средств к началу следующего периода планирования $T+1$.

Данная модель позволяет прогнозировать динамику любых интересующих руководство показателей эффективности, таких как $NPV(t)$, $IRR(t)$, $PI(t)$ и др. [3]. В рамках этой модели все ключевые показатели жестко увязаны друг с другом. Любые изменения каждого показателя в отдельности будут отражаться на стратегических финансовых показателях эффективности. Таким образом, согласованность показателей между собой будет автоматически выполнена.

Показатели, входящие в указанную модель, формируются по всем подразделениям компании и их можно разделить на три основные группы:

- натуральные и денежные объемы продаж по всему ассортименту реализуемых товаров;
- текущие условно-постоянные и условно-переменные затраты;
- инвестиционные затраты (вложения в основные и оборотные средства).

Все эти показатели необходимо оценивать по всему горизонту планирования с разбивкой по кварталам или месяцам для того, чтобы иметь возможность прогнозировать показатели эффективности в динамике.

Реалистичность поставленных стратегических целей будет зависеть от двух видов согласования. Прежде всего, стратегические цели компании должны быть согласованы с внешней средой бизнеса, а именно:

- Рынок потребителей.
- Рынок поставщиков ресурсов и услуг.
- Рынок инвестиционных ресурсов.
- Финансовые рынки.
- Рынок труда.
- Конкуренты.
- Государственные структуры.

Кроме того, эти цели должны быть согласованы с внутренней средой компании:

- Основные средства (оборудование, нематериальные активы).
- Персонал.
- Технологии.
- Финансы.
- Инфраструктура компании (здания, производственные помещения, сооружения).

Можно предложить следующий алгоритм создания ССП (базой является динамическая модель денежных потоков компании).

1. Формулировка стратегических целей компании на заданный горизонт планирования и выбор стратегических целевых показателей.
2. Выбор целевых показателей финансовой проекции (X_f – параметры модели *Cash-Flow*).
3. Выбор целевых показателей клиентской проекции (X_c – параметры модели *Cash-Flow*).
4. Выбор целевых показателей проекции бизнес-процессов (X_{bp} – параметры модели *Cash-Flow*).
5. Выбор целевых показателей проекции развития и их расчетные соотношения (X_d – параметры модели *Cash-Flow*).
6. Разработка мероприятий в отношении финансовой проекции.
7. Разработка мероприятий в отношении клиентской проекции. Ввод соответствующих значений в модель.
8. Разработка мероприятий в отношении проекции бизнес-процессов. Ввод соответствующих значений в модель.
9. Разработка мероприятий в отношении проекции развития. Ввод соответствующих значений в модель.
10. Анализируем полученные на модели прогнозные значения стратегических показателей и при необходимости производим корректировку прогнозных значений целевых показателей.

Следует заметить, что при разработке мероприятий (6–9) необходимо их согласовать с внешней и внутренней средой компании, как было указано выше.

Если действующая компания в какой-то момент решает изменить стратегию своего развития, то для сравнительного анализа результатов нововведений необходимо иметь две модели *Cash-Flow*: исходную (прогноз без изменения стратегии) и ее копию, в которую будут вводиться показатели новой стратегии. Сопоставление результатов прогнозирования позволит выявить чистый эффект от предлагаемой стратегии.

При разработке ССП не все нефинансовые показатели имеют однозначную связь с финансовыми параметрами модели. Например, потребность инвестирования средств в повышение квалификации персонала невозможно

количественно увязать с ростом качества выпускаемых товаров и соответствующим ростом продаж, или со снижением производственных издержек. В таких случаях прогноз соответствующих финансовых показателей можно делать на основе экспертных оценок и прошлого опыта работы компании.

Использование динамической модели денежных потоков позволяет не только прогнозировать результаты внедрения выбранной стратегии, но и количественно оценивать влияние рисков на стратегические показатели бизнеса. Как показано в [3], модель ССП может быть дополнена блоком расчета функций чувствительности выбранных целевых показателей к риск-параметрам, соответствующим каждой из четырех проекций. Например, в клиентской проекции такими риск-параметрами могут быть прогнозные значения натуральных объемов продаж реализуемых компанией товаров. В финансовой проекции можно в качестве риск-параметров выбрать цены поставщиков сырья, материалов и услуг.

Подводя итог можно утверждать, что на базе динамической модели Cash-Flow можно получить удобный инструмент количественного прогнозирования результатов внедрения выбранных стратегий с учетом влияния совокупности рисков событий. Данная модель может использоваться не только для прогнозирования, но и для управления проектом реализации стратегии на каждом шаге в пределах выбранного горизонта планирования.

Список используемых источников

1. **Сбалансированная** система показателей. От стратегии к действию [Электронный ресурс] / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон. – М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 214 с. – PDF ebook © BigSun 2004. – Режим доступа: http://www.e-reading.mobi/bookreader.php/141077/Kaplan,_Norton_Sbalansirovannaya_sistema_pokazatel_eii.pdf (дата обращения 14.03.2015).
2. **Методические** рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. (Вторая редакция) / рук. авт. кол. В. В. Косов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров // М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву и архит. и жил. Политике. – М. : ОАО «НПО» Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
3. **Риск-анализ** на основе функций чувствительности и теории нечетких множеств / В. И. Котов. – СПб. : Астерион, 2014. – 219 с. – ISBN 978-5-00045-113-7.

УДК 338.32

А. В. Кудрин

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ФЕМТОСОТ ОТ РОССИЙСКИХ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ: АНАЛИЗ СИТУАЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ

В статье рассматриваются предложения основных российских операторов мобильной связи, касающиеся установки фемтосот для абонентов – физических лиц. Проводится общий анализ существующей ситуации и предлагаются возможные пути ее оптимизации.

фемтосоты, пикосоты, расширение зоны покрытия оператора мобильной телефонной связи, капитальные вложения операторов мобильной телефонной связи, организационно-экономическое регулирование.

Одним из направлений инновационной деятельности операторов мобильной связи является улучшение радиопокрытия в проблемных зонах [1]. Для решения этой задачи можно использовать фемтосоты – миниатюрные базовые станции сотовой связи, имеющие малую выходную мощность (100 мВт) [2] и предназначенные для обслуживания небольшого количества абонентов на ограниченной площади (квартира, офис). Для соединения с инфраструктурой оператора связи устройства могут использовать существующие каналы широкополосного доступа в интернет (рисунок).



Рисунок. Фемтосота ePico3801, предоставляемая своим абонентам компанией «Мегафон» [3]

С 2013 года в Российской Федерации подобные устройства были переведены из разряда операторского оборудования в разряд абонентского. Это дало возможность абонентам физическим и юридическим лицам приобретать в собственность и эксплуатировать данное оборудование, а операторам – не получать на него дополнительных разрешений.

Использование фемтосот дает возможность улучшения радиопокрытия мобильной сети в подвальных помещениях, последних этажах высотных зданий, и иных местах, уже имеющих проводное подключение к сети Интернет. Кроме того, с помощью фемтосоты абонент может оперативно восстановить уровень сигнала в помещении, например, при выходе из строя близлежащей базовой станции.

Несмотря на кажущееся удобство применения данного оборудования статистика говорит об относительно малом использовании фемтосот в России. К примеру, на начало 2013 года в России было инсталлировано около 2,4 тыс. фемтоточек. Для сравнения в США – 2,5 млн. штук.

Что предлагают операторы.

ОАО «Мегафон» в данный момент предоставляет фемтосоты только корпоративным клиентам во временное пользование с абонентской платой 1000 руб./мес. Предоставляется оборудование емкостью от 4 до 8 одновременных вызовов [4].

ОАО «Вымпелком» предлагает услугу «Твоя сеть» для физических лиц. Пользование услугой не оплачивается, оборудование предоставляется в безвозмездную аренду. Предлагается четырех- и восьмиканальные фемтосоты. На сайте указано, что услуга предоставляется в тестовом режиме, а в случае порчи или утраты оборудования «Вымпелком» вправе взыскать его стоимость в размере 4900 руб. [5].

ОАО «МТС», как и «Мегафон» предоставляет описываемую услугу только корпоративным клиентам под названием «Уверенный прием» [6]. В пакет входит (табл.):

- 8-ми канальная фемтосота за 1000 руб./мес.
- Возможность совершать безлимитные звонки абонентам домашней сети, подключенных в момент звонка к установленной фемтосоте, а также 400 минут исходящих вызовов на другие номер домашнего региона. Данная опция оплачивается дополнительно (и по желанию) в размере 400 руб./мес. с каждого корпоративного номера.
- Дополнительно взимается 500 рублей за установление полуоткрытого и закрытого режимов работы фемтосоты.

Открытой информации о предоставлении фемтосот брендами «Теле2» и «Ростелеком» не обнаружено.

ТАБЛИЦА. Сравнение открытых предложений фемтосот операторов «Большой тройки»

Оператор	Корпоративные клиенты	Физические лица	Стоимость услуги, руб./мес.	Дополнительные платежи, руб./мес./абонент	Емкость фемтосот, каналов
Мегафон	+	–	1000		4,8
Билайн	–	+	Бесплатно		4,8
МТС	+	–	1000	400 (по желанию)	8

Из приведенных данных видно, что только «Билайн» предоставляет оборудование физическим лицам. Два других рассмотренных оператора

ограничили круг потребителей только корпоративными клиентами. Из скидочной матрицы МТС можно сделать вывод о направленности данной услуги в том числе на замену УАТС для небольших компаний. Однако остается актуальным вопрос о целесообразности внутриофисных звонков в таких компаниях, располагающих, как правило, очень ограниченным количеством помещений (1–2 кабинета).

Наиболее интересна модель предоставления услуги у «Билайна». Она позволяет абонентам улучшить прием сигнала дома или на даче (при условии наличия ШПД в интернет) при минимальных вложениях. Что, несомненно, отразится на лояльности абонентов. Данная модель открывает следующий вопрос в применении фемтосот – сокращение капитальных инфраструктурных вложений оператора.

Стоимость полноценных базовых станций и пикосот составляет десятки и сотни тысяч долларов. Кроме того, в мире уже существуют прецеденты снижения цены жилья, находящегося в непосредственной близости к антенно-фидерной группе базовых станций. [7] При этом цена фемтосот относительно невелика, а ее внешний вид, скорее всего, не производит негативного психологического влияния на окружающих людей. Зона покрытия и количество одновременных разговоров тоже не велико, однако позволяет покрыть потребности встроенных жилых помещений и небольших отдельных домов (в основном – жилых). С точки зрения оператора такие передатчики могут иметь значительно большие КРІ, нежели установленные для обслуживания таких зон дополнительные сектора больших базовых станций либо пикосоты. Потребитель, в свою очередь, получает уверенный прием сотовой сети.

Также остается открытым для исследования вопрос лояльности потребителя к приобретению подобного рода оборудованию и (или) абонентской платы за его использования. Дело в том, что абонент, заключая контракт и оплачивая услуги связи понимает, что капитальные вложения в инфраструктуру составляют часть уплаченных им оператору денег. Со своей стороны он требует уверенного приема, безразрывности голосовых соединений и приемлемой скорости передачи данных. При оплате рассматриваемой услуги у потребителя может возникнуть ощущение двойной оплаты. На данный вопрос возможно дать ответы, проведя социологическое исследование.

В любом случае, применение данного класса оборудования можно считать перспективам, хотя бы из данных его распространенности в США, приведенных в начале статьи. Кроме того, повышение частот передачи с вводом новых технологий и взаимные помехи от растущего количества радиоэлектронных устройств, а также плотность абонентов накладывают все более жесткие требования к снижению уровня сигнала передатчиков, а значит, увеличению их количества. Чему может способствовать внедрение в широкое использование компактных и экономичных фемтосот.

Список используемых источников

1. **Инновационное** развитие инфокоммуникационной компании/ В. В. Макаров, П. Л. Туфрин // Экономическое возрождение России. – 2011. – № 3. – С. 83–91.
2. **Приказ** Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 25.06.2013 № 147 «О внесении изменений в Правила применения абонентских терминалов систем подвижной радиотелефонной связи стандарта UMTS с частотным дуплексным разносом и частотно-кодовым разделением радиоканалов, работающих в диапазоне частот 2000 МГц, утвержденные приказом Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 27.08.2007 N 100» [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150315/ (Дата обращения 25.02.2015).
3. **Фемтосота** [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «Мегафон». – Режим доступа: <http://spb.megaфон.ru/corporate/mobile/devices/femtosoty/femtosota.html> (Дата обращения 25.02.2015).
4. **Фемтосота** «Мегафон» [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «Мегафон». – Режим доступа: <http://spb.megaфон.ru/corporate/mobile/devices/femtosoty/femtosota.html> (Дата обращения 25.02.2015).
5. **Услуга** «Твоя сеть» [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «Вымпел-коммуникации». – Режим доступа: <http://severodvinsk.beeline.ru/customers/products/mobile/services/details/tvoya-set/> (Дата обращения 25.02.2015).
6. **Услуга** «Уверенный прием» [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «Мобильные ТелеСистемы». – Режим доступа: http://www.corp.spb.mts.ru/mob_connect/equipment/sure_reception/ (Дата обращения 25.02.2015).
7. **Базовые станции** сотовой связи снижают стоимость недвижимости [Электронный ресурс] // Интернет-газета Фонтанка от 20.06.2005. – Режим доступа: <http://www.fontanka.ru/2005/06/20/144256/> (Дата обращения 20.02.2015).

Статья представлена научным руководителем, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

УДК 65.08(075.8)

В. В. Куликов, А. Д. Сотников

ОПИСАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРИНЯТИЯ МЕДИЦИНСКИХ РЕШЕНИЙ В ДОМЕННОЙ МОДЕЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Доменная модель инфокоммуникаций позволяет описать различные виды деятельности в различных прикладных областях. Возможность описания специфических видов медицинской деятельности, таких как принятие диагностических решений с помощью теории информационного взаимодействия и доменной модели представляется полезным для анализа и проектирования телемедицинских систем диагностического назначения.

доменная модель, ментальные модели, принятие решений.

Деятельность врача всегда связана с принятием ответственных решений, поэтому анализ процессов и возможность их формального описания представляет интерес. Доменная модель [1, 2] упрощает и схематизирует реальность, однако, позволяет *выделить* ключевые компоненты и описать процессы, участвующие в принятии решений.

Восприятие физической реальности (представленной через сущности ИД) для последующего ее осмысления связано с *информационным взаимодействием*, т. е. изменением степени информированности субъектов, и протекает на границе информационного и когнитивного доменов.

Под *информационным взаимодействием* понимаем такое *неэнергетическое взаимодействие субъектов* (обмен сигналами) при котором изменяется состояние (уровень информированности) хотя бы одного из них. Это справедливо и для частного случая взаимодействия субъекта и объекта в диагностическом медицинском процессе, когда первый выступает приемником (врач), а второй – источником (пациент) «информации».

Под *объектом* будем понимать любую *сущность, явление или процесс* S , представление которого $\langle S \rangle$ приобретает «информационную значимость», если известен способ его описания, содержащий множество базовых «смыслов» (понятий) $\{\xi\}$, являющееся формальным тезаурусом. Под сигналом будем понимать изменение состояния объекта C , произошедшее как следствие изменения состояния другого объекта A , выступающего источником сигнала. При наличии третьего объекта B , чье состояние меняется вследствие изменения состояния C , относительно B объект C будет источником, а относительно A приемником сигнала:

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \mapsto \langle C \rangle^{\xi_C} \mapsto \langle B \rangle^{\xi_B},$$

где ξ_A, ξ_C, ξ_B – тезаурусы A, C, B , а знак \mapsto обозначает причинно-следственный переход.

Информация непосредственно связана с объемом возможных состояний тезауруса (и его носителя-представления), которые могут быть определенными лишь при задании некоторого способа их описания (представления). Т. о. информация может трактоваться как субъективная (потенциальная) реальность, а под *информационными потоками* в ИКС можно понимать процессы (и генерируемые ими потоки данных), потенциально способные содержать (переносить/транспортировать) информацию, *но сама информация (как реальность) появляется (проявляется/актуализируется) лишь внутри «приемника», а точнее потребителя (врача – пользователя ИКС), который способен воспринимать* (узнавать – «декодировать») принятый сигнал, отражать его в виде *образа во множестве тезауруса приемника – понимать* и осознавать (осмыслять). В формальной нотации сказанное записывается следующим образом

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_A \xi_C}} \langle C \rangle^{\xi_C} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_C \xi_B}} \left[\langle \langle C \rangle^{\xi_C} \rangle^{\xi_B} \xrightarrow{Q_{34}^{\xi_C \xi_A}} \langle \langle A \rangle^{\xi_A} \rangle^{\xi_B} \right].$$

В приемнике $\langle B \rangle^{\xi_B}$ в результате взаимодействия с сигналом $\langle C \rangle^{\xi_C}$ формируется представление (образ) $\langle \langle C \rangle^{\xi_C} \rangle^{\xi_B}$, осознаваемый (воспринимаемый, трактуемый) в образе $\langle \langle A \rangle^{\xi_A} \rangle^{\xi_B}$. Оператор Q_{34} выполняет обратное преобразование $\langle C \rangle^{\xi_C}$ в $\langle A \rangle^{\xi_A}$, но в терминах приемника В, т. е. в многообразии тезауруса ξ_B . Потенциальная возможность содержания (присутствия) информации в объекте и затем в сигнале, превращается в реальность (актуализируется) в представлении (образе) $\langle \langle A \rangle^{\xi_A} \rangle^{\xi_B}$.

Тогда, взаимодействие нескольких информационных систем внутри ИД описывается как

$$\left[\left\langle \left\langle \langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle_{n=1, \dots, N} \right\rangle^{\xi_{C^m}} \xleftarrow[Q_{22}^{\xi_{C^k} \xi_{C^m}}]{Q_{22}^{\xi_{C^m} \xi_{C^k}}} \left[\left\langle \left\langle \langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle_{n=1, \dots, N} \right\rangle^{\xi_{C^k}} \right]_{m=1, \dots, M}^{k=1, \dots, K}.$$

Следовательно, **информационный процесс** представляет совокупность элементарных информационных взаимодействий, происходящих в информационном домене.

Полученное выражение представляет «доменную модель» – описание информационного взаимодействия затрагивающего сущности трех доменов, а именно: физического домена, (где располагается объект A), информационного домена (где присутствует сигнал C – информационное представление объекта A), и когнитивного домена (где происходит формирование объекта B – представления исходного объекта A через восприятие, декодирование и «осмысление» сигнала – объекта C).

Если для сущностей физического и информационного домена существует ряд методов более или менее удачного описания объектов и процессов (декларативные и графовые модели и их спецификации) [3], то для когнитивного домена не только отсутствуют методы описания ментальной деятельности (процессов информационного взаимодействия), но даже основные свойства и характеристики сущностей КД не имеют точного общепризнанного описания. Далее будут предложены и описаны принципы и модели организации ментальной деятельности, происходящей в КД.

Модели ментальной деятельности

В различных прикладных областях исторически сложились, хотя сегодня динамично меняются, различные «ментальные модели» деятельности. Под «ментальной моделью» (ММ) будем понимать *совокупность методов*

(правил, алгоритмов, процедур и способов их реализации) *выполнения действий над информационными представлениями*, соответствующими объектам физического домена.

Основные действия, реализуемые в КД следующие:

– **Сбор, накопление** информационных представлений, *образов* (не следует путать смешивать с накоплением данных, выполняемом в ИД). Основывается на *восприятии образов*, формируемых средствами ИД.

– **Анализ** информационных представлений (*образов*) поступающих из ИД, выявление компонентов (структурных элементов образов), распознавание и классификация элементов.

– **Осознание** – включение новых элементов в тезаурус субъекта КД, а информационного представления в систему образов субъекта КД.

– **Решение** – ментальная деятельность субъекта КД связанная с формированием целенаправленного и обоснованного ментального представления о необходимых действиях.

– **Инициация выполнения**, формирование *команды, определяющей информационное представление Решения в тезаурусе субъекта ИД* (собственно действие происходит в ФД).

Важными атрибутами (свойствами) действий КД являются *современность*, синхронность (*synchronization*) и *совместность*, которые выражаются в специфическом виде совместной деятельности в КД – *когнитивном сотрудничестве (cognitive collaboration)*.

Сформулированные принципы и ментальные модели позволяют представить и описать врачебно-диагностическую деятельность, связанную со сбором информации, принятием решений и выполнением действий как системно организованный распределенный процесс, упорядоченный в пространстве и согласованный во времени при наличии большого числа участников. Очевидно, что такой подход и новые ментальные модели более полно и точно соответствует современному состоянию инфокоммуникационной, отрасли здравоохранения, нежели последовательные линейные модели. Результатом являются три модели, которые определяют различный «взгляд» на прикладную активность [4, 5] и предполагают различные способы деятельности субъектов (и систем) в КД, а именно:

Индивидуально-локальная модель (ИЛМ), когда все ресурсы субъекта деятельности КД находятся в его индивидуальном распоряжении и в «абсолютной» доступности. Такая модель иллюстрируется, например, теоретической научной работой, когда весь научный аппарат находится «в голове» ученого и всегда доступен ему.

Платформенно-ориентированная модель (ПОМ), когда ресурсы субъекта КД образуют некоторую «платформу» – совокупность автономных от субъекта элементов систем и средств КД, обеспечивающих его ментальную деятельность по подготовке принятия решения.

Сетевая модель (СМ), когда в КД для достижения единой цели взаимодействуют несколько субъектов КД, использующих как собственные, так и внешние для них ресурсы КД. Такая модель предполагает взаимодействие субъектов КД через инструментарий ИД (информационные представления и объекты, образы).

Формальное описание сказанного иллюстрируем примером.

Пусть, $\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6\} \in A$, множество объектов физического домена, $\{C^j\} \in C$, множество объектов информационного домена, являющихся информационными представлениями (образами) множества A , где $i = \{1, \dots, 9\}, j = \{1, \dots, 5\}$, тогда для простейшего случая представление объекта A_1 потребителю B_1 предоставленный информационной системой C_1^1 будет записан как

$$\langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_{A_1} \xi_{C^1}}} \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C^1}} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C^1} \xi_{B_1}}} \langle \langle C_1^1 \rangle^{\xi_{C^1}} \rangle^{\xi_{B_1}} \text{ или } \langle \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C^1}} \rangle^{\xi_{B_1}}.$$

Аналогично для объектов A_n и потребителей B_k в общем виде:

$$\langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_{A_n} \xi_{C^m}}} \langle \langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \rangle^{\xi_{C^m}} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C^m} \xi_{B_k}}} \langle \langle C_n^m \rangle^{\xi_{C^m}} \rangle^{\xi_{B_k}} \text{ или } \langle \langle \langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \rangle^{\xi_{C^m}} \rangle^{\xi_{B_k}}.$$

Тогда представление объекта A_1 в тезаурусе потребителя B_1 служит основой для принятия решения $\langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}}$ субъекта B_1 когнитивного домена.

$$\langle \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C^1}} \rangle^{\xi_{B_1}} \xRightarrow{\Theta_{B_1}} \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}},$$

где $\xRightarrow{\Theta_{B_1}}$ – оператор формирования решения (оператор сознания потребителя, автоматизированной системы принятия решений или управляющего автомата).

Тогда информационное взаимодействие пользователей B_i и B_j ($i \neq j$) в КД определяется через представления $\langle R_v^i \rangle^{\xi_{B_i}}$ и $\langle R_m^j \rangle^{\xi_{B_j}}$ соответственно. (Равенство $i = j$ соответствует случаю, когда два представления находятся в распоряжении одного потребителя).

Передача образа $\langle R \rangle$, т. е. сообщения об R_1 через ИД (посредством сигнального образа $\langle C_7^4 \rangle^{\xi_{C^4}} \cong \langle \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \rangle^{\xi_{C^4}}$) от B_1 к B_4 описывается выражением:

$$\langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \xrightarrow{Q_{32}^{\xi_{B_1} \xi_{C^4}}} \langle \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \rangle^{\xi_{C^4}} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C^4} \xi_{B_4}}} \langle \langle C_7^4 \rangle^{\xi_{C^4}} \rangle^{\xi_{B_4}} \text{ или } \langle \langle \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \rangle^{\xi_{C^4}} \rangle^{\xi_{B_4}}.$$

Вся последовательность, начиная от формирования образа объекта A_1 в ИД, восприятия его субъектом B_1 в КД, принятии решения и передаче его через ИД субъекту B_4 в КД представлена в выражении:

$$\left\langle \left\langle A_1 \right\rangle^{\xi_{A_1}} \right\rangle^{\xi_{C_1}^{B_1}} \xRightarrow{\Theta_{B_1}} \left\langle R_1 \right\rangle^{\xi_{B_1}} \xrightarrow{Q_{32}^{\xi_{B_1} \xi_{C_7}^4}} \left\langle \left\langle R_1 \right\rangle^{\xi_{B_1}} \right\rangle^{\xi_{C_7}^4} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C_7}^4 \xi_{B_4}}} \left\langle \left\langle C_7 \right\rangle^{\xi_{C_7}^4} \right\rangle^{B_4} \left\langle \left\langle R_1 \right\rangle^{\xi_{B_1}} \right\rangle^{\xi_{C_7}^4} \right\rangle^{\xi_{B_4}} .$$

Последнее выражение представляет *модель информационного взаимодействия двух субъектов когнитивного домена* выраженную в терминах представлений систем информационного домена, объектов физического домена и решений субъектов КД. Ключевым элементом этого описания является процедура формирование решения $\langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}}$ и дальнейшее его использование иными субъектами когнитивного домена.

Список используемых источников

1. Структурно-функциональная организация услуг телемедицины в прикладных инфокоммуникационных системах / А. Д. Сотников. – СПб. : Судостроение, 2007. – 200 с. – ISBN 978-5-7355-0710-9.
2. **Инфокоммуникации:** информационное взаимодействие и модели телемедицинских систем / А. Д. Сотников. – СПб. : Судостроение, 2008. – 150 с. – ISBN 978-5-7355-0710-9.
3. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников, А. А. Степаненко; под ред. Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-93630-782-9.
4. **Конкурентные** преимущества предприятий в информационной экономике / А. Д. Сотников, М. Ю. Арзуманян // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. – № 4 (102). – С. 100–105.
5. **Инфокоммуникационные** системы и их модели для здравоохранения / А. Д. Сотников // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 3. – С. 27–29.

УДК 65.08(075.8)

В. В. Куликов, А. Д. Сотников

РАЗРАБОТКА ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ АМЕРИКАНСКОГО СВОДА ЗНАНИЙ PMI PMBOK

Project Management Body of Knowledge представляет собой сумму профессиональных знаний по управлению проектами, на основе которых Американским институтом *Project Management Institute* осуществляется сертификация специалистов на звание *Project Management Professional*. На основании данного свода подготовлен план управления проектами для российских предприятий связи.

управление проектами, план, этапы.

В соответствии с американским сводом знаний управление проектами должно включать: 5 групп процессов управления, 9 областей знаний и всего 44 процесса по управлению проектами [1]–[4]. Эти процессы приведены ниже в таблице.

ТАБЛИЦА 1. Основные группы процессов управления в PMI PMBOK
(Project Management Institute Project Management Body of Knowledge)

Процессы в области знаний	Группы процессов управления				
	Инициации	Планирования	Исполнения	Мониторинга и управления	Завершающие
Управление интеграцией проекта	Разработка Устава. Описание содержания	Разработка плана управления проектом	Руководство и управление исполнением проектом	Мониторинга и управления работами проекта. Общее управление изменениями	Закрытие проекта
Управление содержанием		Планирование содержанием; Определение содержания; Создание ИСП(WBS)		Подтверждение содержания Управление содержанием	
Управление сроками		Описание состава операций; Определение взаимосвязей операций; Оценка ресурсов операций Оценка длительности операций Разработка расписания		Управление расписанием	
Управление стоимостью		Стоимостная оценка Разработка бюджета расходов		Управление стоимостью	
Управление качеством		Планирование качества	Процесс обеспечения качества	Процесс контроля качества	

Процессы в области знаний	Группы процессов управления				
	Инициации	Планирования	Исполнения	Мониторинга и управления	Завершающие
Управление ресурсами		Планирование человеческими ресурсами	Набор команды проекта Развитие команды проекта	Управление командой проекта	
Управление коммуникациями		Планирование коммуникаций	Распространение информации	Отчетность по исполнению Управление участниками проекта	
Управление рисками		Планирование управления рисками. Идентификация и качественный анализ рисков Количественный анализ рисков		Мониторинг и управление рисками	
Управление поставками		Планирование покупок Планирование контрактов	Запрос информации у продавцов Выбор продавцов	Администрирование контрактов	Закрытие контракта

Приведенные выше процессы могут быть применены для составления плана управления проектами (ПУП) для российских предприятий связи в следующем виде (рис.).

Первым документом в ходе инициации проекта необходимо выпустить приказ на предприятии связи о назначении руководителя проекта. Это позволит юридически определить и узаконить конкретное лицо, отвечающее за выполнение проекта, и дать старт выполнению проекта. Далее руководитель проекта создает необходимую команду проекта и подготавливает приказ по предприятию о ее назначении и подчиненности ему на весь период выполнения проекта. Затем формируются титул проекта и пояснительная записка к проекту. После этого, руководитель проекта переходит к этапу планирования работ по данному проекту. Составляется основной план-график выполнения проекта и осуществляется разбиение (декомпозиция) работ на более мелкие работы, формируется иерархическая структура работ (ИСР) и строится диаграмма Ганта для всего проекта. При этом на диаграмме отмечается ответственный за выполнение определенных работ из команды проекта. Затем осуществляется исполнение работ в соответствии с планом-графиком.

План управления проектом (ПУП)



Рисунок. Основные элементы плана управления проектами на российских предприятиях связи

В ходе исполнения работ периодически засушиваются отчеты (мониторинг) ответственных из команды проекта за определенные виды работ (поставка оборудования, подготовка проектно-сметной документации и т. д.). После этого переходим к этапу завершения работ и выполняем работы отмеченные по разделу завершения работ (рис.).

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В кратком виде рассмотрены основные процессы по управлению проектами на основе свода знаний PMI PMBOK (табл.).
2. Разработан план управления проектами для российских предприятий связи на основе групп процессов управления (рис.).

Список используемых источников

1. **Управление проектами** / Э. У. Ларсон, К. Ф. Грей: пер. с англ. – М. : Дело и сервис, 2013. – 784 с. – ISBN 978-5-8018-0356-2.
2. **Модели** и архитектуры электронного предприятия / М. Б. Вольфсон, А. Д. Сотников, А. А. Степаненко; под ред. Ю. В. Арзуманяна. – СПб. : Деан, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-93630-782-9.
3. **Сервис-ориентированная модель** описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия / А. Д. Сотников, М. Ю. Арзуманян // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 2 (30). – С. 125–130.
4. **Мониторинг «информатизации»** предприятий в процессе перехода к информационной экономике / А. Д. Сотников, М. Ю. Арзуманян // Вестник ИНЖЭКОНА. – 2008. – № 6. – С. 252–254.

УДК 338.47

Е. Д. Малевская-Малевич

**ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СВЯЗИ**

Информатизацию сегодня справедливо рассматривают в качестве важнейшего национального ресурса и составной части национального богатства любой страны. Телекоммуникационные компании, занимающиеся предоставлением услуг, поставлены перед объективной необходимостью расширения сетей и модернизации существующей производственной материально-технической базы для стабильной и эффективной работы в условиях развивающейся конкуренции. При этом для своевременной смены моделей и поколений техники, требуются большие единовременные инвестиции. Главным сдерживающим фактором выступает ограниченность собственных инвестиционных и финансовых ресурсов предприятий. В статье предложена модель оптимизации инвестиционного плана телекоммуникационного предприятия.

телекоммуникации, инвестирование, задача оптимизации, динамическое программирование.

Под влиянием изменений в структуре и масштабах производства, научно-технического прогресса, повышения деловой активности, роста образовательного и культурного уровня населения, расширения связей во всех сферах жизнедеятельности как в масштабах национальной, экономики так и на уровне отдельных предприятий, существенно возрастает роль и значимость информатизации. Ее справедливо рассматривают в качестве важнейшего национального ресурса и составной части национального богатства любой страны. Информатика и интернет сегодня – основное поле для инноваций.

В одной из наиболее быстро развивающихся экономик мира – Китае – в 2014 году число пользователей интернета достигло 649 миллионов человек, что более чем вдвое превышает население США, число китайских сайтов – более 4 миллионов, в 10 крупнейших интернет-компаний мира входят 4 китайских.

В администрации киберпространства КНР (ведомство, приравненное к министерству) считают, что интернет-экономика стала главной движущей силой экономического роста страны. Это подтверждается множеством фактов. Так, Интернет-торговля в стране за год превысила 13 триллионов юаней (примерно 2 миллиарда долларов) [1].

Телекоминдустрия России в существенной степени базируется на использовании иностранного оборудования. Существенная корректировка и модернизация курса развития отрасли телекоммуникации в России привели к значительному росту инвестиционных затрат компаний в настоящее время и на перспективу. По мнению экспертов, в отрасли телекоммуникаций [2], в течение 2–3 лет ожидается серьезное замедление темпов падения цен на трафик. Средняя цена мегабайта в 2014 году упала практически в два раза по сравнению с 2013 годом, при этом покупать оборудование, развивать сети, поддерживать качество для действующих и новых клиентов становится все дороже.

Разработанная на сегодняшний день инфраструктура расширяет масштабы для оптимизации деятельности отрасли в целом, каждого оператора. Сети LTE, запускаемые по всей стране, сети 4G, загружены на 8–10 % максимум, потому что они еще не насыщены необходимым оборудованием. Это предоставляет огромное поле для внедрения новых инвестиционных проектов и приведет к росту инвестиционных вложений на предприятиях и в сетях связи.

Российский телекоммуникационный рынок, его высокая технологичность, отсутствие отставания и с точки зрения соотношения «цена/качество» – входит в топ-5 мировых отраслей индустрии связи. Такому положению способствовало минимальное вмешательство государства в рыночные механизмы, конкуренция, отсутствие барьеров на пути к проникновению иностранного капитала, оборудования и технологий. Это в определенном отношении – уникальная ситуация, которой Россия может гордиться. На сегодняшний день таких отраслей в российской экономике немного, поэтому развитие *высоких технологий в области телекоммуникаций могут стать локомотивом инновационного развития других отраслей экономики страны.*

Инвестиционные вложения в российские телекоммуникационные инвестиционные проекты могут быть высоко эффективными и результативными. Об этом свидетельствует, например, опыт компании «Yota Devices». Учитывая устойчивый скепсис потребителей по отношению к «русским гаджетам», небольшой для этой отрасли объем инвестиций 15 млн. долларов

(затраты на разработку новой модели у конкурентов составляют 150–200 млн.) и отсутствие опыта работы на рынке потребительской электроники, вложения в проект «Yota Phone» были связаны с огромным риском для инвестора – фонда Telconet (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Сравнительная динамика глобальных продаж наиболее популярных моделей смартфонов и «Yota Phone 2» в декабре 2014-го и январе 2015 года [3]

Сравнительная динамика глобальных продаж наиболее популярных моделей смартфонов и YotaPhone 2 в декабре 2014-го и январе 2015 года			
Бренд	Объем продаж в декабре (млн шт.)	Объем продаж в январе (млн шт.)	Динамика (%)
iPhone 6	2,3	2,4	+4,5
Samsung Galaxy S5	3,2	3,4	+6,6
Sony Xperia Z3	1,4	1,55	+10
LG G3	1,1	1,14	+4
YotaPhone 2	0,053	0,146	+178

Источники: CNews, собственные данные компаний-вендоров.

Из приведенных данных (табл. 1) следует, что проект «Yota Phone», безусловно, можно считать состоявшимся. Однако при запланированном переходе на следующую ступень развития – выходе на массовое производство и в условиях реальной конкуренции с лидерами рынка – могут возникнуть объективные проблемы.

Для снижения стоимости продукта компании необходимы вложения в оптимизацию бизнеса, в технологии автоматизации разработки и производства, в разработку маркетинговой стратегии для экспансии на рынок. Сделать все это без привлечения больших объемов финансовых ресурсов невозможно.

В этих условиях телекоммуникационные компании, занимающиеся предоставлением услуг, поставлены перед объективной необходимостью расширения сетей и модернизации существующей производственной материально-технической базы для наиболее полного удовлетворения запросов потребителей и создания условий для стабильной и эффективной работы в условиях развивающейся конкуренции. Но при этом для своевременной смены моделей и поколений техники, что в конечном счете обеспечит повышение конкурентоспособности услуг связи, требуются большие единовременные инвестиции. Главным сдерживающим фактором выступает ограниченность собственных инвестиционных и финансовых ресурсов предприятий связи, которая возникает вследствие жесткой тарифной политики государства [4, 5].

Планируемый рост продаж телекоммуникационного предприятия (как и любого производственного предприятия) зависит от имеющихся ресурсов (лимита) капитальных вложений, которые могут быть направлены предприятием на реализацию инвестиционных проектов развития.

Ниже рассматривается практический пример формирования реального плана капитальных вложений на предприятии, в частности – порядок отбора инвестиционных проектов для включения в план, обеспечивающий оптимальное использование имеющегося лимита ресурсов. Для каждого проекта известен плановый рост продаж, который может быть достигнут при условии успешной реализации проекта. На реализацию проекта необходимо затратить определенное, запланированное количество финансовых или иных ограниченных ресурсов капитальных затрат.

Условие: для успешной реализации каждого проекта расход капитальных ресурсов должен быть осуществлен полностью в запланированном объеме, в противном случае проект не может быть выполнен и не включается в инвестиционную программу предприятия. Как можно видеть, это условие есть условие цело численности задачи оптимизации.

Задача составления оптимальной инвестиционной программы предприятия состоит в выборе инвестиционных проектов, которые обеспечат наибольший прирост продаж предприятия в рамках имеющегося лимита капитальных вложений. В аналитической форме она может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Delta_1 + \dots + \Delta_n &\leq \bar{\Delta}; & n_1 k_1 + \dots + n_n k_n &\leq \bar{\Delta}; \\ z_1(\Delta_1) + \dots + z_n(\Delta_n) &\rightarrow \max; & n_1 k_1 \alpha_1 + \dots + n_n k_n \alpha_n &\leq \alpha \bar{\Delta}; \\ \Delta_i &= \begin{cases} 0, \\ \Delta_i. \end{cases} & \text{или} & \Delta_i = n_i k_i; \\ & & & n = 0, 1, 2 \dots \text{ целые}; \\ & & & z_1(\Delta_1) + \dots + z_n(\Delta_n) \rightarrow \max, \end{aligned}$$

где n – количество проектов, которые могут быть реализованы в рамках имеющихся ограничений; k – капиталоемкость проекта; Δ – капитальные вложения для каждого проекта (шага решения); $z(\Delta)$ – достигаемый объем продаж.

Задача решается методом динамического программирования – это математический метод поиска оптимального управления, специально приспособленный к многошаговым процессам. Динамическое программирование обычно применяется к задачам, в которых искомый ответ состоит из частей, каждая из которых в свою очередь дает оптимальное решение некоторой подзадачи. У такой задачи может быть много возможных решений, но требуется выбрать оптимальное решение, при котором значение некоторого параметра будет минимальным или максимальным. При этом целевая функция или ограничения оптимизационной задачи, или же и первое, и второе одновременно могут характеризоваться нелинейными зависимостями и задаваться в любой форме – аналитически или в табличном виде.

Шагами решения являются отдельные проекты и соответствующим им объем капитальных вложений и продаж. В рассматриваемом примере

три проекта, количество проектов не ограничено, оно определяет количество требуемых шагов решения. На первом шаге рассматривается выделение всего ограниченного лимита ресурсов капитальных вложений для первого проекта. На втором шаге присоединяются расходы на ресурсы для второго проекта, на «*n*-том» – затраты по «*n*-тому» проекту и т. д. В общем виде процесс решения представляется в следующем виде:

Шаг 1. $\varphi_1(\Delta) = \max Z_1(\Delta), \quad 0 \leq \Delta \leq \bar{\Delta},$

Шаг 2. $\varphi_2(\Delta) = \min [Z_2(\Delta) + \varphi_1(\Delta - \bar{\Delta})], \quad 0 \leq \Delta \leq \bar{\Delta}, \quad 0 \leq x \leq A,$

.....

Шаг *n*. $\varphi_n(X) = \min [Z_n(y) + \varphi_{n-1}(x - y)], \quad 0 \leq y \leq x, \quad 0 \leq x \leq A$

где Δ_i – капитальные вложения каждого шага, φ_{i-1} – оптимальные продажи предыдущего шага.

Рассмотрим условный пример составления инвестиционной программы предприятия. В таблице 2 представлены исходные данные для трех вариантов инвестиционных проектов: необходимые капитальные вложения по каждому проекту (Δ), прирост продаж за счет реализации каждого проекта ($z(\Delta)$), общий лимит капитальных вложений в инвестиционные проекты (lim). Кроме того, задается показатель рентабельности продаж по каждому проекту.

ТАБЛИЦА 2. Варианты инвестиционных проектов. Исходные данные

	Δ т.д.е.	$Z(\Delta)$ т.д.е.	Рентабельность продаж, %
1	100	800	5
2	200	2000	10
3	250	2500	12
lim	300		

Устанавливается лимит новых капитальных вложений на предприятии в целом в размере не более 30 % от существующих активов. Примем, что реальные капитальные вложения на предприятии осуществляются только во внеоборотные активы (машины, оборудования, здания, сооружения и т. д.) и в производственные запасы (сырье, материалы, незавершенное производство).

Реальные капитальные вложения представляют собой ряд инвестиционных проектов. Проекты могут быть реализованы только в полном объеме, могут быть либо включены в план инвестиционных вложений, либо нет. Та-

три проекта, количество проектов не ограничено, оно определяет количество требуемых шагов решения. На первом шаге рассматривается выделение всего ограниченного лимита ресурсов капитальных вложений для первого проекта. На втором шаге присоединяются расходы на ресурсы для второго проекта, на «*n*-том» – затраты по «*n*-тому» проекту и т. д. В общем виде процесс решения представляется в следующем виде:

Шаг 1. $\varphi_1(\Delta) = \max Z_1(\Delta), \quad 0 \leq \Delta \leq \bar{\Delta},$

Шаг 2. $\varphi_2(\Delta) = \min [Z_2(\Delta) + \varphi_1(\Delta - \bar{\Delta})], \quad 0 \leq \Delta \leq \bar{\Delta}, \quad 0 \leq x \leq A,$

.....

Шаг *n*. $\varphi_n(X) = \min [Z_n(y) + \varphi_{n-1}(x - y)], \quad 0 \leq y \leq x, \quad 0 \leq x \leq A$

где Δ_i – капитальные вложения каждого шага, φ_{i-1} – оптимальные продажи предыдущего шага.

Рассмотрим условный пример составления инвестиционной программы предприятия. В таблице 2 представлены исходные данные для трех вариантов инвестиционных проектов: необходимые капитальные вложения по каждому проекту (Δ), прирост продаж за счет реализации каждого проекта ($z(\Delta)$), общий лимит капитальных вложений в инвестиционные проекты (\lim). Кроме того, задается показатель рентабельности продаж по каждому проекту.

ТАБЛИЦА 2. Варианты инвестиционных проектов. Исходные данные

	Δ т.д.е.	$Z(\Delta)$ т.д.е.	Рентабельность продаж, %
1	100	800	5
2	200	2000	10
3	250	2500	12
lim	300		

Устанавливается лимит новых капитальных вложений на предприятии в целом в размере не более 30 % от существующих активов. Примем, что реальные капитальные вложения на предприятии осуществляются только во внеоборотные активы (машины, оборудования, здания, сооружения и т. д.) и в производственные запасы (сырье, материалы, незавершенное производство).

Реальные капитальные вложения представляют собой ряд инвестиционных проектов. Проекты могут быть реализованы только в полном объеме, могут быть либо включены в план инвестиционных вложений, либо нет. Та-

1 и 2, согласно предыдущей таблице, достигается при выделении 100 д. е. лимита на проект 1 и 200 д. е. лимита на проект 2 [6].

Таким образом, в этом примере для инвестирования мы выбираем первый и второй проект, так как при имеющихся ограничениях на ресурсы (капитальные вложения) такой вариант инвестирования дает максимальный прирост продаж, что соответствует целевой функции исходной оптимизационной задачи.

Таким образом, исходя из мирового опыта, а также из уже имеющихся наработок в отрасли телекоммуникаций, можно заключить, что дальнейшее инновационное развитие отрасли может послужить источником роста для экономики страны в целом. При этом, использование рассмотренных выше методов оптимизации составления инвестиционных планов предприятия позволит улучшить использование имеющихся ограниченных ресурсов и повысить экономическую эффективность работы предприятия.

Список используемых источников

1. **Китай** как глобальный инновационный лидер [Электронный ресурс] / Д. Косырев // РИА Новости. – Режим доступа: <http://ria.ru/analytics/> (Дата обращения 20.03.2015).
2. **Телекоммуникационные** услуги, карьера менеджера [Электронный ресурс] / М. Слободин // Эхо Москвы. Дневной прямой эфир. 20.02.2015. – URL: <http://echoperm.ru/interview/299/136651/> (Дата обращения 20.03.2015).
3. **Глобальная** экспансия [Электронный ресурс] // Материалы сайта ЭкспертOnline. – Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2015/10/razryiv-mobilnogo-shablona/> (Дата обращения 20.03.2015).
4. **Инновационное** развитие инфокоммуникационной компании / В. В. Макаров, П. Л. Туфрин // Экономическое возрождение России. – 2011. – № 3. – С. 83–91.
5. **Задача** ранжирования сотовой сети при формировании инвестиционной политики / В. В. Макаров, А. В. Горбатько // Информатизация и связь. – 2011. – № 7. – С. 85–88.
6. **Корпоративные** финансы: учебное пособие для студентов очной/заочной формы обучения [Электронный ресурс] / Д. С. Демиденко, П. И. Ваганов, Е. Д. Малевская-Малевич // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Инженерно-экономический институт. Кафедра финансов и денежного обращения. – Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,94 Мб). – СПб., 2014.

УДК 330.101

А. В. Мешков, А. А. Симонина

**ТЕОРИЯ ДЛИННЫХ ВОЛН В ЭКОНОМИКЕ
Н. Д. КОНДРАТЬЕВА И СОВРЕМЕННЫЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИЗИС**

Теория длинных волн экономической конъюнктуры, созданная Н. Д. Кондратьевым в 1920-х годах, не потеряла своей актуальности так как с её помощью можно прогнозировать развитие конъюнктуры мировой экономики на многие годы и десятилетия. Это особенно важно в условиях начавшейся в России рецессии, поскольку, если мировая экономика вступила в понижительную волну Кондратьевского цикла, то выйти из нее традиционными способами не удастся.

циклы Кондратьева, повышательная и понижительная волна цикла, рецессия, структурная перестройка экономики.

В 2015 году экономика России входит в фазу рецессии. Прогноз Министерства экономического развития – сокращение ВВП на 3 % при среднегодовой цене нефти 60 долларов. Прогноз Европейского банка реконструкции и развития – спад может составить 4,8 % ВВП, рейтинговое агентство Moody's пророчит сокращение ВВП России на 5,5 %. Что же последует за этой рецессией? Согласно одной точке зрения, которой, судя по всему, придерживается правительство, нас ожидает 1–2 трудных года после чего мировые цены на нефть повысятся до 90–100 долларов за баррель и рост автоматически восстановится. Поэтому ничего принципиально в структуре экономики менять не нужно, надо лишь подпитать экономику деньгами, чтобы пережить эти 1–2 трудных года, после чего ускорение роста мировой экономики неизбежно повысит мировые цены на энергоносители и нас ждут новые «тучные годы». Но здесь возникает вопрос: можно ли более ли менее точно спрогнозировать развитие мировой экономики на многие годы вперед?

Выдающийся русский экономист Н. Д. Кондратьев еще в 1920-е годы утверждал, что это можно сделать. Он выдвинул идею множественности циклов, выделяя различные модели циклических колебаний: сезонные (продолжительность меньше года), короткие (продолжительность 3–3,5 года), торгово-промышленные (средние) циклы (7–11 лет) и, наконец, большие циклы, длящиеся 48–55 лет [1].

Чтобы установить, существуют ли большие циклы экономической конъюнктуры Н. Д. Кондратьев изучил статистический материал по четырем ведущим капиталистическим странам – Англии, Франции, Германии

и США. Он анализировал динамические ряды цен, процента на капитал, заработной платы, объема внешней торговли, а также производства основных видов промышленной продукции. Период статистических наблюдений и анализа составил около 140 лет. Большинство взятых данных обнаружило наличие больших циклов продолжительностью 48–55 лет. Причем каждый цикл делился на две длинные волны: повышательную и понижательную.

В период повышательной волны средние торгово-промышленные циклы характеризовались краткостью депрессии и интенсивностью подъемов, в период понижательной волны больших циклов наблюдалась обратная картина. Так же Н. Д. Кондратьев выявил ряд других эмпирических закономерностей, сопровождающих длительные конъюнктурные колебания:

1. Перед началом и в начале повышательной волны каждого большого цикла наблюдались глубокие изменения в условиях экономической жизни общества. Эти изменения выражаются в значительных изменениях в технике, (чему предшествуют крупные технические открытия и изобретения), в изменении условий денежного обращения, в усилении роли новых стран в мировой хозяйственной жизни.

2. На периоды повышательных волн приходится наибольшее количество социальных потрясений (войн и революций).

3. Понижательные волны больших циклов сопровождаются длительной депрессией сельского хозяйства.

Согласно оценкам Н. Д. Кондратьева, периоды больших циклов оказались приблизительно следующие:

I цикл

1. Повышательная волна с 1785–1790 гг. до 1810–1817 гг. Начало ее связано с промышленным переворотом в текстильной промышленности и промышленным использованием каменного угля для выплавки чугуна и железа.

2. Понижательная волна с 1810–1817 гг. до 1841–1851 гг.

II цикл

1. Повышательная волна с 1844–1851 гг. до 1870–1875 гг. Бурное развитие железнодорожного строительства, парового морского транспорта, черной металлургии.

2. Понижательная волна с 1870–1875 гг. до 1890–1896 гг.

III цикл

1. Повышательная волна 1890–1896 гг. до 1914–1920 гг. Подготовлена изобретениями в сфере электротехники и основывалась на массовом внедрении электричества, радио, телефона.

2. Понижательная волна с 1914–1920 гг.

Таким образом, несмотря на довольно высокую конъюнктуру, наблюдавшуюся в главных капиталистических странах в 1920-е годы Н. Д. Кондратьев относил это десятилетие к началу новой понижательной волны, что

вскоре и подтвердилось драматическими событиями мирового экономического кризиса 1929–1933 гг и последующей многолетней депрессией. Можно утверждать, что Н. Д. Кондратьев во многом предугадал «великую депрессию» 1930-х гг.

Возвращаясь к нашему времени вспомним, что практически никто из ученых-экономистов не смог предугадать мирового экономического кризиса 2008–2009 гг. А можно ли было это сделать с помощью теории длинных волн Кондратьева?

Если экстраполировать основные тенденции, намеченные Н. Д. Кондратьевым получается, что развитые страны Запада должны были пережить уже 4 цикла и находиться в пятом.

Хотя в литературе приводятся разные датировки «посткондратьевских» циклов, границы начала и конца длинных волн во всех источниках примерно одинаковые [2].

IV цикл

1. Повышательная волна 1939–1945 гг. до 1967–1971 гг. Связана с изобретением и внедрением синтетических материалов, пластмасс, ЭВМ первых поколений, началом освоения космоса.

2. Понижательная волна с 1967–1971 гг. по 1983–1985 гг.

V цикл

1. Повышательная волна с 1983–85 гг. Связана с развитием электроники, робототехники, вычислительной, лазерной и телекоммуникационной техники.

Мы полагаем, что можно с уверенностью утверждать, что повышательная волна V большого цикла закончилась именно к 2008 году, что и можно было предсказать по теории Кондратьева. Повышательные волны все четырех кондратьевских циклов продолжались 24–26 лет. Следовательно, вполне можно было ожидать, что перелом мировой экономической конъюнктуры наступит в 2007–2009 гг., что собственно и произошло.

Экономический кризис 2008–2009 гг. можно считать началом понижающей волны V кондратьевского цикла, прежде всего потому, что это был первый послевоенный мировой экономический кризис. Впервые с окончания Второй мировой войны мировой ВВП в 2009 году сократился. А после кризиса темпы мирового экономического роста значительно упали. Если в 2003–2007 гг. темпы роста мирового ВВП составили 5,1 % в год, то в 2011–2014 гг. они составили 3,2 %. А экономика стран Евросоюза, основного торгового партнера России так и не смогла выйти из посткризисной депрессии. Темпы роста ВВП в странах ЕС составили в 2011–2014 гг. 1,3 %.

Третий год подряд замедляется рост экономики Китая. Аналитики предсказывают, что в ближайшие годы рост Китайского ВВП может замедлиться до менее чем 5 % в год (в 2013 г. – 7,5 %).

Таким образом, с 2008 г. мировая экономика вступила в понижательную волну V цикла с вялым экономическим ростом, возможными учащениями и углублениями депрессий, и слабой интенсивностью подъемов. Как долго может продлиться понижательная волна? Предугадать это довольно трудно, так как в отличие от продолжительности повышательных волн длительность понижательных волн весьма различна.

Если в I цикле она продолжалась 31–34 года, то в IV – 16–18 лет. Можно предположить, что в связи с ускорением научно-технического прогресса существует тенденция к сокращению длительности понижательных волн и в связи с этим к общему сокращению большого цикла с 48–55 лет до 40–43 лет. Но даже по самым оптимистическим прогнозам следует ожидать новой повышательной волны VI цикла не ранее 2024–2026 гг.

Из вышесказанного следует, что оптимистические прогнозы о выходе России из стагнации через 1–2 года в связи с началом бурного роста мировой экономики и, как следствие, роста мировых цен на нефть до 100–110 долларов за баррель беспочвенны. Возможно, цены на нефть будут очень долго колебаться в пределах 40–70 долларов за баррель. Так же не очевидно, что мировые цены на топливно-энергетические ресурсы резко возрастут в середине 2020-х годов, на повышательной волне VI цикла.

Повышательная волна всегда начинается с научно-технических новаций. Возможно, эти новации приведут к резкому снижению себестоимости сланцевой нефти, к началу массового производства электро и гибридных автомобилей, к значительно большему использованию альтернативных источников энергии (солнечной, ветровой, биотоплива и т. п.). Все это может означать, что эпоха дорогой нефти закончилась, а у России как топливно-энергетической сверхдержавы нет будущего. Выход из создавшейся ситуации вроде бы очевиден: диверсификация экономики, уход от нефтегазовой зависимости страны.

Однако все предыдущие, правда, довольно скромные попытки уйти от экономики трубы неизменно проваливались.

В связи с этим возникла версия, что «голландская болезнь» или «сырьевое проклятие» неизлечимо. В подтверждении этого приводятся аргументы, что якобы ни одна развивающаяся страна или страна с переходной экономикой не смогла избавиться от односторонней зависимости от экспорта сырья. Однако, на самом деле такие страны есть, хотя их очень немного. Наиболее интересный, на наш взгляд, пример с точки зрения использования опыта, это Чили.

В начале 1970-х гг., на момент прихода Пиночета к власти в этой стране был всего один экспортный товар-медь, который обеспечивал более 82 % доходов от экспорта. К концу 90-х годов при росте объемов экспорта меди доля этого сектора в совокупном экспорте снизилась до 37 %. При этом экономика Чили развивалась и диверсифицировалась не за счет высоких технологий, а за счет отраслей средних технологий, в том числе развития

агропромышленного комплекса. Сейчас Чили является крупнейшим поставщиком нетропических фруктов и ягод в северное полушарие. Чилийские вина, по качеству не уступающие французским, но значительно более дешевые завоевали рынки Европы и Северной Америки. Чили так же является одним из крупнейших экспортеров рыбной муки, морепродуктов, бумаги, целлюлозы и цветов. Для диверсификации экономики был создан фонд «Чили» – частно-государственная корпорация. Одним из наиболее успешно реализованных ей проектов – создание отрасли по выращиванию лососевых рыб. Сейчас Чили является вторым в мире, после Норвегии, производителем и экспортером лосося. Причем все это удалось сделать в стране в условиях военной диктатуры, гражданского противостояния, политических репрессий.

Однако, говоря об опыте Чили и его применимости в России следует иметь ввиду, что диктатор Пиночет умудрился создать экономику с самым низким уровнем коррупции в Латинской Америке.

В 2014 году по индексу коррупции Transparency International Чили заняла 22 место в мире (соседняя Аргентина 106). Россия же вместе с Нигерией по данному индексу занимает 136 место. Опыт последней страны для нас тоже поучителен, но в другом смысле. В 1970 г. ВВП на душу населения составлял 1113 долларов, а через 35 лет он стал даже ниже 1084 долларов. При этом страна заработала за эти 35 лет 350 млрд. долларов на экспорте нефти. Причина такого провала, по мнению экспертов, чудовищная коррупция, присвоение ресурсных доходов элитой и плохая защита прав собственности.

Список используемых источников

1. **Проблемы** экономической динамики / Н. Д. Кондратьев. – М. : Экономика, 1989. – 523 с.
2. **Длинные** волны в экономике: Когда общество меняет кожу / С. М. Меньшиков, Л. А. Клименко. – М. : ЛЕНАНД, 2014. – 288 с. – ISBN 978-5-9710-0728-9.

УДК 338.242.2

С. В. Пинковская

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПАНИИ

Телекоммуникационный рынок динамично развивается и для успешного развития на нем компании требуется не только грамотная разработка стратегии развития,

но и ее успешная реализация. Модель жизненного цикла организации представляет собой эффективный инструмент для решения этих задач. Она позволяет диагностировать проблемы компании, связанные с несоответствием ее системы управления уровню текущего и будущего развития компании.

система управления, жизненный цикл организации, стратегия развития компании, бизнес-процессы.

Проблемы стратегического развития организации и исследование факторов, влияющих на эффективность этого процесса, постоянно находятся в центре изучения экономической теории и практики.

Согласно теории менеджмента, все организации развиваются в соответствии с закономерностью последовательного перехода от одной стадии к другой. Стадия развития характеризует временной период жизни компании в «рамках однотипных ценностных установок, фиксирующие особенности управленческих задач» [1] с соответствующей организационной структурой, системой управления и стилем руководства. Переход от одной стадии к другой происходит путем разрешения кризисной ситуации, причиной которой выступает несоответствие системы управления достигнутому уровню развития производственных мощностей и производительности труда в компании.

Изучение природы и механизма перехода организации от одной бизнес-модели к другой может проводиться с помощью концепции жизненного цикла организации (ЖЦО). Постоянный интерес к данным вопросам обусловлен поиском эффективных инструментов, позволяющим компании успешно формировать свою стратегию развития, решать проблемы по ее реализации и своевременно реагировать на изменения внешней среды, а также внутренних условий функционирования.

Можно выделить следующие этапы развития концепции ЖЦО [2]:

1 этап (1951–1970 гг.) – развитие процессных моделей организационных изменений. На этом этапе появляются первые теоретические модели ЖЦО. Одна из них, предложенная в 1959 г. М. Хайре, была посвящена жизненному циклу правительственной организации. Она представляет развитие правительственных организаций как процесс, который начинается с установления обоснованности их существования, затем перехода к росту путем внедрения инноваций и повышения креативности, а впоследствии упрочнении достигнутых позиций путем формализации правил и процедур управления. Впоследствии эта модель легла в основу большинства моделей ЖЦ.

2 этап (1970–1990 гг.) – развитие содержательных моделей и появление первых классификаций типов организационных изменений. Активный интерес к концепции ЖЦО на протяжении этого этапа объясняется доминированием ситуационного подхода в теории управления. По сути, модель жизненного цикла организации представляла собой эволюционный подход к классификации организационных изменений, и с ее помощью можно было

рассматривать компанию как самоорганизующуюся систему, которая постоянно обновляется путем кумулятивного развития изменений. На этом этапе продолжают развиваться не только теоретические модели ЖЦО, но и появляются первые эмпирические модели.

Модель Л. Грейнера (опубликована в работе «Проблемы лидерства на стадиях Эволюции и Революции» (1972)) и модель И. Адизеса («Теория жизненных циклов организации» (1979)), разработанные в 70-е гг., и сейчас остаются популярными и изучаются в большинстве бизнес-школ мира.

В качестве основного исследовательского метода в этот период разработки теории используется кейс-метод. Модель Дж. Кимберли об этапах возникновения и развития медицинской школы стала одной из самых показательных с точки зрения применения кейс-метода в научных исследованиях, можно отметить Модель Д. Миллера и П. Фризена. Она была основана на результатах анализа данных за 20-летний период функционирования 36 корпораций.

3 этап (с 1990 г. – по настоящее время) – развитие универсальных моделей организационных изменений; создание специфических моделей ЖЦО для разных отраслей и для разных типов организаций. Среди наиболее заметных работ: исследование жизненного цикла агентства космических исследований NASA Х. МакКарди; специфика развития компаний высокотехнологичного бизнеса С. Хэнкса, К. Уотсона, И. Дженсена и Г. Чандлера. Основной фокус третьего этапа развития концепции ЖЦО – создание эмпирических моделей ЖЦО для разных типов организаций и поиск обобщенной методологии, которая позволила бы устранить многочисленные противоречия между разными моделями ЖЦО. В то же время третий этап привнес в концепцию ЖЦО акцент на процессную составляющую организационных изменений, что привело к необходимости более пристального изучения стадий ЖЦО и механизмов перехода с одной стадии на следующую.

Несмотря на большое количество методологических проблем использования моделей ЖЦО для конкретных фирм, они могут использоваться как инструмент для диагностики текущего состояния системы управления. Кривая жизненного цикла характеризует основную тенденцию изменений (исторического развития) организации. Эту закономерность необходимо учитывать при разработке стратегических и тактических планов развития организации, совершенствовании ее структуры и адаптации системы управления к новым условиям функционирования.

Наиболее универсальными являются модели ЖЦО Л. Грейнера и И. Адизеса. Наиболее успешно они могут применяться для телекоммуникационных компаний. По мнению Л. Грейнера [3], наиболее значимыми для построения модели организационного развития фирмы являются характеристики производственных мощностей и системы управления. Уровень развития производственных мощностей оценивается продуктами и их потребителями, а также технологией производства. Систему управления определяют

стратегия, процесс принятия решений, регламентация деятельности (выполнение решений) и преимущественные способы мотивации сотрудников.

Л. Грейнер последовательно выделяет пять этапов развития и кризиса на жизненном пути организации, называя их «стадиями роста». Каждый эволюционный период характеризуется доминирующим стилем управления, организационной структурой и набором управленческих решений, необходимых для поддержания роста. Каждый революционный период характеризуется доминирующей проблемой управления (кризис лидерства, автономии, контроля, границ и доверия), решение которой необходимо для дальнейшего развития. «Скорость, с которой организация проходит стадии развития, тесно связана с рыночной окружающей средой. В то время как эволюционные периоды имеют тенденцию быть относительно короткими в быстрорастущих отраслях промышленности, намного более длинные эволюционные периоды делятся в зрелых или медленно растущих отраслях» — отмечает Л. Грейнер.

Развивая идеи Грейнера, Ицхак Адизес предположил, что динамика организационного развития, подобно функционированию большинства биологических систем, носит циклический характер. Основными параметрами жизнедеятельности компании выступают гибкость, которая снижается по мере взросления, и контролируемость/управляемость, которая соответственно возрастает.

Согласно модели Адизеса [4], в процессе жизнедеятельности организации можно выделить десять закономерных последовательных этапов. В описаниях этапов отражаются не только управленческие технологии, но и элементы корпоративной культуры и организационного климата. Кроме того, на любой стадии развития у организации имеются проблемы. Они делятся на болезни роста (которые можно уподобить детским инфекционным болезням) и организационные патологии, с которыми, в отличие от болезней роста, самостоятельно организация справиться не может.

Таким образом, рассмотренные модели довольно детально описывают процессы, происходящие внутри организации. В результате можно выявить проблемы в управлении организацией, связанные с несоответствием ее системы управления с уровнем развития, а также использовать полученные данные анализа для разработки стратегии развития компании и механизма ее реализации.

Оценка механизма управления фирмой может быть проведена по следующим характеристикам:

- возраст (лет);
- размер (численность персонала);
- организационная структура и уровень ее сложности;
- уровень формализации управленческих процессов.

Возраст компании в системе с другими рассматриваемыми характеристиками, позволяет оценить ее опыт работы на рынке, а также профессионализм менеджмента. Кроме того, согласно моделям Грейнера и Адизеса, возраст компании позволяет первоначально определить, на каком этапе жизненного цикла она находится, для последующего уточнения и оценки ее внутреннего состояния.

Численность персонала в целом, а также аппарата управления, дают представление о номинальной степени управляемости и адекватности, принятой в компании организационной структуре. Оценка формальной организационной структуры на предмет ее сложности и масштабов, а также сравнение с фактически действующей структурой позволяют разработать необходимые корректирующие решения с точки зрения соответствия структуры и системы управления целям развития фирмы.

Формализация (количество документированных процедур) характеризует степень, в которой коммуникации и процедуры в организации отражены в письменном виде. С увеличением размера организации и усложнения ее связей как внутри, так и с внешней средой, скорость принятия решений и контроль за их реализацией в значительной степени зависят от бюрократизации процесса и применения информационных технологий. Формализация предполагает:

- 1) формализованное описание процедур, разработку правил, должностных инструкций, а также документов по работе с внешними агентами;
- 2) стандартизацию процедур, которые относятся к принятию решений и обработке информации.

Дополнительным показателем состояния внутренней среды организации являются организационный климат и лидерство [5]. Они существенно влияют на условия реализации управленческих решений и организационную эффективность, а также выступают как обязательные факторы процесса обновления компании.

Диагностика внутренней среды компании и оценка соответствия ее этапу жизненного цикла позволяют руководству сформулировать реальные стратегические цели развития и разработать план мероприятий по реализации стратегии.

В заключении хочется отметить, что для мелкого и среднего бизнеса характерно активное участие в управлении их владельцев, которые нередко являются и руководителями. По мнению Широковой Г. В. [5], стимулом масштабного развития таких компаний выступает *стремление к росту*, определяемое желаниями и устремлениями собственника. После стадии становления собственник может принять решение относительно дальнейшего роста фирмы. На данное решение могут влиять как внешние факторы, такие как наличие возможностей дальнейшего роста во внешней среде, так и внутренние способности фирмы, в том числе наличие ресурсов и компетентной управ-

ленческой команды. Если предприниматель-основатель принимает положительное решение относительно роста, то фирма переходит на следующую стадию ЖЦО. В противном случае, фирма остается маленькой, сохраняет относительно стабильный уровень дохода и, как правило, развивается в рамках семейного бизнеса.

Когда фирма достигает определенного размера и темпов роста, предприниматель может задуматься о дальнейшем росте фирмы вновь. Однако, в отличие от стадии становления, на которой рост может быть обеспечен за счет внутренних возможностей фирмы, на стадии роста для дальнейшего развития необходимы внешние источники финансирования. Поэтому предприниматель, решая дилемму роста, задается вопросом относительно формализации управленческих процессов, которая будет необходима в случае привлечения стратегического инвестора или выхода на IPO. При положительном ответе на данный вопрос, как правило, происходит передача управления наемному менеджеру, внедряется система регулярного менеджмента, бизнес-процессы формализуются. В итоге компания переходит на следующую стадию ЖЦО – стадию формализации. В противном случае, рост замедляется или останавливается совсем, при этом предприниматель сохраняет за собой полный контроль и не происходит распыления собственности.

Таким образом, модели ЖЦО могут использоваться для получения исходных данных разработки стратегии и подготовки плана ее реализации. Кроме того, крайне интересно рассмотрение жизненного цикла организации в качестве инструмента для решения задач развития системы управления в период перехода бизнеса из категории малого в средний и крупный.

Список используемых источников

1. **Некоторые** аспекты управления жизненным циклом организации, понимаемой как социальная система / О. В. Лавизина // Менеджмент в России и за рубежом – 2003. – № 5. – С. 47–60.
2. **Теория** организации: учеб. пособие / В. Б. Акулов, М. Н. Рудаков. – М. : Наука, 2003. – 371 с.
3. **Фактор** обновления: как сохраняют конкурентоспособность лучшие компании / Р. Уотерман: пер. с англ. – М. : Прогресс, 1988. – 362 с. – ISBN 5-553-05336-8.
4. **Теория** жизненных циклов организации И. Адизеса и российская действительность / С. Р. Филонович, Е. И. Кушелевич // Социологическое исследование. – 1996. – № 10. – С. 63–71.
5. **Фактор** обновления / Р. Уотерман: пер. с англ. – М. : Дело, 2003. – 307 с.
6. **Теории** жизненных циклов организаций: анализ основных моделей / Г. В. Широкова // Менеджмент в России и за рубежом. – 2006. – № 11. – С. 15–20.

УДК 159.99

С. И. Хитрин

ПРИВЕРЖЕННОСТЬ РАБОТНИКОВ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Проблема приверженности и взаимосвязи действий сотрудников с целями организации – ключевая в управлении человеческими ресурсами. Корпоративный имидж, система обслуживания клиентов, организационный климат и подвижность персонала, конкурентоспособность организации тесно связаны с лояльностью и идентификацией персонала с организацией.

организация, персонал, идентификация, приверженность.

Приверженность персонала организации называют «социальным капиталом», указывая тем самым на исключительную важность этой неуловимой, трудно формализуемой составляющей человеческих ресурсов организации.

В отечественной науке интерес к изучению приверженности персонала активизировался сравнительно недавно. В. И. Доминяк [1], учитывая многообразие мнений о лояльности персонала, методом контент-анализа исследовал это понятие. Учитывая эмоциональную, поведенческую и когнитивную составляющую этих ожиданий, он рассматривает лояльность как социально-психологическую установку, соответственно проявляющуюся.

Поведенческая лояльность у одних работников связана с длительностью работы в организации, у других – с ведущими мотивами их деятельности.

Приверженность определяется как сила идентификации индивида с организацией и его вовлеченность в деятельность организации, проявляющаяся в принятии организационных целей и ценностей, мотивации к достижению организационных целей и стремлении сохранять членство в данной организации.

Базируясь на результатах ведущих исследователей, а также собственных оригинальных разработок, Рольф ван Дик [2] раскрывает сущность преданности и идентификации сотрудников организации, показывает ее положительную и отрицательную роль – на уровне организации в целом, ее подразделений, отдельных сотрудников.

В настоящее время, приверженность персонала организации рассматривается, наряду с компетентностью, командной согласованностью и корпоративной эффективностью с точки зрения затрат, как показатель эффективности результатов управления человеческими ресурсами в организации [3].

Противоположностью, альтернативой приверженности является отчужденность сотрудников, противопоставление личных интересов и целей корпоративным.

Приверженность персонала является преимуществом организации не только потому, что сокращает издержки, связанные с текучестью кадров и абсентеизмом персонала, она обеспечивает инициативу и гибкость персонала в ситуациях неопределенности, большую самостоятельность в принятии решений, взаимозаменяемость сотрудников. Разделяя общие ценности, люди переживают солидарность, оказываются более высоко мотивированными. Все это делает компанию более маневренной и создает ощутимое преимущество для руководителя особенно в наше время, когда «неосязаемые» факторы управления людьми становятся ключевыми, а их знание и использование становится реальной силой.

Согласно модели организационной приверженности, предложенной Дж. Мэйером и Алленом [4], выделяется три ее компонента.

Аффективная приверженность – это эмоциональная привязанность работника, возникающая на основе групповой идентификации, то есть устойчивого отождествления себя с социальной общностью, принятия ее целей и системы ценностей.

Нормативная приверженность (обязательство) означает, что человека связывают с организацией морально-этические убеждения – ими управляет чувство долга, обязанность продолжать работу.

Третий компонент – приверженность, ориентированная на последствия и понимается как привязанность к организации на основании «затрат», к которым может привести уход из организации. Это осознание работником тех издержек, которые ему придется понести, если он примет решение оставить компанию. Эти личные расчеты человека не обязательно носят материальный характер. Человек может учитывать не только транспортные расходы, но и шлейф отрицательного общественного мнения, который потянется в результате его увольнения. Изменится ситуация на рынке труда, и он может оставить организацию.

Типология К. Харского, более системна и достаточно практична. В ее основу он положил два критерия: локус контроля личности и время (ориентация на прошлый опыт или взгляд в будущее). Локус контроля рассматривается в психологии как характеристика того, где человек усматривает (локализует) источник его активности во *внешних* факторах (все зависит от внешних факторов) или *внутри* личности (все зависит от собственной деятельности).

Объединив эти два критерия в виде осей координатной плоскости, К. Харский выделяет четыре типа лояльности [5]. Благодаря такому подходу, можно прогнозировать поведения работников и, что не менее важно, планомерно формировать организационную лояльность и приверженность своему предприятию.

Ключевыми интенциональными характеристиками профессиональной деятельности лояльного работника являются: а) готовность к работе с высокой отдачей; б) готовность к безусловному выполнению распоряжений руководителя; в) готовность к сохранению членства в организации. Когда подобная готовность становится характерной чертой такого работника можно говорить о проявлении приверженности организации. Приверженный – преданный, целиком отдающийся чему-нибудь или кому-нибудь.

Исследования, которые проводились нами периодически в течение ряда лет на промышленных предприятиях городов Омска и Санкт-Петербурга, предоставили эмпирические доказательства положительной связи между организационной приверженностью и удовлетворенностью от работы, мотивацией, участием в неформальной профессиональной деятельности.

Оценка приверженности проводилась на основе изучения взглядов сотрудников (тестирование, анкетирование, интервьюирование), анализа причин увольнений, а также по уровню текучести кадров и количеству прогулов. Особое значение приобретает изучение социально-психологического климата коллектива (организационного климата) как индикатора морально-этических норм трудовой деятельности, как показателя эмоциональной составляющей приверженности сотрудников своей организации.

Проведенные исследования показали, что у работников формируются различные, релевантные работе приверженности: к подразделению, профессии, команде, непосредственному руководителю, целям и организационному изменению, которые в большинстве случаев, связаны положительной корреляционной зависимостью с приверженностью индивида к организации.

Психологической основой аффективной приверженности является механизм идентификации. Потребность в идентичности с организацией, является защитной реакцией психики на нестабильность окружающей среды. Через механизм идентичности работники формируют некую символическую среду, выступающую в качестве своеобразного информационного фильтра, предопределяющего социальные ожидания и требования.

В последнее время замечено падение уровня лояльности у работников исследуемых предприятий. С одной стороны, это связано с отказом организаций от гарантий работникам в продолжительной занятости. С другой стороны, под влиянием политики «свободного предпринимательства», изменяется отношение к организации как таковой: в погони за более высокими заработками (порой ничем не гарантированными), люди покидают свои предприятия. Подобная тенденция наносит ущерб работе по формированию организационной приверженности, в первую очередь в среде молодых работников.

Приверженность не только регулирует межличностное и межгрупповое общение на основе традиций и общепринятых ценностей, но и способствует

удовлетворению органически присущей человеку потребности в определенной психологической устойчивости, рабочей стабильности. Следовательно, формирование приверженности отвечает не только интересам организации в постоянстве трудовых кадров, но и потребностям работников в стабильности.

Приверженные сотрудники:

- основа репутации фирмы в глазах клиентов и общественного мнения;
- тщательно охраняют коммерческие и иные секреты организации;
- используют все резервы и ресурсы для достижения максимальных результатов в работе. Они не только хорошие работники, но умелые наставники молодежи;
- более ответственные и остаются верны организации в кризисные для нее моменты из верности и чувства сопричастности. Что важно в современных российских условиях.

Руководители организаций должно быть заинтересованы в поддержании ключевых процессов, способствующих формированию приверженности. К ним относятся следующие средства.

1. Формирование миссии организации, которая позволяет индивидам ощущать себя создателями социально значимых явлений (событий, товаров, услуг).
2. Использование ценностной диагностики при отборе кандидатов на вакантные должности.
3. Периодическое проведение корпоративных мероприятий (включая программы курсов повышения квалификации) направленные на поддержание и утверждение внутриорганизационных ценностей. Создавать новые традиции и ритуалы.
4. Создание условий для обеспечения активной двусторонней коммуникации по горизонтали (между сотрудниками) и вертикали (подчиненные – руководители).
5. Расширение содержательной части трудовой деятельности. Развитие творческих начал персонала, поддержка процессов самоактуализации личности работников.

Список используемых источников

1. **Экспериментальное** определение понятия лояльность персонала [электронный ресурс] / В. И. Доминьяк // Официальный сайт Владислава Доминьяка, 2000. – Режим доступа: <http://dominiak.ru/lrc/lr2.html>. (Дата обращения 26.02.2015).
2. **Преданность** и идентификация с организацией / Рольф ван Дик. – Харьков : Гуманитарный центр, 2006. – 142 с. – ISBN 966-8324-22-6, 3-8017-1713-5.
3. **Управление** человеческими ресурсами: учебн. Пособие для вузов / Х. Т. Грэхем, Р. Беннет; пер. с англ. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 598 с. – ISBN 5-238-00518-0, 0-273-63401-1.

4. **Commitment** in the workplace : theory, research, and applications/ J. P. Meyer, N. J. Allen. – Thousand Oaks. – CA : Sage, 1997. – 150 p.

5. **Благонадежность** и лояльность персонала / К. В. Харский. – СПб. : Питер, 2003. – 496 с. – ISBN 5-94723-506-4.

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом технических наук, доцентом В. И. Котовым.

УДК 330.34

Н. С. Шувал-Сергеева

ВНЕДРЕНИЕ ПО САТИА КАК ВТОРИЧНАЯ ПРОЦЕССНАЯ ИННОВАЦИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Построена экономико-математическая модель ценового механизма рынка инноваций, где в качестве инновационного продукта выступает внедрение узкоспециализированного программного обеспечения на предприятии.

классификация инноваций, экономико-математические модели ценообразования, внедрение вторичных процессных инноваций.

Инновация (нововведение) – конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности [1].

Существует множество классификаций инноваций по различным признакам. По типу новизны инновации делятся на новые для отрасли в мире, в стране или же новые для конкретного предприятия (группы предприятий) [2].

Классификация инноваций по степени рыночной новизны предполагает деление всех нововведений на первичные, являющиеся принципиально новыми для рынка (первой волны – основаны на первичном использовании новой идеи, второй волны – предполагают глубокие качественные изменения в товарах, услугах, технологиях, уже существующих на рынке) и вторичные, представляющие новизну только для предприятий, их иницирующих. Это может быть диверсификация деятельности (расширение номенклатуры товаров и услуг), использование новых для компании, но уже применяемых в практике, управленческих подходов или технологических идей.

Еще одна классификация инноваций:

1. Продуктовые – инновации, охватывающие внедрение новых или усовершенствованных продуктов и материалов.
2. Процессные – инновации, подразумевающие освоение новой или значительно усовершенствованной организации производства.
3. Рыночные – инновации, охватывающие новые сферы применения продукта, методы и средства продвижения товара на рынке.
4. Организационно-управленческие – инновации, направленные на повышение эффективности при реализации самого процесса от разработки до внедрения инновации.

Далее внедрение ПО САТИА будет рассмотрено как вторичная процессная инновация на производственном предприятии.

Компания ООО «НТЛ Упаковка» предлагает комплексные решения по изготовлению высококачественных упаковочных материалов. Основное направление деятельности – производство высокотехнологичной полимерной продукции: пленок, пакетов, этикетки и упаковки для производителей продуктов питания и товаров народного потребления России, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья.

Инновационный проект, запланированный к внедрению, – процессная инновация для запуска производственной линии по выпуску штампованных пластиковых изделий.

Производственный процесс компании условно делится на два этапа: проектирование и изготовление пресс-форм для литья изделий из пластмасс и серийное изготовление изделий на изготовленных штампах и пресс-формах.

Система САТИА от компании Dassault Systemes является оптимальным программным продуктом для технологической подготовки производства и управления процессом производства. Она позволяет быстро адаптировать производство под выпуск нового продукта. Её преимущества заключаются в ее модульности (помимо набора стандартных модулей, входящих в состав базовой конфигурации, для производства штампованных изделий потребуются модули САТИА Mold Tooling Design MTD и САТИА Core and Cavity Design CCV), возможности дополнять установленное ПО любым количеством специализированных модулей, распространенности продукта – наличии специалистов на рынке труда. Еще одним преимуществом САТИА является отличная визуализация моделей изделий: трехмерное моделирование изделий позволяет легко и в удобной форме готовить вспомогательную информацию, необходимую для процесса совместной разработки и производства изделия.

Для определения предприятием цены, по которой оно сможет приобрести интересующую его инновацию, построена математическая модель ценового механизма рынка инновационного продукта [3], которым в случае подготовки к запуску производственной линии штампованных пластиковых

изделий на базе предприятия ООО «НТЛ Упаковка» явилось внедренное в производство ПО САТИА в заданной конфигурации.

Исследована модель ценового механизма рынка инноваций, где в качестве инновационного продукта выступает внедрение узкоспециализированного программного обеспечения на предприятии. Специфика ПО как товара объясняет использование определенных форм кривых. Анализ статистических данных подтверждает наличие выявленных закономерностей. Уровень себестоимости не зависит от количества участников на рынке и является единым для всех внедренческих компаний, поскольку складывается из стоимости лицензии на одно рабочее место и стоимости внедрения программного продукта на предприятии. Рассмотрен частный случай модели ценового механизма рынка инноваций. На положение и форму указанных кривых влияет множество факторов. Не для всех инновационных продуктов уровень себестоимости не зависит от количества участников на рынке и является единым для всех.

Рассматривая динамический принцип движения точки-товара, А. И. Левин отмечал, что, исходя из простейших линейных зависимостей законов спроса и предложения, любое движение в экономическом пространстве должно осуществляться по криволинейной траектории, указывал на целесообразность одновременного учета факторов макроэкономики и микроэкономики в моделях, ориентированных на поиск приемлемой цены товара [4]. Множественность факторов, влияющих на особенности взаимосвязей между покупателями и продавцами в условиях конкурентной борьбы, указывает на возможность построения пространственной модели. Применительно к модели рынка инноваций можно отметить, что количество участников на рынке продавцов/покупателей инновационного товара является фактором макроэкономики, а цена на инновационный товар – фактором микроэкономики, поскольку зависит от конкретного предприятия. Таким образом, в модели учитываются как внутренние, так и внешние факторы экономической среды. Для построения кривых, отражающих зависимости цены спроса/предложения на инновационный товар от уровня конкуренции на рынке, обратимся к аппарату эконометрики. Эконометрика учитывает качественные и количественные экономические взаимосвязи, используя математические и статистические методы и модели. Особенности рынка инновационного продукта – внедрения ПО, необходимость учета информации, полученной по результатам исследований, обуславливают использование аппроксимации для построения искомых кривых – параболы или гиперболы в зависимости от имеющихся данных.

Для описания кривой, отражающей зависимость цены предложения инновации от уровня конкуренции, представляется возможным использовать уравнение гиперболы. Общий вид функции:

$$z = a_0 + \frac{1}{a_1 y + a_2}.$$

Кривую, отражающую зависимость цены спроса на инновационный товар от уровня конкуренции, предлагаем построить при помощи уравнения параболы. Общий вид функции:

$$z = a_0 + a_1 x^{a_2}.$$

Указанные способы описания выше обозначенных зависимостей не являются единственно возможными. Вид зависимости определяется спецификой инновационного продукта. Возможно, в некоторых случаях уместно будет использовать только обратные, в некоторых – только прямые зависимости, не стоит отрицать и возможность существования линейных зависимостей.

Поскольку мы исходим из предположения о существовании рынка инновационного продукта, на котором предприятие может найти интересующую его инновацию, а инновационный предприниматель может найти покупателя на свой товар, точка пересечения кривых должна существовать. Она представляет собой точку поверхности, заключенной между кривыми и плоскостью себестоимости, с наибольшей координатой по оси цены инновационного продукта.

Разработанная математическая модель ценового механизма рынка инновационного продукта – внедрения ПО (1):

$$\begin{cases} z = a_0 + a_1 x^{a_2} + \frac{1}{a_3 y + a_4}, x \in [2; +\infty), y \in [2; +\infty) \\ z \geq c \end{cases}, \quad (1)$$

где Z – цена инновационного продукта; X – количество покупателей инновационного товара; Y – количество продавцов инновационного товара.

На основании имеющейся информации о рынках покупателей и продавцов и собранных статистических данных построена графическая зависимость величин на рынке покупателей инновационного продукта с помощью программы Matlab (рис. 1). Функциональные зависимости получены в пакете Statistica путем интерполирования исходных данных и аппроксимации.

```
[X, Y] = meshgrid(2:0.1:5, 2:0.1:10);
>> Z = 548 - (20 * (X).^ (0.5)) + (0.01 * Y + 0.03).^ (-1);
>> surf(X, Y, Z)
```

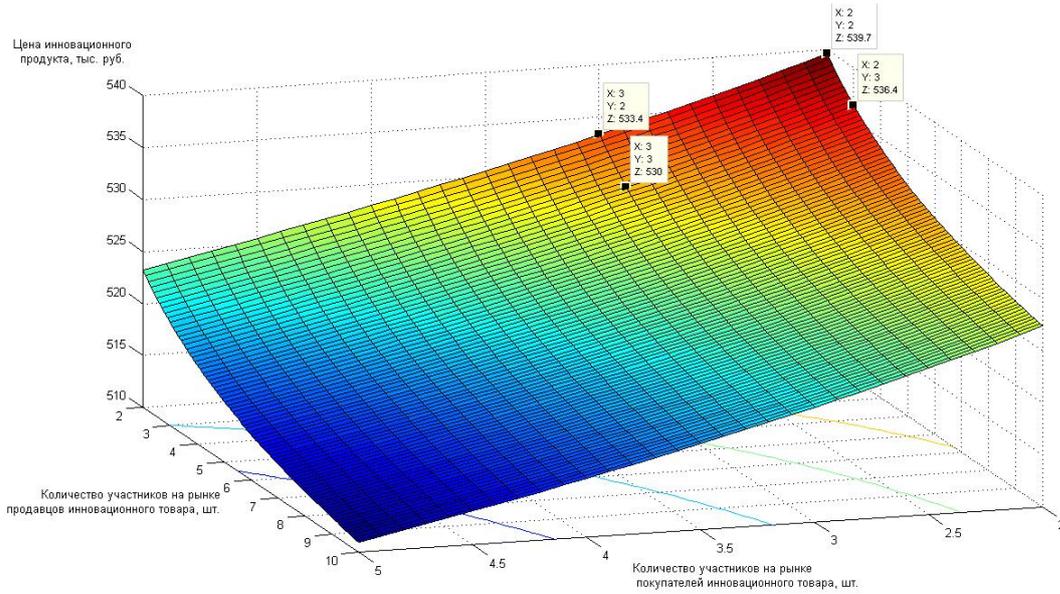


Рис. 1. Ценовой механизм рынка инновационного продукта

Ценовой механизм рынка инновационного продукта

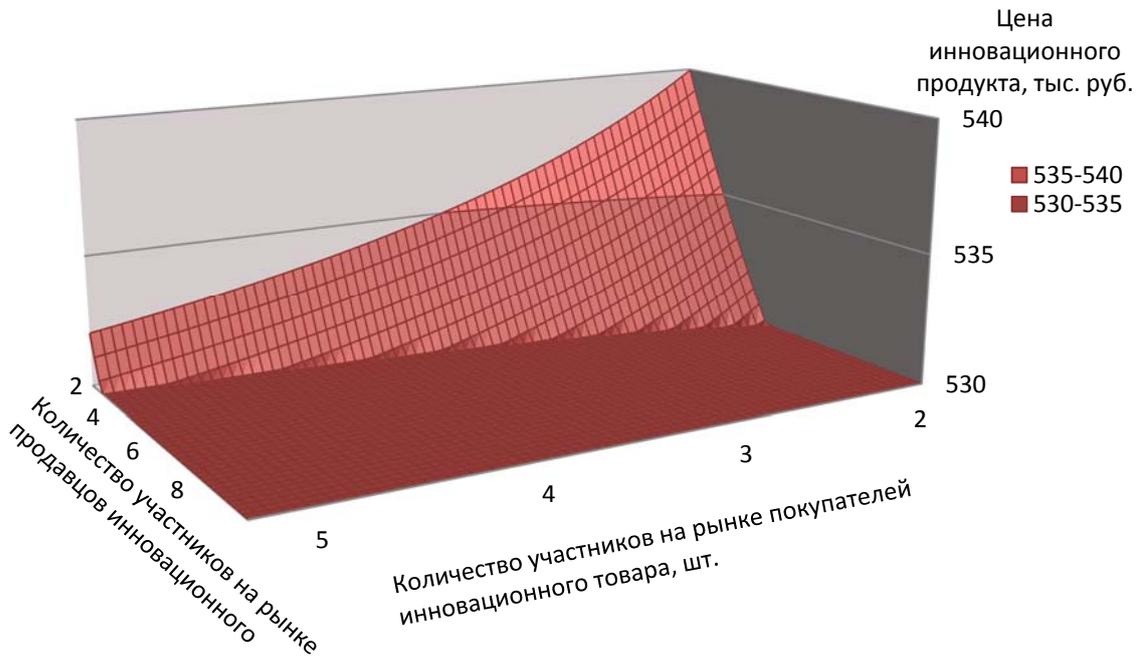


Рис. 2. Ценовой механизм рынка инновационного продукта с ограничением по себестоимости

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что ориентировочная цена на инновационный продукт – внедряемое ПО – составит 533,4 тыс. руб. (при условии того, что три внедренческие организации предложат свои услуги, и что данные услуги одновременно понадобятся двум компаниям –

данная ситуация наиболее вероятна). Колебаться цена на внедрение САТІА будет в диапазоне от 530 до 553 тыс. руб. (рис. 2).

Данная модель ценового механизма рынка инновационного продукта позволяет предприятию оценить диапазон цены на интересующую его инновацию (внедрение ПО) в случае ее приобретения или же целесообразность обойтись собственным аналогом. Модель может быть полезна и инновационным предпринимателям. С помощью нее они могут понять, какую из инновационных разработок имеет смысл приобретать, имея в дальнейшем высокие шансы продать ее с приемлемой рентабельностью. Наконец, построение модели рынка инновационного продукта по ряду отраслей может заинтересовать государственные институты управления, ответственные за стратегическое инновационное развитие страны.

Список используемых источников

1. **Инновации**, инвестиционная политика и управление качеством услуг компании мобильной связи: монография / В. В. Макаров, А. В. Горбатько; под ред. В. В. Макарова; СПбГУТ. – СПб., 2014. – 288 с. – ISBN 978-5-89160-091-1.
2. **Инновационное** развитие инфокоммуникационной компании / В. В. Макаров, П. Л. Туфрин // Экономическое возрождение России. – 2011. – № 3. – С. 83–91.
3. **Моделирование:** рынок инновационного продукта / Н. С. Шувал-Сергеева // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2012. – № 3. – С. 136–140.
4. **Экономическая** динамика: пространственно-временное моделирование / А. И. Левин. – Калининград : КГТУ, 2000. – 520 с.

Статья представлена научным руководителем, доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.

ANNOTATIONS

PLENARY MEETING

Interaction of Saint Petersburg State University of Technology and Design and Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" in the implementation of a network educational program / S. Bachevsky, V. Kutuzov, N. Lysenko, A. Stepanov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 6–10.

The article describes the basic principles of interaction between the two universities in terms of joint implementation of the network educational program in 2014. The regulations for the educational program, with its types described, are represented below.

Key words: network educational program, interaction.

The Second Revolution in Cryptography: Myth or Reality? / V. Korzhik, V. Yakovlev, S. Tikhonov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 10–17.

Cryptosystem for wireless communications recently proposed by two scientists from Stanford University (USA) is considered. This system could be seen as «the second revolution in cryptography» because a confidentiality for the transmitted messages is provided only by some difference in locations of legal and illegal users and it does not require any secret key distribution at all. However our investigation shows that there is an opportunity to decrypt message by eavesdropper with the use at special suboptimal algorithm. Therefore some additional conditions showed in order to provide the desired security.

Key words: wireless channel with fading, MIMO massive, hard problem on the lattice.

Flying Ubiquitous Sensor Networks – a New Application of Internet of Things / A. Koucheryavy, A. Vladyko, R. Kirichek // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 17–22.

The article discusses a new application of the Internet of Things - flying ubiquitous sensor networks. The use of this type of networks is acute for solution of new problems in data collection from remote inaccessible sensor nodes. There was the analysis of the technological solutions that characterize flying ubiquitous sensor networks, and a classification of unmanned aerial vehicles was presented.

Key words: Flying ubiquitous sensor networks, ubiquitous sensor networks, Internet of Things, UAV, multicopter.

RADIO TECHNOLOGY COMMUNICATION

The Synthesis of the Uhf Volume Comb Elliptic Filter / F. S. A. Aogari // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 23–27.

The article deals with the question of comb filter transformation. The design of new type comb line elliptic filter, which has the advantage in case of narrow band and small losses in the UHF band, is given. The linear capacity matrices transformation, which leads to simplification of the calculation procedure, allows getting comfortable for implementation of the geometric dimensions of the structure, is used during the study researches. The researches are conducted due to increased requirements for the filter both in terms of significant improvement in the electrical characteristics and compact structure.

Key words: Comb filter, lumped capacity, shorted line, band pass filter, prototype, lattice of coupled resonators, elliptic attenuation, capacity matrices transformation, engineering technique.

An analysis of operational problems in HetNet LTE / H. Al-Ameri, A. Nikitina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 28–32.

Modern radio access networks have a heterogeneous structure that includes segments of various capacities, which function in different frequency bands and use different radio access technologies. The use of low-power base stations allows one to improve the coverage indoors. However, the support of required quality of service in such networks is a multiparameter challenge. This article describes the interaction problems between segments of HetNet LTE.

Key words: LTE, HetNet, femtocell, interference, handover, load balancing.

LTE Planning / V. Babkov, V. Starikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 33–37.

This article describes methods of LTE RF Planning including structure of clusters. We have described evaluation methods of speed and capacitive parameters LTE networks.

Key words: LTE RF Planning, cluster 4G, LTE Radio Link Budget.

Microwave Dual-Band Bandstop Filters / V. Basov, V. Ustimenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 37–42.

Modern communication systems can't work without multifunctional-transceivers, the requirements for dimensions which have been steadily tightened. In this regard, there is a necessity of constructing multi-band filters and duplexers to significantly reduce the size of the antenna-feeder system.

Key words: microwave filters, dual-band filters, duplexers.

Methods of Quality Assessment of Stereoscopic and Multi-View Images / N. Belyaeva, O. Svinyina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 42–47.

The paper addresses problems of subjective and objective quality assessment of stereoscopic images. Methods of estimation of photometric and structural differences of 2D images and its efficiency on 3D images are discussed.

Key words: quality estimation, structural similarities, stereoscopic images, 3D quality.

Way of Automatically Carrier Frequency Search, Demodulate, Decode of Unknown Modulated Signal / B. Valeev, R. Sagdeev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 47–49.

Usage of frequency enlarge of spectral analyze by increasing number of ADC with different clock frequency. That give us possibility to use low frequency to analyze high frequency signal with low variance. And after that will be easy determinate carrier frequency and make superheterogine scheme of demodulating signal with software defined radio.

Key words: SDR spectral analyze, automatically demodulating process.

Radio Communication System SDR Model Based Design / D. Volgushev, A. Kireev, G. Fokin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 50–53.

We present our experience about DBPSK transceiver model based design in GNURadio software with Ettus B210 hardware. In addition, we propose technique for laboratory performance evaluation by means of Agilent hardware (channel emulator PXB N5106A) and software (SystemVue, VSA89600) tools. Measurement trials revealed certain radio reception with bit error rate and constellation diagram through emulation of radio propagation in 433 MHz frequency band.

Key words: Model based design, software defined radio, measurement trials, SDR, Ettus B210, PXB N5106A, GNU Radio, DBPSK.

Perspective Technological Materials for High-Voltage High-Frequency Equipment / M. Volokobinskiy // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 54–57.

Methods of creating and properties of perspective technological conductive and insulating composite materials and nanomaterials for high-voltage high-frequency equipment are outlined.

Key words: conductive, insulating, composite materials and nanomaterials for high-voltage high-frequency equipment.

Development of High-Voltage Insulation Systems / Y. Volokobinskiy, N. Deshina, A. Sotenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 57–63.

Improvement of radio and electro technical equipment requires development of new polymer-based insulating materials. Manufacturing methods of insulating materials for high-voltage radiotechnical and electrotechnical systems are reviewed. Information about composite polymer based materials is given. The effect of fillers, in particular graphite, technical carbon and metals on electrical and mechanical properties of composite materials is reviewed.

Key words: insulating composite materials, fillers.

Architecture Radiotransmitter Systems in Automated Ship-Borne Communication / O. Vorob'ev, K. Zaharchuk, A. Kachnov, V. Lyamina, A. Rybakov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 63–67.

The possible variants of the modern naval radio transmission systems. The ways of improving the performance of individual nodes.

Key words: Radio transmitter, antenna-feeder device, radio system, transmitting module.

Wireless Communication Module in Automated Ship-Borne / O. Vorob'ev, K. Zaharchuk, A. Kachnov, A. Rybakov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. SUT, 2015. – PP. 67–71.

The solution of the problem of creating a comprehensive block wireless communication with ship's control system. A variant implementation of the block. The results of laboratory testing of technical solutions.

Key words: WiFi-module, sensors monitor the situation, radio transmission system.

Increasing the Accuracy of the Measurement of Thick Nonmetallic Films Thicknesses / I. Gonchar, A. Ivanov, A. Fedortsov, V. Yurova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. SUT, 2015. – PP. 71–75.

A new method of the data processing aimed to determine the film thickness from the angle dependence of the laser beam reflection coefficient by the film is offered. The offered procedure and the experimental technique realizing it permits to decrease the thickness determination uncertainty to 150 nm while measuring the film thickness in the range from 10 μm to 1000 μm .

Keywords: film thickness, determination uncertainty, data processing, experimental technique.

Semi-Analytical Method for the BER Evaluation, Considering Multiplexed Signal Properties in CDMA Systems / V. Gurevich, S. Egorov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Info telecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 75–80.

Examines the baseband signal distortion in a radio subscriber access and direct spread CDMA (DS-CDMA), caused by the nonlinearity of the amplitude characteristics of the multiplexed signal when exposed to additive Gaussian noise.

Key words: radio subscriber access, the baseband signal, the video, radio path, the probability of error, power amplifier, CDMA, Walsh codes, non-Gaussian channel, computer simulation

The Effect of Doppler Shift on the Performance of OFDM-Demodulator/ V. Gurevich, E. Pushkina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 80–84.

In this essay, we describe an expression for signal to noise ratio in the flat fast fading channel, which is a function of rate of movement. There have been obtained expressions for probability density function and numerical characteristics of impairment signal to noise ratio for uniform and normal distribution of rate. The results can be used to improvement noise immunity of mobile system with OFDM.

Key words: OFDM, signal-to-noise ratio, Clarke's model, fast fading, distribution laws.

Research Influence of Dispersed Ferromagnets Radiophysical Parameters Absorbing Composites / N. Deshina, T. Kovaleva, T. Matyukhina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 85–88.

In connection with the development of electronic equipment, and satellite communications development of new radar-absorbing composite materials for solving the problem of reducing electromagnetic radiation, reduce interference and electromagnetic compatibility of devices becomes very important soft.

Key words: Magnetic metals, magnetic permeability, ferrite, polymer matrix.

Analysis, Modeling and Design of MICROWAVE FILTERS Using HFSS / N. Deshina, A. Kubalova, T. Rigikova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 88–92.

Challenges in designing a modern radio systems required for its decision to use newer methods of analysis and synthesis as the system as a whole and its individual components. The program accurately model 3-d structures is a new, actively implemented the approach becomes the main instrument design, greatly increasing the speed of development of new microwave devices. One such programme is the programme of Ansoft HFSS (High Frequency Structure Simulator).

Key words: design, modeling, analysis, MICROWAVE devices, the program.

Approximation of Characteristics in the Synthesis Filters Zolotarev-Cauer / N. Deshina, A. Kubalova, T. Rigikova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 92–95.

Any physically realizable electrical circuit has a transfer function. Therefore, the first step in designing filters is the solution to the problem of approximation. The challenge is to find a sustainable and physically realizable transfer function that will best close to the given ideal characteristics of the filter. Elliptical filters, which are sometimes called filters Zolotarev-Cauer have fluctuations in bandwidth and passband.

Key words: Approximation, filters, characteristic of the chain.

Analysis of methods to determine the location in Wi-Fi networks/ P. Dmitriev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 95–98.

In this paper, was conduct analysis of methods and algorithms to determine the location subscribers in Wi-Fi networks. Criterion of analysis is estimated location accuracy requirements and the lack of prospective changes in the hardware components of the subscriber and network equipment.

Key words: Wi-Fi networks, indoor localization, WLAN, 802.11.

Digital Signal Processing Algorithms Implementation on Basis of Continuous Wavelet Transform Using MATLAB / D. Zhuravov, A. Stepanov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 99–103.

This article is dedicated to description of created C-code generation technology using MATLAB for continuous wavelet transform computation algorithms implementation on the digital signal processor. This way allows waste of time reducing for C-code getting.

Key words: continuous wavelet transform, digital signal processor, MATLAB, Simulink, wavelet spectrogram.

Simulation Study of Structures and Composites with Electrophysical Properties of Selective Properties / A. Ivanov, T. Kovaleva, T. Rigikova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 104–108.

The paper discusses the basic possibilities of composite materials with selective properties to ensure the transmission and absorption of electromagnetic waves in certain parts of the microwave frequency bands. The results of electrophysical studies of the structure, which provides selectivity properties

Key words: dielectric constant polymer matrix, the filler.

Soundscape Analysis Based on Wavelet Transform / A. Ivanova, G. Rogozinsky // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 109–113.

Soundscapes is the novel field of research in acoustic ecology and sound design. Automated soundscape analysis could simplify the process of its research and establish the new class of augmented reality systems.

Key words: Soundscapes, acoustic ecology, wavelet analysis.

Investigation Radiation Resistance Element Base Microwave Devices / E. Kalinin, E. Milyutin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 114–117.

This paper considers effects of ionizing radiation on the characteristics of microwave components. Using a new method researches the effects of ionizing radiation on the microwave components. Radiation effects on microwave amplifiers are analyzed. The importance of choosing the mode of microwave components while radiation testing is shown.

Key words: microwave components, ionizing radiation, experimental research.

Simulation Method Multifactor Radioabsorbing Material Based Factor Model / D. Kapralov, D. Kirik, T. Kovaleva, L. Nachkebia // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 118–122.

The paper presents some results of the simulation of radar absorbing materials, that reduce the number of required studies, as well as enabling use in the construction of a multivariate model univariate accumulated experimental material.

Key words: composite, impedance, electromagnetic parameters.

Positioning of Radio-Frequency Source in LTE Networks by Uniform Circular Array / A. Kireev, G. Fokin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 122–126.

LTE networks become increasingly popular due to the fact that offer high-speed data transmission. Positioning of objects in LTE networks is one of the tasks of monitoring radio frequency resource.

Key words: array, positioning, pelengation, mathematical model.

Study Electrodynamic Properties Multifunctional Radar Absorbing Composites and Evaluating Their Effectiveness / D. Kirik, T. Kovaleva, S. Sotenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 126–130.

The paper discusses the fundamental possibility of creating a multi-purpose radar, absorbing composites materials, study their electrodynamic properties and performance evaluation of their use, to reduce electromagnetic radiation and increase noise immunity of data transmission systems

Key words: Ferromagnetic material, ferrites, the polymer matrix, glass.

Mathematical Model of Technical Control Systems Drying Process of Wood in the Field Microwave / D. Kirik, V. Shulgin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 131–133.

The establishment of the energy functional dependence of the resonator Stoves for the mathematical model of heat and mass transfer process control gives a perfect view of the process of drying wood according to a mathematical model based on differential equations of divergence amounts of heat transfer and mass transfer. Such representation helps to create complex technical measuring and control system, which enables the measurement of lumber drying process control in a microwave resonator chamber Stoves, implement continuous determination of moisture and temperature gradients in the wood, make regulation applied to the material of the microwave power in the energy functional dependence of the resonator in Stoves According to the balance of power energy source electrostatics control the drying process.

Key words: Microwave drying of wood, cavity Q-factor of the resonance chamber, the dielectric loss tangent, the energy of the electromagnetic field, divergence, gradients of temperature and humidity, the source of external forces, summing power/

Determine the Distribution Function of the Signal Envelope in an Inhomogeneous Satellite Links with the Sea of Moving Objects / D. Lapshov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 134–136.

This paper describes the application of the method of summarizing the problems of statistical communication theory and electrodynamics. On the basis of obtained distribution function of the signal envelope.

Key words: correlation matrix, the envelope of the signal distribution function.

Analysis of Coexistence Mechanisms of Wireless Technologies in Unlicensed Band 2.4 GHz / T. Le, O. Simonina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 137–141.

Today users mobility is becoming higher and higher. The demand for wireless portable devices with wireless connectivity as Wi-Fi, Bluetooth continues to grow. It can be said that the short-range wireless technology is earning more and more popularity day by day because of its low cost. There are 3 major standards in this area: IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.1 (Bluetooth) and IEEE 802.15.4 (Zigbee). They work together in the unlicensed band (ISM band) 2.4 GHz, it causes a serious problem - interference. From this, the content of the article focuses on the problems of co-existence and mechanisms for co-existence of wireless technologies in the unlicensed band 2.4 GHz.

Key words: unlicensed band, ISM, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, interference.

About the Possibility of Reducing Cellular Antennas Spacing on the Same Support / A. Likontsev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 141–143.

The installation on antenna masts base stations of mobile communication barriers in the form of sphere, which allows significantly to reduce the vertical spacing between antennas has been proposed.

Key words: Antennas of mobile communication, spacing between antennas, induced resistance, antenna mast base stations of mobile communication.

Microwave Elliptic Filters with Realization on Planar Stepped Resonators / A. Maksimov, S. Tomashevich // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 143–148.

A new type of planar microwave stepped elliptic bandpass filter without grounded resonators with realization on striplines is developed. A method of design of the filter, which employs electromagnetic field simulator at different stages of design, is proposed.

Key words: elliptic filter, microwave filter, stripline, bandpass filter, multi-wire line, electromagnetic field simulation.

Construction Wide-Band Synthesizing Generator with Noise Spurious Reduction Level / Y. Nikitin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual

Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 149–155.

Possible ways of noise reduction in near-field zone of output signal frequency of impulse multiplying PLL are considered.

Key words: Frequencies synthesizer, impulse phase locked loop (PLL), finite state machine, the counter of impulses, Vernier feedback path.

Development of Digital AGC for Broadband HF Receiver / A. Prasolov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 155–160.

With the increasing of radio receiver bandwidth, it becomes relevant to increase its dynamic range. One of the methods of doing this is to use the elements of adaptation to changing electromagnetic environment. The example of such an element is digital automatic gain control (AGC).

Key words: Digital AGC, dynamic range, digital receiver.

Study of the Spectrum of the Microwave Field in the Cavity Resonators with a Vibrating Wall / S. Romanov, V. Romanova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 160–164.

Presented a model electrodynamic problem of parametric oscillation build, which has important practical applications in microwave electronics. Analyzed the solution of the homogeneous wave equation of electromagnetic waves in a cavity resonator with an oscillating mirror. The technique is based on the method of D'Alembert, in which real initial conditions for the field vectors are represented as a superposition of Dirac functions and spectral analysis is performed for the spatial distribution of the field in the resonator through each period of oscillation of the mirror.

Key words: cavity resonator, electromagnetic field.

Jammer Signal Selection in Mobile Telecommunication Systems / E. Sungatullin, V. Us-timenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 164–170.

Jammers are used to block telecommunication systems nowadays with spreading growth. The article describes different jammer signal-forming schemes in whole standard frequency band using voltage controlled oscillators (VCO) which make it impossible to use such commercial 3G mobile telecommunications as UMTS2100. Experimentally shown that jammer signal with white Gaussian noise modulated frequency is better than one without that kind of modulation.

Key words: jammer, mobile systems, telecommunications, UMTS, VCO, experiment, white Gaussian noise.

LTE Mobile Station Positioning Accuracy Evaluation using Time Difference of Arrival / G. Fokin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 170–173.

In this paper we evaluate positioning accuracy of mobile stations solving a least-squares estimation problem with Gauss-Newton method and Levenverg-Marquardt algorithm in LTE wireless networks based on time difference of arrival by means of simulation

Key words: LTE, OTDOA, PRS, UE, eNB, Gauss-Newton method, Levenverg-Marquardt algorithm.

INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS AND SYSTEMS

Investigation of the Interaction Fragment Wireless Sensor Network with the Network of Public Communication Based on LTE Gateway / Albahri Mahmood, R. Kirichek // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 174–178.

Interaction of wireless sensor networks with the network of public communication is very important in connection with a strong input into our lives smartphones, tablets and netbooks to full use require constant access to the Internet, including those on the move. The article deals with an overview of existing methods of technologies and standards of wireless sensor networks, as well as the description of the experiment, which was done in the laboratory of the Internet of Things SPbSUT.

Key words: Internet of Things, WSN, LTE, gateway.

LTE Inter-cell Interference Mitigation Technologies Development / H. Al-Osaimi, E. Volodin, A. Ryzhkov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 178–182.

Inter-cell Interference Mitigation is of great importance for LTE networks spectral efficiency improvement. The ICIC basic aspects are considered, regarding heterogeneous LTE structures and carrier aggregation. Joint transmission in CoMP technology is also under discussion.

Key words: LTE network, Interference Coordination, CoMP, spectral efficiency.

Enabling Secure Direct Operation in Wireless Networks with Unreliable Cellular Connectivity Related to the Internet of Things Technology / S. Andreev, S. Bezzateev, K. Zhidanov, Y. Koucheryavy, A. Ometov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 183–186.

Network-assisted WiFi-Direct is a new technology enabling direct connectivity between proximate sensor devices under the control of cellular infrastructure. It brings together the centralized and distributed network architectures and requires respective enablers for secure communication especially when cellular control link is not available at all times.

Key words: Internet of Things, wireless sensor networks, 5G networks, assisted WiFi-Direct, security and privacy.

Information Security Peculiarities for Direct Operation in Wireless Networks with Unreliable Cellular Connectivity Related to the Internet of Things Technology / S. Andreev,

S. Bezzateev, K. Zhidanov, Y. Koucheryavy, A. Ometov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 186–190.

This paper extends the previous work “Enabling Secure Direct Operation in Sensor Networks with Unreliable Cellular Connectivity“. A novel algorithm to maintain security functions of proximate devices in case of unreliable cellular connectivity, whenever a new device joins the secure group of users or an existing device leaves it, is proposed in details.

Key words: Internet of Things, wireless sensor networks, 5G networks, assisted WiFi-Direct, security and privacy.

Information Security Issues in Terms of Psychology and Victimology / V. Andrianov, L. Vitkova, V. Volkogonov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 190–193.

Annually in the world increases the number of computer crimes and increases the total cost of damage caused by users of computer systems. The solution to this problem requires a fundamental paradigm shift protection. The authors consider the problem of becoming victims of computer crime from the perspective of victimology and psychology.

Key words: computer system, computer crimes, victimology, clip thinking, computer virus, Phishing, Antivirus software.

Expert Systems in the Field of Information Security / V. Andrianov, G. Romanov, S. Shterenberg // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 193–197.

A review of the existing expert systems, proposed a structure for the operation of such systems. And also discusses the approach to develop a system based on such a structure. The system under consideration is developing principles that are running anti-virus software, to distinguish it from the past is that the necessary actions to address threats assumes the self-modifying code and operates with minimal operator involvement. Disclosed an approach to the development of such a system management program.

Key words: expert systems, information security, knowledge, adaptive systems, self-modifying code.

Mechanisms to Ensure Resiliency of a Packet-Oriented Communication Networks / A. Anufrenko, A. Volkov, A. Kanaev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 198–202.

The redundant structure of communication networks requires proper software configuration to optimize the time of convergence of these communication networks which increases their fault tolerance. The analysis of a number of protocols influencing the convergence of the communication network on the aggregation and transport levels.

Key words: aggregation level, transport level, fault tolerance, the convergence.

The Principle of Node Aggregation Multiservice Communication Network / A. Anufrenko, A. Volkov, A. Kanaev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 203–206.

The problem of selecting of the necessary protocols for the optimal functioning QoS of the communication network is true. The analysis of a number of protocols influencing the accessibility, the efficiency, the reliability of the traffic delivery on the aggregation level of the communication network.

Key words: aggregation level, transport level, the availability, the reliability, the efficiency.

Fiber-Optic Voltage Transducer / V. Arkhangelsky, M. Smolovik // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 206–211.

The electro-optical Pockels effect that can be used for voltage measurement and electrical field measurement is presented. Measurement scheme and design new voltage sensor are proposed. Parameters of this device are described in this paper as well.

Key words: Pockels effect, fiber-optic sensors, measurement power systems.

Magneto-Optical Current Transducer and Electro-Optical Voltage Transducer / V. Arkhangelsky, M. Smolovik // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 211–216.

The magneto-optical and electro-optical effects, which can be used for current and voltage measurement, are presented. Measurement schemes based on Faraday and electrogyration effects are proposed. Current and voltage sensors were developed. Constructions of these devices and their parameters are described in this paper.

Key words: Faraday effect, electrogyration effect, optical sensors, measurement power systems.

Development and Evaluation of Interface Pin Resistance from Shoulder-Surfing Attack / V. Arkhipov, N. Vasilev, V. Yakovlev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 216–220.

We propose a new PIN-entry method, providing the increased security from shoulder-surfing attack. Also, interface of PIN-entry adapted for ATMs is developed. Estimates of security of a method to different types of attacks are received.

Key words: authentication, password, PIN, shoulder-surfing attack.

Methodology of Passwords Systems Creation, Resistant to Shoulder-Surfing Attack / V. Arkhipov, V. Yakovlev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 221–226.

We offer the general approach to Passwords systems Creation, resistant to shoulder-surfing attack on the basis of comparison to each password character of a subset of input characters. Also, we present a classification of the proposed password schemes and we offer variants

of creation of input characters subset based on the correspondence table. Estimates are obtained for the system password protection resistance to various types of attacks for random structured correspondence tables of password and input characters.

Key words: authentication, password, graphical password. shoulder-surfing attack. shoulder-surfing resistant password.

Hydrogen Sensors Using Optical Fiber Components / A. Astakhov, A. Dolgoborodov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 227–231.

Hydrogen sensors based on fiber optic technologies are reviewed. Palladium coated fiber optic components are modelled using ray optics formalism. It is shown the possibility to use the standart multimode fibers for detecting and measuring hydrogen in concentrations below the explosive threshold.

Key words: hydrogen; palladium; fiber sensors.

Use of Information and Statistical Analysis for Solving the Problems of Study Requirements for Quality Complex Technical Systems / O. Afanaseva, D. Pervukhin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 232–238.

The article describes the methods of information and statistical analysis of complex systems. Is an example of the use of information and statistical approach to the problem of justification of the quality requirements of complex technical systems.

Key words: method, information and statistical analysis, quality, technical system.

Exploration of the Efficiency of Different Optical Radiation Modulation Formats at High Speed Fiber Optic Transmission Systems/ E. Bogdanova, S. Glagolev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 238–243.

The directions of the modern DWDM-systems development are increase of the channel quantity, increase of the channel rate and transmission range along with decrease of transmitted information unit cost. These requirements contradict each other often. Use of the modern spectral efficient modulation formats allow to resolve these contradictions. This article is dedicated to the communication systems modeling with different modulation formats and their comparative analysis.

Key words: spectral efficiency, modern modulation formats, dispersion, Q factor, digital signal processing.

Increasing the Degree of Image Compression, which are Represented by Scalar Fields / Yu. Boltov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 244–248.

Representation of images by scalar fields helps to choose sharp differences gradations of color in special set and then submit it to a set of chains by proximity criterion. The most memory-consuming item in this method is the description of the first point of the chain.

This article shows as by perfection of the format for the first points volumes on the representation of these coordinates were able to reduce.

Key words: image, compress, decompress, scalar field, color, point.

Evaluation Properties of Nonlinear S-boxes Large Dimension by Application a Search Algorithm Affine-Equivalent S-boxes Set Representative / N. Borisenko, B. Dudarev, I. Kochetkov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 249–251.

Stability of the algorithm to various types kriptoolyza, largely depends on the properties of the S-boxes used in it. In this regard, the problem arises of qualitative evaluation of S-boxes to select the most persistent. One of the criteria for evaluation is to assess the non-linearity of the S-box. In this case it is proposed to use the method of estimating nonlinearity of a search algorithm using the set of representative affine equivalent of S-boxes.

Key words: S-box, affine-equivalent, non-linearity.

The Exploration of Implementation of the Large Dimension Linear Mapping on PLIC by XILINX / N. Borisenko, A. Kryzhko, N. Nikitin// IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 252–255.

Today the problem of data cipher/decipher speed increasing is a very important problem. One of approaches to solve this problem is increasing the dimension of used linear mapping, and their optimal realization. The highest performance speed is achieved by realization of the linear mapping by hardware. It is presented in the publication about the realization by XILINX PLIC (programmed logical integrated circuit).

Key words: cryptography, linear mapping, PLIC.

Research on Biomedical Signals Based Detected Signs of Self-Similarity / L. Buziukov, T. Ermakova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 255–260.

In this work we are considering the analysis of dependency between settings of Mechanical Ventilation and hemodynamic data of Patient Monitoring.

It is assumed that hemodynamic is a self-similar process. Investigation, which confirmed the hemodynamic self-similarity, was made in this work.

The obtained positive results allows us to go to more difficult tasks - obtaining a mathematical model, which describes dependencies between various biomedical signals, and development a software for weaning protocol implementation.

Key words: self-similarity, hemodynamic, mechanical ventilation, patient monitor.

Comparative Analysis COOJA and NS3 Simulators for Wireless Sensor Networks Modeling / L. Buziukov, D. Okuneva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 260–264.

At present time, various simulators are applied for modeling of wireless sensor networks. The purpose of article is to analyse possibility of application of simulators Cooja or NS3 for the solution of modeling problems of wireless sensor networks.

Keywords: simulation, wireless sensor network, modeling, OS Contiki, Java, Python, Cooja, NS3.

Recommendations Regarding the Practical Use of the Modern TDR / M. Bylina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 264–269.

The time domain reflectometry is applied to preventive and emergency measurements on cable communication lines and power transmission lines for localization of discontinuities and damages. The device implementing this method is called the Time Domain Reflectometer (TDR). This paper contains the analysis of the common errors made by a specialist in the TDR measurements, evaluation of the importance of digital processing registered traces for the increase of accuracy and expansion of functionality of the pulse method. Also there were formulated the recommendations regarding the practical use of the existing TDR and improvement of the TDR under development as well. These recommendations were formulated on the base of theoretical and experimental studies.

Key words: time domain reflectometry, time domain reflectometer, TDR, trace, cable communication line, line conditioning, the balancing device.

Improved Mathematical Model of the Reflected Signal from the Transmission Line with Discontinuities / M. Bylina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 270–274.

This paper presents improved mathematical model of the reflected signal from the transmission line with discontinuities. The model takes into account the complex character and frequency response of the characteristic impedance. The paper also presents the results of theoretical and experimental studies. The results demonstrate the need of the model refinement and validity of the proposed formulas.

Key words: time domain reflectometry, time domain reflectometer, TDR, TDR trace, transmission line with discontinuities, mathematical model.

Use error Correcting Codes for Stegosystems Based on Noisy Channels / O. Birdina, K. Nebaeva, C. Murilova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education ». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 275–277.

We consider a scenario where an attacker is able to receive a stegosignal only over a noisy channel under the condition that he (or she) may even know the cover message. We propose to use spread-time stegosystem with error correcting codes.

Key words: spread-time stegosystem, noisy channel, error correcting codes.

The Optimization Algorithm of Routing in Networks with High Mobile Nodes / E. Vasilyev, O. Simonina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 277–281.

The new model is a routing protocol for networks of ATN, which will reduce the time rebuilding/delete/create the route. The algorithm allows predicting the situation in the network, which will occur in the next time to make routing on the "future routes".

Key words: ATN, routing, wireless network.

Analysis of Major Decoding Algorithm of Equidistant Code Combination with K Linear-Independent Elements / S. Vladimirov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 281–285.

In clause major decoding algorithm of equidistant code combination with k linear-independent elements is considered. Simulation derived probabilistic characteristics of decoding algorithm are added in. Method of error-erasure decoding with this algorithm is introduced.

Key words: equidistant code, maximum length sequence, error correcting coding, probabilistic characteristics.

Research Possibility and Reproducing Attack on Corporate PC Using Android Device / A. Galitskiy // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SPbSUT, 2015. – PP. 285–289.

With Android being the most widespread mobile computing device platform today. In this paper we investigate connection possibility Android device to corporate PC as HID to receive data access and command execution ability.

Keywords: computer security, penetration, HID, corporate cybercrime, malware, OS Android.

SIP Signaling Traffic Analysis in IMS Based on OpenIMSCore / Gamil Abdullah // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 290–294.

This article presence a several scenarios for procedure of establishing sessions between two subscribers in IMS based on OpenIMSCore. We have considered a user's registration, presence service and instant message in each of these scenarios. Each functional entity on the routing chain is hit by the signalling traffic flow several times. Once hit, the CSCF (or HSS) provides some service and then forwards the traffic on. Given analysis of signaling messages SIP protocol, enter to nodes IMS network. Defined bottleneck for overload IMS servers.

Key words: IMS, SIP, OpenIMSCore, quality of service, session establishment, delay.

Studies of High-Level Programming Languages Disadvantages for Hidden Investments In Executables / A. Gelfand, Y. Gvozdev, S. Shterenberg // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 295–297.

The article describes the attempts to use the language of high-level programming and its inadequacy as a tool for an equivalent replacement synonyms. This paper argues that the low-level language is more suitable for steganographic embedding.

Key words: executable, C++ programming, steganography, equivalent replacements.

Overview Method of Addressing INTERNET of THINGS / R. Gimranov, R. Kirichek // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 298–301.

The modern world is moving forward with great speed and opens up new applications for the Internet of Things. According to the concept of the Internet of Things - each item must be clearly identified in the network, taking into account the fact that different technologies use different methods of addressing. The article provides an overview of types of addressing methods used for the Internet of Things.

Key words: Internet of Things, address, WiFi, ZigBee, RFID, NFC, Bluetooth.

Modeling of Lawful Interception in Post-Ngn Network / M. Danilov, V. Elagin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 302–309.

The article investigates the models and implementations of lawful interception in telecom networks. Defined model of the traditional approach to the interception in the PSTN network, and new approaches to organizing superimposed network of LI architecture for post-NGN.

Keywords: Simulation of queuing systems, lawful interception, a model with a limited number of sources, post-NGN network, service platform.

Studying Methods of Protection against Insider Attacks / E. Deshevikh, V. Konyukhov, K. Krylov, I. Ushakov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 310–313.

There are exploring the problems of protection against insider attacks in this article. As a result of exploring of how to secure networks, developed a set of laboratory work, the main component of which is the platform Cisco Identity Service Engine.

Key words: Cisco, ISE, Identity Service Engine, information security, authentication, authorization, unauthorized access.

Synthesis Lyuinbergera Observer for the Automated Control System / Y. Ilyushin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 314–320.

The article rassmatrivaetsya one of the priorities in the development of on-board control systems of aircraft - improving algorithms of their functioning.

Key words: automation, modeling, analysis, synthesis, information systems.

Development of the Quality Monitoring Module for IP-PBX Elastix / D. Katalkov, M. Kovzur, V. Nikitin, V. Chesnokov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 320–325.

Packet-switched network used to provide IP-telephone services, were not originally intended for the exchange of information in real time. The growing number of wireless networks and the popularity of the use of mobile IP-telephone customers led to the use of communication channels of different quality in the operation of VoIP-services. This caused the need for tools allowing early detection of problems encountered. Unfortunately, many IP-telephone systems with open source software, used in small and medium businesses didn't have built-in systems

for monitoring the quality of communication, including IP-PBX Elastix. The article describes the developed quality control module for IP-PBX Elastix.

Key words: IP-telephone, monitoring the QoS, Asterisk, Elastix.

Revolution in the World of Internet of Thing. The Possibility of Using Wi-fi Module ESP8266 in the Cloud / R. Kirichek, A. Khlyzov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 325–330.

Wi-Fi technology is one of the most popular to date. But until recently there was no way to application this in the concept of the Internet of Things because this technology was expensive to end user. This problem solved by module ESP8266.

Key words: Internet of Things, ESP8266, 802.11, Cloud Service, MQTT.

Mathematical Active Intruders Model for Secure IP-Telephony / M. Kovzur, V. Nikitin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 330–335.

IP-telephony is widely used now. Public channels are often used for IP-telephony's data transport. Active intruder can act inside those channels, wishing intercept voice information. User need to have estimation about probability of successful intruder's attack to understand possibility of data leak while transmitting important messages. Also user need understand influence of additional security settings at probability of successful attack. That's why development of mathematical intruder's model is the actual task.

Key words: IP-telephony, intruder's model, MITM, probability of successful attack.

Calculation of the Buffer Memory of the Router for UDP-Connections / J. Kozhanov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 335–340.

Mechanism to prevent network congestion is designed for TCP-connections and is not sensitive to UDP-connections used to deliver packets in real time (voice and video). As the proportion of such applications and, accordingly, the network connections are continuously increasing, the need to develop a mechanism to prevent network congestion for UDP-connections is obvious.

Key words: router, ISDN, UDP, RED, buffer, queue.

Optimization of Null-Bit Digital Watermarking System in Context of Ambiguity Attack / V. Korzhik, Y. Panfilov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 340–345.

Protection of image copyrights is an actual problem. Using of digital watermarks solves this problem, but uncovers new class of attacks on watermark itself. Results of optimization of parameters of one of the digital watermarking systems in context of ambiguity attack will be presented in this paper.

Key words: steganography, digital watermarking, ambiguity attack, digital images.

Method of Implementing a Multi-Channel Optical Multiplexer Input-Output in Information Networks Management Quality Objects at Different Stages of the Product Life Cycle / S. Kostarev, V. Lipatnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 345–350.

The task of implementation of multi-channel optical input/output multiplexer in the quality management of information networks at various stages of the product life cycle. However, the scientific literature, there is no research to reduce the relatively high level of made noise in the transmission channel, not the full availability of all linear channels to the multiplexer input/output, reducing the operational capabilities of fiber-optic transmission system with spectral distribution channels. In this study, determined the approach of building multi-channel optical input/output multiplexer. The method of realization of multi-channel optical input/output multiplexer in the quality management of information networks at various stages of the product life cycle.

Key words: multiplexer, networks, management quality, channel combiner, splitter channels.

The Opportunities in the Traffic Management in the SDN Conception / A. Krasov, M. Levin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 350–354.

The introduction of the concept of SDN in the existing IP-based networks. Describes an approaches to implementing the concept of software-defined networks for existing IP-based network, associated with the implementation of these concepts challenges and opportunities for IP-based networks that this concept can be provided.

Key words: software-defined networks, OpenFlow, controller, classical model, hybrid model, link-state, distance-vector, adaptive algorithm, load.

Features and Benefits of VXLAN / A. Krasov, R. Podoliak // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 354–358.

VXLAN is a Layer 2 overlay scheme over a Layer 3 network. It uses MAC Address-in-User Datagram Protocol (MAC-in-UDP) encapsulation to provide a means to extend Layer 2 segments across the data center network. VXLAN is a solution to support a flexible, large-scale multitenant environment over a shared common physical infrastructure. The transport protocol over the physical data center network is IP plus UDP.

Key words: Local area networks, virtualization, overlay protocols.

On the Possible Applications for Communication Systems in Terahertz Frequency Band / Y. Koucheryavy, D. Moltchanov, V. Petrov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 358–361.

Terahertz band communication systems lead to a next step in design of personal area networks. In particular, they address the problem of limited channel capacity in such systems. In this paper, a brief overview of possible applications for the terahertz wireless communications is presented.

Keywords: Personal area networks, ultra-wideband communications, terahertz, THz, applications.

Methods of Fuzzy Logic in Computer Music and Algorithmic Composition / A. Markhotin, G. Rogozinsky // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 362–366.

The possibility of use of the fuzzy logic in such untraditional areas for this theory as computer music and algorithmic composition is examined in this article. Being based on the analysis of the literature about this theme a conclusion is made, that it is expedient to continue research in proposed direction considering flexible opportunities of formalization of discussed processes, which fuzzy logic has.

Key words: fuzzy logic, computer music, sound synthesis, algorithmic composition, timbre space.

Analysis of the Effectiveness of the Hard Decoding Algorithm of Regular Low-Density Parity Check Codes in Data Transmission Systems / I. Nebaev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 367–372.

The article discusses the hard decoding algorithm of low-density parity check codes (Gallager's code), which is widely using in nowadays wireless telecommunication systems. Submitted work based on the computer simulation of LDPC codes and research in a field of iterative decoding algorithms for modern error-correcting codes.

Key words: low-density parity check codes, data transmission, simulation.

Hiding Data in the Audio File / K. Nebaeva, N. Habaev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 372–376.

For secure communication messages are increasingly being used steganographic method of embedding information in a variety of files - are cover objects, such as images, video and audio files. This paper presents an overview of the methods of concealing data in files containing audio data.

Key words: Steganography, information hiding, a sound file.

The Role of Digital Signatures in Electronic Document / K. Nebaeva, S. Chumachenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 377–379.

Electronic document flow covers all spheres of life more and more every year. At emergence of electronic documentation there is also a requirement of protection of documents against unauthorized access, the electronic and digital signature comes to the rescue. Advantages of use of the electronic and digital signature and a scope are presented in this article.

Key words: Electronic document flow, the digital-electronic signature, the closed key.

Uniform technological communication network of power today / V. Piskunov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 380–384.

In work the transformations spent in electropower branch of the Russian Federation are considered, the structure of a uniform technological communication network of electric power industry is presented, the review of the transport technologies taken as a principle uniform technological communication network is spent.

Key words: reform of electropower branch, telecommunication transport technologies, uniform technological communication network of electric power industry.

The Model of Network for Intelligence Computer Music Generation / G. Rogozinsky, A. Schekochikhin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 385–390.

Despite of the widespread implementation of network technologies and AI algorithms in modern life, the problems of their application in the field of the artificial arts remain relevant. Automatic generation of computer music based on AI agent network can be considered as a problem of an intelligent control algorithm development, where a sensor network formed by the agents of the music composition system. In this paper we present some principles of such approach.

Key words: artificial intelligence, computer music, distributed systems, algorithmic composition.

The Development of Laboratory Facilities for Research of the Technical Characteristics of Fiber Optic Passive Components / A. Sergeev IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 391–394.

Currently in Russia, there is a rapid increase in the deployment in subscriber access networks, passive optical networks based on the space group of the signal going to the individual subscribers. Used with a passive fiber optic splitter devices play a key role in ensuring the quality received by a subscriber signal and, accordingly, the services provided. The same study of the technical characteristics of fiber optic splitters even at the stage of input quality control, almost nobody does because of the complexity of such procedures in technical, organizational and financial terms.

Key words: Passive optical network, PON, splitter, technical characteristics of passive components.

Assessment of Quality of the Services NGN on the Party of the User for Mobile Devices / O. Simonina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 394–398.

The analysis of the existing techniques of an assessment of quality of services of mobile users is carried out, the model of system of an assessment of quality on the user's smart-device is offered.

Key words: NGN, QoS, smart-device, mobile user.

Analysis of Mechanisms of Occurrence Antipersistent Traffic Info-Communications Networks / O. Simonina, A. Ulyanov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 399–403.

This article deals with the influence of component signals fractal properties on fractal properties of aggregate signal. Provides simulation results confirm possibility of the occurrence of traffic antipersistent after aggregation.

Key words: antipersistent, traffic aggregation, Hurst parametr, self-similar.

Analysis of the Quality Requirements of IoT Services/ O. Simonina, E. Umirov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 403–407.

This article deals with basic parameters for detection of criteria of quality of service (QoS) in the IoT networks. It is shown that there are tasks focused on interaction of smart-objects and demanding further development.

Key Words: IoT, QoS, smart objects.

Adding Structured Query Language into ECS / Y. Skvortsov / IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 407–412.

Examine typical technologies used to get access to DB — ORM and raw-queries, its benefits and limitations. Propose new data access technology implementable by extensible programming language (ecs). Show necessary steps to use and implement such extension.

Keywords: ecs, sql, orm.

Recommendations on Improving/Advancing Implementation of Trusted Routing Mechanism / O. Tihamiyu // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 413–417.

Comparative evaluation of possible approaches to the implementation of trusted routing mechanism in TCP/IP networks is made. Technology of using Dijkstra's algorithm by OSPF protocol is considered. Moreover, requirements for trusted routing protocol based on modified OSPF is defined.

Key words: trusted routing, mechanism embodiments, OSPF protocol, Dijkstra's algorithm, recommendations for improvement.

INFORMATION SYSTEM AND TECHNOLOGY

Automation Academic Activities Based on Specialized Social Networks / S. Akimov, G. Verkhova / IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 418–421.

Questions of automation academic activities on the basis of a specialized social network. The concept of a single academic information space, which provides comprehensive information support to scientists and experts throughout the career.

Key words: academic activities, the university, automation, specialized social network, career, science, education.

Development of the Computer Aided Management of Production Assignments / S. Akimov, G. Verkhova, S. Prusakova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 422–426.

The report presents the results of the design of the performance management system jobs, which is implemented as a software module allowing integration into corporate production system. The system is used to automate the process of assigning production tasks, their routing and dispatching, solves the problem of unintentional data loss, uniform loading of personnel and coordination of work groups of performers.

Key words: management of production assignments, corporate software, computer aided management.

Building of the Extended Basic Detection Acts and Dangers Reflection Model / A. Alekseev, L. Ptitsyna // IV International Scientific and technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 427–431.

The urgency of developing basic extended object-oriented model of integrated information security systems. Describes the different contexts destination model. Appears to generate a conceptual framework of the formal description of the model. Introduce two forms of the description of the new model. The first form is revealed in the form of a graph of the class activity diagrams. The second form is based on a matrix description. Determined by the dynamic characteristics of complex information security systems.

Key words: information security, danger, data protection, object oriented design, model, quality indicators.

The Change in the Growth Rate of Malignant Neoplasm in Accounting of Lag Effects / L. Baskin, G. Zharinov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 431–436.

It is demonstrated that the nonlinear dependence of the growth and decay rates of cancer cells from the tumor volume and accounting of the lag effect in the generation and decay can lead to a qualitative change in the behavior of the system, a dramatic change in the characteristic times of tumor growth, and under certain conditions stabilize or even destroyed the tumor.

Key words: the growth of tumors, differential-difference equations, nonlinearity.

Structures as Objects of Management Cybernetics / M. Belov, O. Zolotov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 436–441.

Management paradigm Peace, launched in the works AG Butkovskiy, opened the possibility of extending the principle kiberneticheskogo control structures (objects) of inanimate nature, studied modern physics.

Key words: cybernetics, control system, paradigm.

Objectives Evaluating the Performance of Network Connection Unified Management System of Public Authorities, for the Conditions of Electronic Countermeasures / K. Belous, V. Kurnosov // IV International Scientific and Technical and Methodical Conference «Actual

Problems of Infocommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015 – PP. 441–445.

A four-level system of indicators allowing an objective assessment of the efficiency of the communication network unified management of public authorities in terms of electronic countermeasures on the basis of modeling the functioning of its specific conditions and its elements.

Key words: electronic countermeasures, telecommunications, life cycle, public authorities.

To the Question of Sending Communications Networks a Unified Management System of the Government / K. Belous, V. Kurnosov // IV International Scientific and Technical and Methodical Conference «Actual Problems of Infocommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015 – PP. 445–449.

Currently, an urgent task is the integration of communication networks of various agencies, public authorities and regional administrations. Improving information exchange between agencies creates conditions for a more efficient use of info-communication capabilities of government at a joint special events.

Key words: networks, unified management, automated system of controlled-link, external disturbing factors, indicators of the quality of special communication.

Analysis of the State and Strategies Centric Effects on Multiservice Communications Network / K. Belous, I. Kuskova // IV International Scientific and Technical and Methodical Conference «Actual Problems of Infocommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015 – PP. 449–452.

Features of departmental communication networks is a presentation of the increasing demands of timely delivery, reliability and security. One of the features of the structural construction of the MCC is rigidly fixed channels in lines between information networks. It is known that systems based on such principles do not have the ability to quickly and flexibly adapt to the actual conditions prevailing in the electronic countermeasures.

Key words: multiservice network, network-centric effects, electronic countermeasures.

Activities That Define and Organize the Basic Parameters for Further Automation of Business Processes / M. Buinevich, A. Pogozheva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 453–456.

Activities that must be done to build the business architecture, deliberate choice of automating business processes and related software are described.

Key words: automation of business processes, basic parameters, systematization, choice of software.

Development of Control Algorithms Control System Toxic Liquid Disperse Medium / A. Vaganov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 456–460.

Functioning of the automated control system toxicity (biological hazards) of various liquid dispersion media, based on programmable analog integrated circuits, is based on the proposed algorithm.

Key words: automated control system, block diagram, algorithm operation.

Simulation of A Block of Selected Informative Parameters Control System Toxic Liquid Disperse Medium / A. Vaganov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 461–465.

For the implementation of an automated control system toxicity (biological hazards) of various liquid dispersion media proposed and studied a model of device designed to separate from the output of the optoelectronic transducer useful (informative) component.

Key words: test criterion, model, informative parameter, automated monitoring system.

Modeling of Integration of Service Oriented Means in Active Infocommunication Mediums / V. Veselov, L. Ptitsyna // IV International Scientific and technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 465–470.

A new approach for analytical modeling of service oriented means in active infocommunication mediums is proposed. The description of the active info-communication mediums is formalized. Highlighted three types of activation of info-communication mediums. Presented basic components of extended object-oriented models of service-oriented means in active infocommunication mediums. Discloses a method for the analytical determination of the quality of program complexes of Service Oriented Architecture.

Key words: service-oriented architecture, service-oriented means, integration, infocommunication medium, model, analysis, method.

Statement of Requirements for Infotelecommunication Systems / M. Volshchukov, A. Ivanov // IV International Scientific, Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 470–474.

The present period is characterized by widespread penetration of digital devices, electronic life-supporting systems people's life and almost total use of information systems in various fields and everyday life. Accordingly, more and more attention in creating infotelecommunication systems is given to statement of requirements. Correctly, done formalization of the domain of the customer reduces the number of iterations and other resources spent on the development of infotelecommunication systems.

Key words: statement of requirements, subject area, life cycle, functional model, infotelecommunication system.

Corporate Computer Networks, for Example, the Experience of Creation and Operation of the Information System of the Federal Russian Traffic Police / V. Gromov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 474–478.

There are now a huge number of corporate computer networks, the basis of which the client-server model. This paper describes how to create a model of the Federal Information System of traffic police in the period from 1992 to 2006.

Key words: corporate computer networks, client-server model.

Special Features of the Joint Use of the Digital Recursive and Nonrecursive Filters / A. Gubin, V. Litvinov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education»/ – SPb. : SUT, 2015. – PP. 479–482.

Digital processing of information signals for the purpose of the smoothing of random disturbances at present is the necessary condition of guaranteeing the high quality of control with complex objects.

Key words: digital filters, the dispersion of random error, the time of observation, the characteristic polynomial.

About the Noisy Speech Signal and the Speech Quality Assessment / M. Gusev, H. Plotnikova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 482–488.

We consider the noisy speech signal by various types of noises, the dependence of the volume level of the normalization factor, as well as the dependence of the signal / noise ratio from the volume of the noise signal and the signal / noise ratio in the original signal. The effect of signal/noise ratio is evaluated in the assessment of the quality of the speech signal.

Key words: evaluation of voice quality, noisy, SNR, MOS, P.563.

Methods of Spectral Monitoring in the Systems of the Cognitive Radio/ A. Gushchin, V. Litvinov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education»/ – SPb. : SUT, 2015. – PP. 488–492.

Cognitive radio is the radio system, which uses the technologies of radio communication with the programmed parameters and other technologies for the automatic tuning of the operating mode. The use of this technology in the already occupied frequency ranges makes it possible to solve the problem of the overloading of the frequencies permitted to the use. For determining the employment of one or other range or another by the user is necessary spectral monitoring.

Key words: cognitive radio, spectral monitoring, “white spots” of broadcast band, the detection of signals.

Study of Traffic Control Options Packet Network NGN / E. Davydova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 493–495.

When analyzing the packet network NGN can be applied pattern transfer processes and processing multimedia streams. These models are based on complex criteria of efficiency packet network NGN, built on the basis of its architecture. In constructing the model, it is important to take into account the impact of traffic management on the parameters of the network.

Key words: NGN, the criterion of efficiency, quality of service (QoS), isochronous load, traffic management.

Influencing of Change of Values Integer Factors of Algebraic Equations 4th Degree on the Shape Closed Geometrical Surfaces / V. Degtiarev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 496–500.

On gang to vectorial models at geometrical computer simulation of actual objects there come algebraic models, which one are more indiscrete and allow to receive an assigned split-hair accuracy of the description. Algebraic models of the maximum degrees (more than two) open capabilities of the description of geometry of the composite shapes of surfaces and bodies, however they are still insufficiently studied for practical usage. In the given activity the findings of investigation of algebraic models of 4-th degree is shown.

Key words: Algebraic geometry, geometrical simulations, closed surfaces.

Method of Spherical Rendition of Process of Combustion / V. Degtiarev, A. Soloveva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 501–504.

The geometry of combustion into closed space, is shown by algebraic model 4-th degree by the way elementary orbs, in which one are calculated pressure and temperature of closed space.

The offered method of spherical rendition of process of combustion in closed space affords a capability to image process of combustion in a dynamic rendition with supervision of all space of combustion.

Key words: process of combustion, algebraic geometry closed surfaces, rendition.

Life Cycle Analysis wireless sensor network using simulation / A. Epikhin, R. Kirichek, A. Koucheryavy // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 505–508.

The problems arising in the course of the life cycle of wireless sensor networks, as well as proposed solutions to these problems. In the process of ongoing research was developed agent-based model that allows to simulate the behavior of the sensor network nodes.

Key words: sensor networks, sensor network life cycle, agent-based modeling, simulation.

Principles of overcoming uncertainty in the task of classification / O. Zolotov, L. Kozlova, O. Kozlova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 508–511.

When appears a task of classification of information, real situation can arise a number of problems, which can be defined as uncertainty. However, this should not prevent the implementation of the classification procedures. This means that must be ways of overcoming these problems.

Key words: classification, clusterization, uncertainty, fuzzy-systems.

Mediator Pattern for Multi-Agent Diagnostic Systems / A. Ivaschenko, D. Kosov, V. Kuzmin, A. Minaev, A. Novikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 511–515.

It is proposed to implement a distributed system for technical or medical diagnostics based on the architecture of Internet of things using multi-agent technology. To balance the network loading there is proposed a mediator agent pattern providing preliminary data processing and implementing the process of interaction in data transfer network. As an example there is described an implementation of intravenous infusion monitor.

Keywords: Internet of things, multi-agent technology, intermediary pattern, distributed architecture, medical diagnostics.

Modern Areas of Colour Clustering Method Application in Transport Industry / N. Kazantsev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 515–518.

In the paper the broad overview of current videoregistration market is given, where pattern recognition is applied. It is proposed to implement a color clustering method in videoregistration system for public transportation services, where technology could simplify the processing and storage of videodata. The software is executed just after recording takes place.

Key words: color clustering.

Application of Expert Methods in the Selection of Enterprise Management Information System / A. Krivtsov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 519–524.

Modern software market offers a range of software products for a variety of managerial decisions. The methodology of applying the methods of expert assessments allows an informed choice of information system for subsequent implementation in enterprise management system.

Keywords: mathematical method, expert valuation, information system, electronic document management system, indicator, quality, rankings.

The Methods of Analysis of Intelligent Information Agents with Dynamic Synchronization of Their Operations / A. Lebedeva, L. Ptitsyna // IV International Scientific and technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 524–529.

The report contains information on the segment of developing methodology of intelligent software agents for large-scale heterogeneous networks. This segment is designed at the solution of the problem of prior uncertainty in relation to network infrastructure with the use of intelligent software agents with dynamic priorities in combination of their distributed operations. The method of filling of the parametric space of the extended object-oriented model of intelligent information agent and the method of determining of the dynamic characteristics of the quality of functioning are described.

Key words: intelligent agent, object-oriented model, dynamic synchronization of operation, methods.

Choosing a Provider of Cloud Services / K. Leonidze, A. Strizhachenko, S. Khoroshenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 529–533.

The article discusses the method of selecting cloud services offered by various providers. Providers offer a set of parameters, which characterize components of platform and software. Selecting of a component of the user system made on the set of Pareto-optimal solutions.

Key words: cloud services, multicriteria choice problem, Pareto-optimal solutions.

Application of the Criteria for Assessing the Sustainability Mikhailova Nonlinear Systems with Distributed Parameters / A. Lyashenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 534–538.

The directions in solving the problem of analysis of distributed parameter systems using frequency methods. Formulated and solved the problem by modifying the criterion Mikhailov for the analysis of nonlinear systems with distributed parameters. An assessment of the stability of the nonlinear system for different values of the space-time events.

Key words: Frequency characteristics, hodograph criterion Mikhailova, oscillations, distributed control system, management, system analysis.

Models of the Binary Sequence / V. Medvedev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 538–542.

Approach to the simulation of binary sequence is described, two models of binary sequence are examined, the fundamental probability characteristics of models are determined, the connection between the characteristics of the models of binary sequence is established.

Key words: binary sequence, model, probability, system.

Analysis Methods for Constructing and Evaluating the Effectiveness Information Tools based on information and telecommunications network INTERNET / T. Musaeva, S. Sidorov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 542–547.

The current stage of development of society is characterized by the increasing role of information sphere, which is a collection of information, information infrastructure, entities that collect, formation, dissemination and use of information and control systems arising in this public relations. The information sphere, as a factor which society actively influences the state of political, economic, and other components Fields of security agencies. Reputation is essentially dependent on information security, and in the course of technical progress this dependence will increase.

Key words: automated systems, information security, Data Leak Prevention, DLP.

Optimization of the Multi-Position System with Genetic Algorithm / O. Nikiforov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 548–552.

This is an approach to the synthesis of multi-position system with optimal criterion quality / cost. It is shown that modern heuristic optimization methods such as genetic algorithm can be used for this task.

Key words: multi-position system, optimization methods, genetic algorithm.

SCS Cables Type F/UTP Mutual Protection / O. Patric, M. Sverchkova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 552–558.

This article is contented estimation of passage attenuation value between pairs of shielded SCS cables type F/UTP at different pairs condition and different relation steps of twirl.

Key words: Structural cable system, shielded cable, step of twirl.

Topological Synthesis Methods of a Special Purpose Mobile Radio Communication Networks / K. Smirnov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 558–562.

Topological structure synthesis of mobile radio communication network consists in the stage-by-stage solution of the following main objectives: territory definition covered by services of mobile radio communication network, with the set quality, determination coordinates for base stations, determination of connectivity and distribution of frequencies between base stations.

Key words: networks of mobile communication, topology, synthesis of structure.

The Calculating Temperature and Pressure Model of the Gases Combustion in A Self-Contained Complex Configuration Space / A. Soloveva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 563–567.

The calculating temperature and pressure model of the gases combustion describes the process of propagation of combustion from the center of fire to the inner edge of the self-contained complex configuration space at each point of the volume at a certain point of time, using the method of concentric spheres for layering determination of combustion products.

This model allows calculating of the detailed combustion process model the with various parameters of accuracy.

Key words: concentric spheres, mathematical modeling, combustion and explosion, a self-contained complex configuration space.

Search for the Optimal Structure of the Designed System on A Set of Pareto Online / A. Strizhachenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 568–571.

In this article discusses the method and algorithm for selecting optimal variant of component composition of user's system based on an alternative set of cloud services offered by providers. An optimal variant of component composition is sought interactively on the set of Pareto-optimal solutions.

Key words: cloud services, multicriteria choice problem, Pareto-optimal solutions.

Multi-Technology in Telecommunications / V. Tarasov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 572–576.

The increase in traffic and its heterogeneity necessitates the use of multi-access technologies.

Key words: multi-network, integration services, data, voice, video.

Advanced Visualization Tools / V. Tarasov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 577–581.

Increasing role and distribution of electronic devices requires new imaging technology, differing primarily a compact, economical and security.

Key words: display, monitor, projector, three-dimensional image.

Assessment of Security Risks in Web-Server Configuration / S. Khoroshenko, J. Jurova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 582–584.

Different methods assessment of information security risks in constructing the information system were considered in the article.

Key words: Assessment of security risks, web-server, risk assessment models.

Modelling System Reaction of an Organism to Influence of A Mobile Phone / E. Churnosov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education» – SPb.: SUT, 2015. – PP. 585–589.

The two-level model of system reaction of an organism of the user to influence of the mobile phone, including set multivariate functions is offered, each of which is presented in the form of a vector in orthogonal multivariate space values of factors. As a result begins possible to spend the comparative analysis of specificity of influence mobile phone on various functions and subsystems of an organism.

Key words: mobile phone, the system analysis, factors, mathematical planning of experiment, factors of model.

The Way to Develop the Information Base Automated Information System as A Set of Knowledge Bases and Data / O. Shekhovtsov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 589–593.

A method of forming an information base of the AIS in the form of knowledge bases and data.

Key words: way, information base, knowledge base, data base.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF ELECTRONICS

To the Calculation of Broad Band Amplifier Photodetector Integrate Circuit / A. Alekseev, P. Klimova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. –PP. 594–598.

The article shows the method of designing a broadband amplifier-photoreceiver on operational amplifiers. The method is based on the use of the frequency model of the operational amplifier, which allows to calculate the frequency response of the amplifier-photoreceiver with the maximum bandwidth.

Key words: broadband, amplifier, photoreceiver, operational, frequency model.

Method to Ensure the Operation Mode Transistors with Their Consistent Power / A. Alekseev, P. Klimova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 598–602.

The article shows a method adjustment the operation modes of transistors with series mode power supply.

This method is applicable for differential cascades with current mirror and dynamic load.

Key words: transistor, series, mode, power, dynamic load.

Substitutional Vanadium Alloys for the Membranes Permeable to Hydrogen: Effects of Alloying with Palladium / V. Alimov, A. Busnyuk, A. Livshits, M. Notkin, E. Peredistov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 603–608.

The solubility of hydrogen in the substitutional vanadium-palladium alloys with the content of Pd from 0 to 18.8 atomic% and a temperature range from 150 to 400 °C was investigated.

We found that Pd as an alloying element lowers the solubility of hydrogen in vanadium significantly stronger than other metallic elements. The solubility of hydrogen in the substitutional alloys of V-Pd was found to exponentially reduce with increasing concentrations of Pd. This means that the enthalpy of dissolution increases, whereas the entropy factor remains nearly constant.

Key words: Hydrogen separation, vanadium alloys, hydrogen solubility, composite membranes, palladium.

Measurement of Magnetic Induction in a Laboratory Practical Work by Means of Effect of the Hall / A. Andreev, L. Chernyh // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 608–612.

Laboratory work of a physical workshop on the check of the principal of superposition for magnetic induction is presented. Schemes of measuring installations of laboratory work are submitted. Measurement of magnetic induction is taken by means of effect of the Hall.

Key words: laboratory practical work, Hall effect, magnetic induction, principal of superposition.

The Effect of Finite Work Function on Resonant Electron Tunneling in Quantum Waveguides with Variable Cross Section / L. Baskin, M. Kabardov, P. Mkrtichian, V. Starostin, N. Sharkova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 612–617.

The influence of nanofibers material finite work function on resonant tunneling in quantum waveguides with two narrows was investigated. It is shown that finiteness of work function

imposes significant restrictions on the geometry of the resonant structure: rectangular constriction must have significant (> 1 nm) width and the angle at the vertex of the wedge-shaped constriction should get the maximum possible (> 30 – 40°). In addition, the possibility of increasing the quantum resonator quality factor by reducing the diameter of the constriction has a limit.

Key words: quantum waveguides, resonant tunneling, work function.

External Focusing A Pulsed X-Ray Radiation / A. Begidov, M. Polyakov, G. Fursey // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 617–620.

Direct experiments demonstrated the possibility of effective focusing of X-rays generated by the action of nanosecond pulses of explosive electron emission from carbon nanoclusters. In the experiments, we used the principle of total internal reflection in the case of X-rays. For this purpose, applied polycarpellary optics. It was obtained a new data supporting the possibility of the effective focusing intense pulsed X-ray radiation in the nanosecond range. Based on these data it was concluded to further improve the design X-ray tube and the focusing optical system for better performance.

Key words: X-rays, X-ray optical systems, focusing.

Implementation of the Piecewise-Linear Model of the Bipolar Transistor Using the Program FASTMEAN / E. Bocharov, Yu. Pershin, V. Smirnov, V. Filin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 620–624.

Computer models of semiconductor devices are widely used in the educational process. Piecewise linear model of a bipolar transistor, implemented on the basis of the program FASTMEAN, allows you easy to compute the characteristics and parameters of different devices and compare them with those obtained experimentally.

Key words: bipolar transistor, the linear model, piecewise linear model.

Excitation of Different Types of Waves in A Spherical Radiator by Configuring the Feed Waveguide / E. Bocharov, E. Rynbach, E. Sedyshev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 624–628.

Possible configurations of the feeder element loaded spherical cavity and the basic principles of configuring the feed waveguide to excite different types of waves in a spherical radiator have been considered.

Key words: spherical cavity, field distribution of natural oscillations of the electric and magnetic type, electrical, magnetic and slot coupling, feeding waveguide, rectangular and cylindrical waveguides, the radiation from the open end of the waveguide.

Microwave Helical Radiator, Integrated into the Metamaterial / I. Bulatova, E. Sedyshev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education ». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 629–633.

Possible applications of metamaterials to improve the performance of printed radiators as part of three-dimensional integrated microwave circuits are considered.

Key words: helical antenna, three-dimensional integrated microwave circuits, metamaterials, high-impedance surface.

Dispersion Forces in Structures Metal–Dielectric–Semiconductor of Integrated Chips / G. Klimchitskaya, A. Fedortsov, V. Yurova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 634–639.

Results of theoretical research of size of dispersive forces pressure acting on a dielectric layer in the integrated schemes, which are widely used in production structures the metal-dielectric-semiconductor (MDS) based on a silicon substrate are presented. It was established dependence of the calculation value of dispersive force pressure in MDS -structures of integrated schemes from electrooptical parameters of layers, that typical for modern electronics.

Key words: dispersion force pressure, Lifshitz theory, MDS structure, dielectric, metal.

Method of Calculation of Response Digital Signal Processing Matched Device Taking into Account Bit Quantization / O. Kosarev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 639–642.

Digital signal processing matched devices (devices of digital coherent processing) is widely used to detect the pulse radio signals. The reference signal source may be used, digitized and recorded in the memory device. Of interest is a probabilistic assessment of response of the device according to the agreed processing on the bit quantization signals.

Key words: digital signal processing matched devices, devices of digital coherent processing, pulse radio signals.

The Synthesis of the Stepped Elliptic Filter with Dissipative Losses / A. Kubalova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 642–647.

The modified method for the synthesis of the microwave stepped elliptic filters is developed. Theoretical results are in good agreement with the experimental studies of the elliptic filters.

Key words: strip line, lumped capacity, shorted line, band pass filter, prototype, lattice of coupled resonators, elliptic attenuation, capacity matrices transformation, engineering technique.

Digital-Analog Frequency Conversion Simulation / Y. Nikitin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 647–654.

Possible realizations of digital-analog vernier frequency conversion in a feedback path of multiplying PLL are considered.

Key words: frequencies synthesizer, impulse phase locked loop (PLL), synthesizing generator, finite state machine, the counter of impulses, a vernier feedback path.

Design of the LC-Filters with Regard for Power and Size Criteria / V. Sergeev // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 655–658.

The maximum stored energy in the reactive filter is a universal indicator of its efficiency and determines the mass, dimensions, power loss and parametric sensitivity characteristics of the filter. This work validates a method for decreasing energy functions and these parameters on the basis of the tabulated solutions for LC-filters.

Key words: reactive filter, energy functions, mass and dimensions indicators.

Analysis of Amplification at Microwave Power Amplifiers / V. Filin, V. Chernenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 658–662.

The objects of study are transistor power amplifiers (PA) with high coefficient of performance (COP) operating in the range of ultra-high frequencies (UHF). The purpose of the study was to analyze the modes of amplification at microwave frequencies and to identify the most promising from the standpoint of energy efficiency mode of operation, to formulate the tasks that have to be addressed.

Key words: microwave power amplifiers, microwave frequencies.

ECONOMICS AND MANAGEMENT IN COMMUNICATION

Infocommunication Challenges, Risks and Threats to High-Tech Zones, Science Parks and Incubators in Science and Education BRICS / G. Abrahamian // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 663–667.

The article discusses the potential infocommunication challenges, risks and threats to high-tech zones, science parks and incubators in research and education in the BRICS countries.

Key words: infocommunication risks and threats, high-tech zones, science parks, incubators, science, education, the BRICS.

Models of Development Research, Educational and Industrial Technologies, Services and Processes in Russia and the Cis Countries on the Basis of Global Cooperation and Integration of Information and Telecommunication / G. Abrahamian // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 668–673.

Development models, technologies, services, processes, globalization, cooperation, integration of information and telecommunication, neighboring countries.

Key words: development models, technologies, services, processes, globalization, cooperation, integration of information and telecommunication, neighboring countries.

Modelling of Housing Spatial Changing in the Large City for Long-Term Forecasts of Infrastructural Branches Development / E. Andreeva, E. Vostokov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 673–679.

Development of urban infrastructural branches – power supply, network telecommunication and others – demands to consider possible change of spatial parameters of the cities. In article

is proposed the model of spatial changes in city housing which allows to define the most effective ways for capital investment in development of infrastructural branches.

Key words: Modeling of spatial development, forecasting, branches of city infrastructure.

The Consequences of Jump Volatility of the Swiss Franc for FOREX Market Participants (Variant of the Forecast) / Y. Arzumanjn, N. Vasileva, A. Stepanenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 679–682.

Occurred January 15, 2015 an abrupt deviation of volatility of market rates EUR / CHF and USD / CHF from established market rules created excitement in the foreign exchange market. This event could undermine the stability of the image of the Swiss franc, a tax haven and refuge currency.

The article analyzes based on historical analogies causes and consequences of the decision of the National Bank of Switzerland. The authors give reasonable a variant of the forecast on the currency market after the events with the Swiss franc.

Key words: Swiss franc (CHF), the currency market, inflation, exchange rates, balance of payments deficit, the revaluation, Forex.

Develop a Set of Technical Tools, Information and Management Systems for Monitoring, Maintenance and Provision of Services in the Housing Sector / Y. Arzumanyan, M. Volfson, E. Vostokov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 683–687.

State of the residential complex of modern cities affects the safety aspects such as energy, environmental and personal. In order to increase their effectiveness proposed business model and describes the functionality of the integrated system of monitoring, decision-making and management of housing and communal services.

Key words: smart city, housing complex, monitoring, business model, energy efficiency.

The Concept of Information Exchange in Socially Oriented Communities / Y. Arzoumanian, A. Zakharov, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 688–691.

The modern level of development of information society in the Russian Federation does actual consideration of questions of the organization of interaction in separate socially oriented communities. Most sharply need for it is felt among elderly people (pensioners) and persons with limited opportunities (disabled people). Features of this social group, their developed "digital inequality" besides the state support demand special organizational measures and sources of financing.

Key words: pensioners, disabled people, information exchange, business model.

Analysis of «Competitive Advantage» Based on Infocommunication Domain Model / M. Arzumanyan, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 691–696.

Competitiveness is seen as complex structured the multi -component property, formed in various areas described by Infocommunication domain-model bases on the theory of information exchange.

Key words: competitive advantage, the domain model, mental model, information-ary interaction.

Regulatory and Legal Aspects of Software Import Substitution in Infocommunications / Y. Babkin, V. Efimov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 696–701.

Information and communication technologies are one of the areas of import substitution. Regulatory and legal bases of the Russian Federation need of improvement for development of domestic production of communications and control systems, microelectronic components, dedicated software, software and hardware protection of information.

Key words: Import Substitution, normative and legal acts, Industry of Information and Communication Technologies (IT), hardware and software, element base.

Topical Issues of Development of Depreciation Policy of Telecom Operators / N. Belyanina, A. Golubeva, I. Shcherbakov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 701–705.

In article value and influence of depreciation policy on economic indicators of telecom operators is considered. The special attention is paid to optimum definition of depreciation charges as the size influencing financial performance of telecom operators.

Keywords: depreciation, depreciation charges, depreciation policy, useful services, investment policy.

Features and Tendencies of Development of the RuNet / N. Belyanina, A. Golubeva, I. Shcherbakov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 705–708.

In work development and current state of the RuNet is analyzed. Modern features and tendencies, characteristic for this market are shown and analysed.

Keywords: Internet, dynamics of penetration of the Internet, mobile Internet.

Management of Innovative Development for Information and Telecommunication Technologies / T. Blatova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 709–713.

Information and communication technologies have become a driver of innovation growth of any national economy and have an impact on its competitiveness. Development of information and communication technologies is impossible without a coordinated public policy.

Key words: innovative policy, competitiveness, information and communication technologies, innovative activity.

The Choice of Economic Criterion for Information Security in Telecommunications / N. Vasileva, V. Diptan, A. Stepanenko // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Info-telecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 714–717.

In the context of global economic competition of businesses and mass transition to electronic financial turnover are increasing information security costs of info-communications networks. To evaluate the effectiveness of information security systems are now using the criterion of minimum cost for a given level of risk losses. However nature of information security is probabilistic indicator. In this case adoption of investment decisions if to use a costs indicator, in practice becomes difficult.

The authors suggest choose as a criterion for evaluating the effectiveness of information security business the indicator of yield (minimum losses of income).

Key words: information security, telecommunication systems, costs, investment criterion, income, business process.

Workforce Management Systems: Development, implementation and Use of Telecom Operators / M. Volfson, D. Levashova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 717–721.

Competition in the telecommunications market is becoming one of the main incentives for improving business processes within companies – providers of communications services. In particular, more attention is paid to the process of working with clients: their connection, disconnection, as well as on the rate of elimination of damage, failure of the client and network equipment. To optimize these processes in recent years increasingly used workforce management system – WorkForce Management systems.

Key words: corporate information systems, OSS/BSS systems, business processes, IT architecture, eTOM, WorkForce Management.

Formation of A Knowledge Management System in the Enterprise / M. Volfson, A. Levashova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 721–726.

Enterprise knowledge management is the process of transformation of an integrated organization of its intellectual assets in income, which affects organizational, technical, cultural and psychological aspects of the organization. In order to build knowledge management system form the basic requirements for such systems, and discusses the basic technologies to implement them.

Key words: knowledge, knowledge management, knowledge management system, information systems.

Valuation of e-Commerce Enterprises / M. Volfson, N. Poryadina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 726–730.

Valuation of e-commerce enterprises have certain specificity compared with an estimate of traditional companies. There is a whole new set of key factors shaping the enterprise value. The paper proposes an approach to assessing the value of e-commerce enterprises using methods of Data Mining.

Key words: E-commerce, online store, valuation, electronic enterprise, Data Mining, Neural Network.

Prediction and Estimate of the Effectiveness of the Advertising Campaign of the Company on the Internet / M. Volfson, J. Solovyeva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 730–735.

The effectiveness of online advertising is one of the most important subjects analysis of internet marketing. Estimating the effectiveness of online advertising is complicated by several factors. The paper proposes an approach to the evaluation of the effectiveness and efficiency of online advertising, as well as to predict its efficiency at the stage of media planning.

Key words: Internet advertising, estimating of the effectiveness, media planning, conversion.

One Approach to Multicriteria Decision Making Under Ordinal and Complete Uncertainty / E. Vostokov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 735–742.

Many decisions making assumes multicriteria assessment of the reached results which values is defined by the controllable and uncontrollable factors (environment situation). In article is described procedure of multicriteria decision-making when information on the probabilistic distributions on a set of environment situation or completely inadmissible or there are only subjective estimations of these probabilities. Approach is based on modification of classical rules of one-criteria choice for decision-making under uncertainty.

Key words: multicriteria choice, decision-making under uncertainty, ordinal probabilities.

Organizational Culture as Tool of Management of the Organization / W. Hyde, I. Hitrina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 742–745.

The concept of organizational culture is one of the most popular modern management concepts. Reflecting the basic beliefs and values of the leader, organizational culture solves the problem of how to adapt to external changes and internal integration. Under the influence of external and internal factors organizational culture changes that may be contrary to the original intent and mission of the organization and may itself become a factor in the collapse of the company.

Key words: Management, organizational culture, basic beliefs, values, and mission of the organization, the clan organizational culture, the culture of survival, conflict constellation.

The Main Directions of Innovation Policy Telecommunications Companies / A. Gorbatko, V. Gusev, S. Sinicha // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 746–749.

Innovative activities of telecommunications companies has a significant impact on traditional industries. at the same time and choose a telecom company to maintain competitiveness needs to restructure innovation policy.

Key words: telecommunications, innovation policy, competitiveness, optimization of innovative activity.

Socio-Economic Inequalities. Cause and Effect / C.-D. Dorzhieva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 749–752.

Socio-economic inequality is perceived by many people as a manifestation of injustice. Social inequality, stratification of society lead to increased social tensions.

Key words: social and economic inequality, property relations.

On the Role of Reserves in the Russian Economy / M. Egorova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 752–757.

The dependence of the revenues from external factors explains the desire to build up reserves of oil and gas from the share of income. The paradox of thrift - a missed opportunity for economic growth, the growth of external debt and currency vulnerability of the Russian economy as a whole.

Key words: National Welfare Fund, the Reserve Fund, the international reserves.

Cost and Management Accounting Model of the Intellectual Capital / N. Ivanova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 757–762.

The present article is dedicated to the financial disclosure issue of intellectual capital at modern companies. It describes the solution by cost and management accounting implementation of intellectual capital. The form of revenue and expenditure budget was developed.

Key words: intellectual capital, cost and management accounting, book-keeping, revenue and expenditure budget, account cost.

Strategic Planning Activities of the Organization in Terms Crisis / E. Ivanova, A. Simonina, N. Shagas // IV International Scientific and Technical Methodical Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 762–765.

Dedicated planning activities of the organization in crisis conditions aimed at ensuring the growth and development of the organization through the development of activities aimed at meeting the needs of society in the products and services of the organization, as well as ensuring the profitability of its activities.

Key words: planning, management, strategic planning, development, growth, competitiveness.

Integrated Quality Management Solution for Retail / N. Isaeva, V. Smirnova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 766–770.

ISO 9001 standard is vast spread and suitable for organizations in all industries. The core issue for retail after approval Technical Regulation of Customs Union is integration of ISO 9001 standard with requirements to food safety system development and implementation.

Key words: retail, Technical Regulation of Customs Union, standard ISO 9001, integrated quality management system.

Method of Service Discovery and Localization in activity description in business processes / A. Kopp, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 770–776.

This article is focused on the Method of Service Discovery and Localization in activity description in business processes. The Service Localization is defined as the place of service in the path of the business process. Method of Service Discovery includes requirements for description of a business process, way of transition to the business process graph, creation and analysis its tabular description. This article is interesting to specialists in the field of development of service-oriented enterprise architecture (SOEA).

Key words: business process graph, adjacency matrix, business process notation, service.

Identification of Service Indicators as Object of Management / A. Kopp, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 776–780.

In the article are set and confirmed the hypothesis that the indicators characterizing the performance of a business process can be applied to the evaluation of a service and there is a link between indicators of business processes and services.

Key words: business process performance, service performance, interaction of business process and service performances.

Software Tool for Service Distinguishing in Graph Model of a Business Process / A. Kopp, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 781–786.

This article presents a software tool to reduce the complexity of the Method of Service Discovery in graph model of a business process. It was developed in Visual Basic for Applications. Attention is paid to automation algorithm for service discovery, placement of a tabular description of a business process graph, storage services and their variants, check a tabular description of a business process graph. This article is interesting to specialists in the field of implementation of service-oriented enterprise architecture (SOEA).

Key words: tabular description of a business process graph, service.

Quality Management of Electronic Services / O. Kopytko, A. Kudrin, T. Starkova // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 787–791.

The development of e-democracy, information economy, e-government, e-government, digital markets, social and economic electronic networks makes it particularly relevant research in the field of management of electronic services.

Key words: quality function deployment, e-services.

Standardization of Infocommunication Technologies in Education / О. КОРУТКО, Т. СТАРКОВА // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 791–796.

The article contains the analysis of the standardization in the field of information and communication technologies in education. Describes the main trends in international and national standardization in this direction. Discusses the leading organizations involved in these issues.

Key words: standardization of ICT in education, e-University, e-learning, distance education.

ICT and Industry Benchmarking in the Field of Trade / J. KOSTRIKOVA, A. KUDRIN, Т. СТАРКОВА // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 796–798.

The article provides an analysis of the state of modern macroeconomic trade sector. It suggests to use ICT and industry benchmarking as a method of regulating the sector.

Key words: ICT, industry benchmarking, state regulation.

Aspects of the Organization of Commercial Maritime Communications Segment / J. KOSTRIKOVA, U. MAL'TSEVA // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 799–801.

The article provides an analysis of the organization of the commercial segment maritime communications and its development prospects.

Key words: commercial segment of maritime communication, organizational and economic regulation, crisis management.

Dynamic Model for Balanced ScoreCard of Company / V. KOTOV // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 802–806.

On the basis of a well-known model of Cash-Flow offers dynamic model, which allows to solve the problem of balance figures of a firm in choosing different strategies. Model accumulates a lot of performance at all levels of management organizational structure, linking them with the strategic indicators of the company.

Key words: balanced scorecard, strategy goals, cash-flow model.

Offers Femtocell From Russian Mobile Operators: Analysis of the Situation and Possible ways of Development / A. KUDRIN // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb.: SUT, 2015. – PP. 807–810.

This article contains a brief analysis of the market femtocell formed by Russian mobile operators and its development prospects.

Key words: femtocells, picocells, the coverage of the mobile telephony, capital expenditures mobile telephone operators, organizational and economic regulation.

Description of Medical Decision-Making Mechanisms in Domain Model of Infocommunication / V. Kulikov, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 810–815.

The domain model of info-communications allows us to describe different activities in different application areas. The ability to describe specific types of medical activities, such as diagnostic decisions using the theory of communication and the domain model is useful for the analysis and design of diagnostic telemedicine systems.

Key words: domain model, mental model, decision making.

Development of Project Management Plan for Telecom Companies Based on PMI PMBOK / V. Kulikov, A. Sotnikov // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 815–819.

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) is the sum of professional knowledge in project management, on the basis of which the American Institute Project Management Institute is the certification of specialists for the title of the Project Management Professional (PMP). On the basis of the set plan project management for Russian companies.

Key words: project management, plan, stages.

Features Evaluating the Economic Efficiency of Making Investment Decisions in the Communications / E. Malevskaia-Malevich // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 819–825.

Informatization today rightly seen as an important national resource and an integral part of the national wealth of any country. Telecommunication companies engaged in the provision of services delivered to the objective necessity of network expansion and modernization of existing production material and technical base for stable and efficient operation in a developing competition. In this case, for the timely change of models and generations of technology, requires a large time investment. The main constraint appears limit their investment and financial resources of enterprises. In this paper we propose a model to optimize the investment plan of the telecommunication company.

Keywords: telecommunications, investing, optimization problems, dynamic programming.

The Theory of Long Waves in the Economy N. D. Kondratyev and the Current Economic Crisis / A. Meshkov, A. Simonina // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 826–830.

The theory of long waves of economic conditions created by N. D. Kondratyev in the 1920s. not lost its relevance because e can help to predict the development of the world economy for many years and decades. This is especially important in the conditions started in Russia recession, because if the world economy entered into a bearish wave Kondratieff cycle, it is possible to get out of it in traditional ways will not succeed.

Key words: Kondratieff cycles, upward and downward wave cycle, recession, structural adjustment of the economy.

Using the Model of Organizational Life Cycle Strategy for the Development Telecommunication Companies / S. Pinkovskaya // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 830–835.

The successful development of the telecommunications market requires not only competent development strategy, but also its successful implementation. Life cycle model of organization is an effective tool for solving these problems. It allows us to diagnose problems associated with non-compliance of its management system the level of current and future development of the company.

Key words: control system, the life cycle of the organization, development strategy, business processes.

Commitment of Workers as Factor of Stability of Human Resources / S. Khitrin // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 836–840.

Problem of devotion and correlation of actions of employees with the purposes of the organization – key in control of human resources. Corporate image, system of customer service, organizational climate and mobility of staff, competitiveness of the organization are tightly connected to devotion and identification of staff.

Keyword: organization, personal, identification, commitment.

Implementation of Software CATIA as A Secondary Process Innovation at A Manufacturing Plant / N. Shuval-Sergeeva // IV International Scientific and Technical and Methodological Conference «Actual Problems of Infotelecommunications in Science and Education». – SPb. : SUT, 2015. – PP. 840–845.

At the article the economic and mathematical model of the price mechanism innovation market is built, where the product innovation is the introduction of highly specialized software in the enterprise.

Key words: classification of innovation, economic and mathematical pricing models, the introduction of secondary process innovations.

АВТОРЫ СТАТЕЙ

АВГАРИ аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
Файз Салех Али Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
fsaleh28@yahoo.com

АБРАМЯН доктор педагогических наук, профессор кафедры бизнес-
информатики Санкт-Петербургского филиала Финансового
Геннадий Владимирович университета при Правительстве Российской Федерации,
abrgv@rambler.ru

АКИМОВ кандидат технических наук, доцент кафедры
Сергей Викторович автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, akimov-sv@yandex.ru

АЛЕКСЕЕВ Студент магистратуры кафедры информационных
Александр Владимирович управляющих систем Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, annalebedeva4@mail.ru

АЛЕКСЕЕВ кандидат технических наук, профессор кафедры
Алексей Георгиевич электроники и схемотехники Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, cathseugut@gmail.com

АЛИМОВ кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
Василий Николаевич физики Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, alimov_vasilii@mail.ru

АЛЬ БАХРИ студент группы СК-01 Санкт-Петербургского
Махмуд Саид государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, albahri.89@hotmail.com

АЛЬ-АМЕРИ аспирант кафедры радиопередающих устройств и средств
Хамед Абдо подвижной связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, hamed_ru2008@yahoo.com

АЛЬ-ОСАИМИ аспирант кафедры радиопередающих устройств и средств
Халид Абдулла Мухаммед подвижной связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, alosaimi@mail.ru

- АНДРЕЕВ**
Александр Давидович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aadgutspb@mail.ru
- АНДРЕЕВ**
Сергей Дмитриевич кандидат технических наук, PhD, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятности Российского университета дружбы народов, serge.andreev@gmail.com
- АНДРЕЕВА**
Елена Николаевна аспирант кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kod_007@mail.ru
- АНДРИАНОВ**
Владимир Игоревич кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vladimir.i.andrianov@gmail.com
- АНУФРЕНКО**
Александр Викторович адъюнкт кафедры военные системы многоканальной электрической и оптической связи Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, leroi88@mail.ru
- АРЗУМАНЯН**
Максим Юрьевич ассистент кафедры информационных технологий в экономике Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, arz83@mail.ru
- АРЗУМАНЯН**
Юрий Вазгенович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий в экономике Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, arz@fem.sut.ru
- АРХАНГЕЛЬСКИЙ**
Владимир Борисович кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий инженер НИИ световодной фотоники Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий механики и оптики, v.b.arh@mail.ru
- АРХИПОВ**
Валерий Викторович аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vvarh@mail.ru

- АСТАХОВ** Александр Владимирович кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и линий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. Бонч-Бруевича, alastakhov707@gmail.com
- АФАНАСЬЕВА** Ольга Владимировна кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и управления национального минерально-сырьевого университета «Горный», OVAf@rambler.ru
- БАБКИН** Юрий Алексеевич кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, yuriib@mail.ru
- БАБКОВ** Валерий Юрьевич доктор технических наук, профессор радиопередающих устройств и средств подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, babkov_v@mail.ru
- БАСКИН** Лев Мордухович доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lev_baskin@mail.ru
- БАСОВ** Владислав Вадимович студент магистратуры кафедры радиоприема, вещания и электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vlad-r-87@rambler.ru
- БАЧЕВСКИЙ** Сергей Викторович доктор технических наук, профессор, ректор Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, rector@sut.ru
- БЕГИДОВ** Аубекир Ахмадович инженер кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lendvel@gmail.com
- БЕЗЗАТЕЕВ** Сергей Валентинович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры технологий защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, bsv@aanet.ru
- БЕЛОВ** Михаил Петрович кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ius@spbgut.ru

- БЕЛОУС** Константин Владимирович старший преподаватель кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kostos_84@mail.ru
- БЕЛЯЕВА** Наталия Николаевна профессор кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича n.belyaeva@inbox.ru
- БЕЛЯНИНА** Наталья Николаевна кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mn-bel@yandex.ru
- БЛАТОВА** Татьяна Александровна старший преподаватель кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nsnlon@gmail.com
- БОГДАНОВА** Евгения Геннадьевна студентка группы МТ-01 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, evgenia15v@gmail.com
- БОЛТОВ** Юрий Федорович кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ufb@edwer.spb.ru
- БОРИСЕНКО** Николай Павлович кандидат технических наук, доцент, сотрудник Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, sec@academ.msk.rsnet.ru
- БОЧАРОВ** Евгений Иванович кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры Электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, bocharov.ekp@gmail.com
- БУЗЮКОВ** Лев Борисович кандидат технических наук, заведующий кафедрой программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, levbuz@mail.ru
- БУЙНЕВИЧ** Михаил Викторович доктор технических наук, профессор кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, bmv1958@yandex.ru

- БУЛАТОВА** Ирина Александровна ассистент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, usatova_ia@mail.ru
- БУСНЮК** Андрей Олегович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, andreibusnyuk@mail.ru
- БЫЛИНА** Мария Сергеевна кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и линий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, bylinamaria@mail.ru
- БЫРДИНА** Ольга Дмитриевна студентка группы ИКТЗ-14 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lekaknopka1@mail.ru
- ВАГАНОВ** Александр Валерьевич старший преподаватель кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, a_v_vaganov@mail.ru
- ВАЛЕЕВ** Булат Марсович студент магистратуры Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева, sielf@mail.ru
- ВАСИЛЬЕВ** Евгений Владимирович аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, jimmbraddock@gmail.com
- ВАСИЛЬЕВ** Николай Николаевич студент группы ИКТЗ-15 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vasilievnc9@gmail.com
- ВАСИЛЬЕВА** Надежда Николаевна старший преподаватель кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vnn2008@gmail.com
- ВЕРХОВА** Галина Викторовна доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, galina500@inbox.ru

ВЕСЕЛОВ аспирант кафедры информационных управляющих систем
Василий Олегович Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, annalebedeva4@mail.ru

ВИТКОВА аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, iskinlidia@gmail.com

ВЛАДИМИРОВ кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vladimirov.opds@gmail.com

ВЛАДЫКО кандидат технических наук, начальник управления научной работы и подготовки научных кадров Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vladyko@bk.ru

ВОЛГУШЕВ ассистент кафедры радиопередающих устройств и средств подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, d.volgushev@yandex.ru

ВОЛКОВ адъюнкт кафедры автоматизированные системы специального назначения Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, denmarath@mail.ru

ВОЛКОГОНОВ кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, wn@lanck.ru

ВОЛОДИН студент магистратуры кафедры радиопередающих устройств и средств подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, eg.volodin@gmail.com

ВОЛОКОБИНСКИЙ доктор технических наук, профессор кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, voloknatal@mail.ru

- ВОЛОКОБИНСКИЙ** доктор технических наук, профессор кафедры
Юрий Михайлович конструирования и производства радиоэлектронных
средств Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, voloknatal@mail.ru
- ВОЛЩУКОВ** аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-
Матвей Юрьевич Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
neve75@mail.ru
- ВОЛЬФСОН** кандидат экономических наук, доцент кафедры
Михаил Борисович информационных технологий в экономике Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
volyson75@gmail.com
- ВОРОБЬЕВ** кандидат технических наук, профессор, заведующий
Олег Владимирович кафедры радиопередающих устройств и средств
подвижной связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, vorobievov@bk.ru
- ВОСТОКОВ** кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры
Евгений Викторович управления и моделирования в социально-экономических
системах Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, ostenek@mail.ru
- ГАЙДА** кандидат психологических наук, доцент кафедры
Валентина Леонидовна управления в социально-экономических системах Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vgajda@yandex.ru
- ГАЛИЦКИЙ** аспирант кафедры программной инженерии
Александр Анатольевич и вычислительной техники Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, galexant@yandex.ru
- ГАМИЛЬ** аспирант кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-
Абдуллах Абдулрахман Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
obad-85a@mail.ru
- ГВОЗДЕВ** старший преподаватель кафедры защищенных систем
Юрий Васильевич связи, проректор по безопасности Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, bar@sut.ru

ГЕЛЬФАНД студент группы МБИ-21 Санкт-Петербургского
Артем Максимович государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
www.murmandemon@mail.ru

ГИМРАНОВ студент группы РК-11 Санкт-Петербургского
Роберт Раилевич государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
avito02@yandex.ru

ГЛАГОЛЕВ кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Сергей Федорович фотоники и линий связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, glagolevSF@yandex.ru

ГОЛУБЕВА кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики
Алла Владимировна и управления в связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kasik07@yandex.ru

ГОНЧАР аспирант кафедры общей и технической физики
Игорь Валерьевич Национального минерально-сырьевого университета
«Горный», ivgonet@gmail.com

ГОРБАТЬКО кандидат экономических наук, заместитель руководителя
Александр Владимирович департамента информационных технологий г. Москва,
ekon_up@sut.ru

ГРОМОВ кандидат технических наук, доцент кафедры информатики
Владислав Витальевич и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
gromov_vladislav@hotmail.com

ГУБИН кандидат технических наук, доцент кафедры
Александр Николаевич информационных управляющих систем Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
gan50_60@mail.ru

ГУРЕВИЧ кандидат технических наук, профессор кафедры
Виктор Элизарович радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, gurvic23@mail.ru

ГУСЕВ кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики
Василий Игоревич и управления в связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ekon_up@sut.ru

АВТОРЫ СТАТЕЙ

ГУСЕВ кандидат технических наук, инженер 1-й категории Санкт-Петербургского филиала ФГУП НИИ «Квант»,
Михаил Николаевич michael.n.gusev@gmail.com

ГУЩИН аспирант кафедры информационных управляющих систем
Алексей Владимирович Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
alexeygushinpost@gmail.com

ДАВЫДОВА старший преподаватель кафедры информационных
Екатерина Викторовна управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»,
k_davidova@bk.ru

ДАНИЛОВ инженер производственного отдела связи службы связи
Максим Сергеевич ООО «Газпромтрансгаз Санкт-Петербург»,
rfntymrf01@gmail.com

ДЕГТЯРЕВ доктор технических наук, профессор кафедры
Владимир Михайлович информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
dvm1940@gmail.com

ДЕШЕВЫХ студент группы ИКТЗ-16 Санкт-Петербургского
Евгения Алексеевна государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nowia@mail.ru

ДЕШИНА старший преподаватель кафедры конструирования
Наталья Олеговна и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vusjara@yandex.ru

ДИПТАН ассистент кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Владимир Анатольевич diptan@gmail.com

ДМИТРИЕВ аспирант кафедры радиопередающих устройств и средств
Павел Дмитриевич подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, p-dmitriev@list.ru

ДОЛГОБОРОДОВ студент группы МФ-06 Санкт-Петербургского
Артём Андреевич государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artemon710@yandex.ru

АВТОРЫ СТАТЕЙ

- ДОРЖИЕВА** Цырен-Дыжит Дондоковна кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dorzhieva@gmail.com
- ДУДАРЕВ** Борис Дмитриевич студент Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, sec@academ.msk.rsnet.ru
- ЕГОРОВ** Станислав Геннадьевич аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sgedorov@gmail.ru
- ЕГОРОВА** Марина Александровна кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, egorova-mak@yandex.ru
- ЕЛАГИН** Василий Сергеевич кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, v.elagin@spbgut.ru
- ЕПИХИН** Алексей Олегович студент магистратуры кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aleksey.4adoff@yandex.ru
- ЕРМАКОВА** Татьяна Вячеславовна аспирант кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, t.ermakova89@gmail.com
- ЕФИМОВ** Вячеслав Викторович кандидат технических наук, доцент, исполняющий обязанности директора Ленинградского отделения Центрального научно-исследовательского института связи, v.v.efimov@rambler.ru
- ЖАРИНОВ** Геннадий Михайлович доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель отделения ЗОМТ Российского научного центра радиологии и хирургических технологий, asatur15@mail.ru
- ЖИДАНОВ** Константин Александрович ассистент кафедры технологий защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, konstantin.zhidanov@gmail.com

- ЖУРАВОВ** студент группы Р-01 Санкт-Петербургского
 Дмитрий Вячеславович государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
zhuravov_dv@mail.ru
- ЗАХАРОВ** кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры
 Ариан Арианович информационных технологий в экономике Санкт-
 Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
za54ar@gmail.com
- ЗАХАРЧУК** Инженер-конструктор отдела автоматизации ОАО Научно-
 Кирилл Дмитриевич производственного предприятия «Авиационная и морская
 электроника», mfp_nio11@mail.ru
- ЗОЛОТОВ** кандидат технических наук, профессор, заведующий
 Олег Иванович кафедрой информационных управляющих систем Санкт-
 Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
oleg_1938@mail.ru
- ИВАНОВ** доктор технических наук, профессор кафедры сетей связи
 Александр Юрьевич и передачи данных Санкт-Петербургского
 государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alexandr.y@mail.ru
- ИВАНОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры общей
 Алексей Сергеевич и технической физики Национального минерально-
 сырьевого университета «Горный», ivaleks58@gmail.com
- ИВАНОВ** студент магистратуры кафедры конструирования
 Андрей Дмитриевич и производства радиоэлектронных средств Санкт-
 Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
audi_3d@rambler.ru
- ИВАНОВА** аспирант кафедры радиотехники и информационных
 Алиса Федоровна технологий Санкт-Петербургского государственного
 института кино и телевидения, www.zorg@bk.ru
- ИВАНОВА** кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики
 Елена Львовна и управления в связи Санкт-Петербургского
 государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, eli104@yandex.ru
- ИВАНОВА** аспирант кафедры экономики и управления в связи Санкт-
 Надежда Олеговна Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
ivswallow@yandex.ru

АВТОРЫ СТАТЕЙ

ИВАЩЕНКО доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
Антон Владимирович ООО «ХАСКИ КОД», anton.ivashenko@gmail.com

ИЛЬЮШИН кандидат технических наук, доцент кафедры системного
Юрий Валерьевич анализа и управления национального минерально-
сырьевого университета «Горный», bdbyu@mail.ru

ИСАЕВА старший преподаватель кафедры экономики и управления
Надежда Александровна в связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, nadezhda.isaeva@rambler.ru

КАБАРДОВ кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
Муаед Мусович высшей математики Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kabardov@bk.ru

КАЗАНЦЕВ соискатель кафедры информатики и компьютерного
Николай Сергеевич дизайна Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, nicolay.kazantsev@gmail.com

КАЛИНИН аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
Егор Викторович Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
kalinin.e-v@mail.ru

КАНАЕВ доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Андрей Константинович электрической связи Петербургского государственного
университета путей сообщения Императора Александра I,
kanaenak@mail.ru

КАПРАЛОВ инженер кафедры конструирования и производства
Дмитрий Дмитриевич радиоэлектронных систем Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dmitry_kapralov@mail.ru

КАТАЛКОВ ассистент кафедры защищённых систем связи Санкт-
Дмитрий Валерьевич Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
maxkovzur@mail.ru

КАЧНОВ ведущий специалист отдела автоматизации ОАО Научно-
Андрей Владимирович производственного предприятия «Авиационная и морская
электроника», mfp_nio12@mail.ru

КИРЕЕВ аспирант кафедры радиопередающих устройств и средств
Артем Валерьевич подвижной связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, kireyev@list.ru

- КИРИК** Дмитрий Игоревич кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоэлектронных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kirikdmitriy@mail.ru
- КИРИЧЕК** Руслан Валентинович кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kirichek@sut.ru
- КЛИМОВА** Полина Валентиновна кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, cathseugut@gmail.com
- КЛИМЧИЦКАЯ** Галина Леонидовна доктор физико-математических наук, профессор кафедры квантовой электроники Санкт-Петербургского политехнического университета, g_klimchitskaya@mail.ru
- КОВАЛЕВА** Татьяна Юрьевна кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tankrivos@yandex.ru
- КОВЦУР** Максим Михайлович аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, maxkovzur@mail.ru
- КОЖАНОВ** Юрий Федорович кандидат технических наук, доцент кафедры безопасность информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, juriy.kozhanov@mail.ru
- КОЗЛОВА** Людмила Петровна кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tigrenok59@mail.ru
- КОЗЛОВА** Ольга Александровна старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, k_olga_a@mail.ru

- КОНЮХОВ** Виталий Михайлович студент группы МИ-08 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vitaliykonyukhov@gmail.com
- КОПП** Анастасия Ильинична студентка магистратуры группы БИ-33м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aikopp@mail.ru
- КОПЫТКО** Олег Иванович старший преподаватель кафедры экономики и управления в связи» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, o.kopytko@elsis-spb.ru
- КОРЖИК** Валерий Иванович доктор технических наук, профессор кафедры защищённых систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, val-korzhih@yandex.ru
- КОСАРЕВ** Олег Валерьевич кандидат технических наук, доцент кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, oleg.v.kosarev@gmail.com
- КОСОВ** Даниил Сергеевич Директор по развитию бизнеса ООО «ХАСКИ КОД», kosov@husky-code.com
- КОСТАРЕВ** Сергей Валерьевич начальник Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, vasspb@list.ru
- КОСТРИКОВА** Юлия Александровна аспирант кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ariadnna91@gmail.com
- КОТОВ** Виктор Иванович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kotov-vi@yandex.ru
- КОЧЕТКОВ** Игорь Сергеевич студент Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, sec@academ.msk.rsnnet.ru
- КРАСОВ** Андрей Владимирович кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры защищённых систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, krasov@pisem.net

АВТОРЫ СТАТЕЙ

КРИВЦОВ кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, a_kriv@mail.ru
Александр Николаевич

КРЫЖКО студент Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, sec@academ.msk.rnet.ru
Александр Владимирович

КРЫЛОВ студент группы ИКТЗ-16 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, doggera@mail.ru
Константин Юрьевич

КУБАЛОВА кандидат технических наук, доцент кафедры теории электрических цепей Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kubalovaap@mail.ru
Анна Рудольфовна

КУДРИН аспирант кафедры экономики и управления в связи» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, potkom@yandex.ru
Андрей Васильевич

КУЗЬМИН Генеральный директор ООО «ХАСКИ КОД», kuzmin@husky-code.com
Виталий Владиславович

КУЛИКОВ кандидат технических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 9655566@gmail.com
Виктор Владимирович

КУРНОСОВ доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vi-kurnosov@mail.ru
Валерий Игоревич

КУСКОВА студентка магистратуры кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Irinakuskova1990@gmail.com
Ирина Александровна

КУТУЗОВ доктор технических наук, профессор, ректор Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), vmkutuzov@etu.ru
Владимир Михайлович

КУЧЕРЯВЫЙ
 Андрей Евгеньевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, akouch@mail.ru

КУЧЕРЯВЫЙ
 Евгений Андреевич кандидат технических наук, PhD, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, seti_sviasi@bk.ru

ЛАПШОВ
 Дмитрий Яковлевич аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kerber67@mail.ru

ЛЕ
 Чан Дык аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, letranduc.telecom@gmail.com

ЛЕБЕДЕВА
 Анна Андреевна аспирант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, annalebedeva4@mail.ru

ЛЕВАШОВА
 Дарья Игоревна бизнес-аналитик компании ООО «NetCracker Technology», daria.levashova@NetCracker.com

ЛЕВИН
 Марк Вадимович ассистент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, m.va.levin@gmail.com

ЛЕОНИДЗЕ
 Константин Эднорович ведущий инженер кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, k.leonidze@gmail.com

ЛИВШИЦ
 Александр Иосифович доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, livshits@sut.ru

ЛИКОНЦЕВ
 Алексей Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, likontsev-rts@mail.ru

ЛИПАТНИКОВ Валерий Алексеевич доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, lipatnikovanl@mail.ru

ЛИТВИНОВ Владислав Леонидович кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vlad-l@nm.ru

ЛЫСЕНКО Николай Владимирович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой телевидения и видеотехники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), nvlysenko@etu.ru

ЛЯМИНА Валерия Сергеевна инженер отдела автоматизации ОАО Научно-производственного предприятия «Авиационная и морская электроника», mfp_nio13@mail.ru

МАКСИМОВ Алексей Павлович аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, apmaksimov@gmail.com

МАЛЕВСКАЯ-МАЛЕВИЧ Екатерина Данииловна кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mmed11@yandex.ru

МАЛЬЦЕВА Ульяна Владимировна аспирант кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, taxav@bk.ru

МАРХОТИН Арсений Андреевич аспирант кафедры радиотехники и информационных технологий Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения, markhotin@gmail.com

МАТЮХИНА Татьяна Владимировна кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tatjana@mail.ru

МЕДВЕДЕВ Валерий Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, medvedev.spb@list.ru

- МЕШКОВ** Александр Владимирович кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aleksander-v-meshkov@yandex.ru
- МИЛЮТИН** Евгений Рафаилович доктор технических наук, профессор кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kafedra.rts@mail.ru
- МИНАЕВ** Антон Андреевич инженер Самарского отделения Научно-исследовательского института радио, thebestmauda@gmail.com
- МКРТЫЧЯН** Павел Зорикович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, pavel_mkrtychyan@mail.ru
- МОЛЧАНОВ** Дмитрий Александрович кандидат технических наук, доцент факультета информатики и электротехники Технологического университета г. Тампере, dmitri.moltchanov@tut.fi
- МУРИЛОВА** Светлана Владимировна студентка группы ИКТЗ-14 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, svet185ka@gmail.com
- МУСАЕВА** Татьяна Вагиф кызы кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, superjet200@mail.ru
- НАЧКЕБИЯ** Лаша Ломиновича аспирант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lnach@mail.ru
- НЕБАЕВ** Игорь Алексеевич кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, inebaev@spbgut.ru
- НЕБАЕВА** Ксения Андреевна кандидат технических наук, ассистент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ksenya_2002@mail.ru

АВТОРЫ СТАТЕЙ

НИКИТИН Валерий Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vnikitin@rdnet.ru

НИКИТИН Никита Сергеевич студент Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, sec@academ.msk.rnet.ru

НИКИТИН Юрий Александрович кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры электроника и схемотехника Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, yuriyan@list.ru

НИКИТИНА Александра Викторовна кандидат технических наук, доцент кафедры радиопередающих устройств и средств подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, envision@yandex.ru

НИКИФОРОВ Олег Гелиевич кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ОАО «Научно-исследовательский институт «Рубин», nikiforov-55@mail.ru

НОВИКОВ Антон Леонидович технический директор ООО «ХАСКИ КОД», novikov@husky-code.com

НОТКИН Михаил Евсеевич кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории квантовой электроники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, notkin@sut.ru

ОКУНЕВА Дарина Владимировна аспирант кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, darina_okuneva@mail.ru

ОМЁТОВ Александр Ярославич аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alexander.ometov@gmail.com

ПАНФИЛОВ Юрий Николаевич студент группы МИ-08 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникация им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, yuripanfilov@yahoo.com

ПАТРИК кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники
Олег Гарриевич и линий связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, oleg.patric@gmail.com

ПЕРВУХИН доктор технических наук, профессор кафедры системного
Дмитрий Анатольевич анализа и управления национального минерально-
сырьевого университета «Горный», pervuchin@rambler.ru

ПЕРЕДИСТОВ аспирант, старший преподаватель кафедры физики Санкт-
Евгений Юрьевич Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
euperedistov@yandex.ru

ПЕРШИН кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры
Юрий Михайлович электроники и схемотехники Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
pershin.ekp@gmail.com

ПЕТРОВ аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-
Виталий Игоревич Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vit.petrov@gmail.com

ПИНКОВСКАЯ кандидат экономических наук, доцент кафедры управления
Светлана Васильевна и моделирования социально-экономических систем Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
pinkovskaja@yandex.ru

ПISКУНОВ кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Валерий Владимирович систем связи, телемеханики и информационно-сетевых
технологий Петербургского энергетического института
повышения квалификации, sstek@peipk.spb.ru

ПЛОТНИКОВА аспирант кафедры информатики и компьютерного дизайна
Елена Вячеславовна Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
ne.nya@mail.ru

ПОГОЖЕВА главный специалист ОАО «Ленэнерго»,
Анна Владимировна annapogozheva@gmail.com

ПОДОЛЯК аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-
Родион Сергеевич Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
podolyak.rs@gmail.com

ПОЛЯКОВ кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
 Михаил Анатольевич физики Санкт-Петербургского государственного
 университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
 Бруевича, m.a.polyakov@inbox.ru

ПОРЯДИНА студентка магистратуры кафедры информационных
 Надежда Егоровна технологий в экономике Санкт-Петербургского
 государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nady_po@mail.ru

ПРАСОЛОВ инженер кафедры радиоприема, вещания и
 Александр Александрович электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского
 государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, prasolov.alex@mail.ru

ПРУСАКОВА студентка группы ТСС-05 Санкт-Петербургского
 Софья Евгеньевна государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, prusakova.sofia@gmail.com

ПТИЦЫНА доктор технических наук, профессор кафедры
 Лариса Константиновна информационных управляющих систем Санкт-
 Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
ptitsina_lk@inbox.ru

ПУШКИНА аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
 Евгения Олеговна Санкт-Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
evergrin@mail.ru

РОГОЗИНСКИЙ кандидат технических наук, руководитель направления
 Глеб Гендрихович аудиотехнологий НОЦ «Медиацентр» Санкт-
 Петербургского государственного университета
 телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
gleb.rogozinsky@gmail.com

РОМАНОВ кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
 Сергей Леонидович систем управления и компьютерных технологий
 Балтийского государственного технического университета
 «ВОЕНМЕХ» имени Д. Ф. Устинова, rm_74@mail.ru

РОМАНОВ студент группы ИКТ3-15 Санкт-Петербургского
 Григорий Григорьевич государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, grihey138@gmail.com

РОМАНОВА кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
 Валентина Ивановна радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского
 государственного университета телекоммуникаций
 им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, abalichina@mail.ru

РЫБАКОВ аспирант кафедры радиопередающих устройств и средств
Алексей Игоревич подвижной связи Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, lexeus.r1@gmail.com

РЫЖИКОВА старший преподаватель кафедры конструирования и
Татьяна Аркадьевна производства радиоэлектронных средств Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
t.rigikova@yandex.ru

РЫЖКОВ кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры
Александр Евгеньевич радиопередающих устройств и средств подвижной связи
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
aryjkov@mail.ru

РЫНГАЧ ассистент кафедры электроники и схемотехники Санкт-
Екатерина Владимировна Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
korneva_ev_spb@mail.ru

САГДИЕВ кандидат технических наук, доцент кафедры
Рафаэль Касимович радиоэлектроники и информационно-измерительной
техники Казанского национального исследовательского
технического университета им. А. Н. Туполева,
srk07@mail.ru

СВЕРЧКОВА инженер 2-ой категории ОАО «Гипроспецгаз»,
Мария Юрьевна mawa.spb.gut@mail.ru

СВИНЬИНА ассистент кафедры радиоприема, вещания
Ольга Андреевна и электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, olga.svinyina@gmail.com

СЕДЫШЕВ кандидат технических наук, доцент кафедры электроники
Эрнест Юрьевич и схемотехники Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, laboratoria-mw@yandex.ru

СЕРГЕЕВ старший преподаватель кафедры фотоники и линий связи
Алексей Николаевич Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
a32@bk.ru

СЕРГЕЕВ доктор технических наук, профессор кафедры теории
Валерий Варламович электрических цепей и связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vsergv43@mail.ru

СИДОРОВ соискатель научно-исследовательского института
Степан Сергеевич оперативно-стратегических исследований строительства
военно-морского флота, sidorov_stepan@inbox.ru

СИМОНИНА старший преподаватель кафедры управления
Анна Александровна и моделирования в социально-экономических системах
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
ann-simonina@yandex.ru

СИМОНИНА кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи
Ольга Александровна и передачи данных Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, olga.simonina@spbgut.ru

СИНИЦА кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики
Сергей Александрович и управления в связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ekon_up@sut.ru

СКВОРЦОВ аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-
Юрий Владимирович Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
yuriy709@gmail.com

СМИРНОВ кандидат технических наук, доцент кафедры электроники
Василий Сергеевич и схемотехники Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, vasily.smirnov@gmail.com

СМИРНОВ кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Константин Алексеевич ОАО «Научно-исследовательский институт «Рубин»,
konst17@mail.ru

СМИРНОВА аспирант кафедры экономики и управления в связи Санкт-
Виктория Владимировна Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
for_vika@bk.ru

СМОЛОВИК аспирант НИИ световодной фотоники Санкт-
Михаил Андреевич Петербургского национального исследовательского
университета информационных технологий механики
и оптики, ma.smolovik@gmail.com

СОЛОВЬЕВА старший преподаватель кафедры информатики
Александра Владимировна и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
alexis.soloveva@gmail.com

СОЛОВЬЕВА Юлия Игоревна коммерческий директор интернет-агентства KREADO, julia@kreado.ru

СОТЕНКО Антон Сергеевич кандидат технических наук, доцент, руководитель проекта ЗАО «КОМИТА», antosha@mail.ru

СОТЕНКО Сергей Михайлович кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, cotenkocm@mail.ru

СОТНИКОВ Александр Дмитриевич доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий в экономике» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, adsotnikov@mail.ru

СТАРИКОВ Владимир Владимирович аспирант кафедры радиопередающих устройств и средств подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vl.vl.starikov@gmail.com

СТАРКОВА Татьяна Николаевна старший преподаватель кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tania_starkova@bk.ru

СТАРОСТИН Владимир Сергеевич кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, star_vs_47@mail.ru

СТЕПАНЕНКО Александр Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, saal@mail333.com

СТЕПАНОВ Андрей Борисович кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dsp.sut@yandex.ru

СТРИЖАЧЕНКО Алексей Ильич кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alexeynwtu@hotmail.com

- СУНГАТУЛЛИН** Эльдар Нурисламович аспирант кафедры радиоприема, вещания и электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sungeldar@mail.ru
- ТАРАСОВ** Владимир Анатольевич старший преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vat-liquidator@bk.ru
- ТИАМИЙУ** Абдулрахамон Осуолале аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ozutiams@yahoo.com
- ТИХОНОВ** Сергей Владимирович аспирант кафедры защищённых систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tikhonovc@yandex.ru
- ТОМАШЕВИЧ** Сергей Викторович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tomashevich.s.v@gmail.com
- УЛЬЯНОВ** Андрей Викторович аспирант кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ulyanov_av@spbgut.ru
- УМИРОВ** Ерлан Алимханович студент магистратуры кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, umirov90@bk.ru
- УСТИМЕНКО** Вячеслав Михайлович кандидат технических наук, профессор кафедры радиоприема, вещания и электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, ustimenko38@yandex.ru
- УШАКОВ** Игорь Александрович старший преподаватель кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ushakovia@gmail.com
- ФЕДОРЦОВ** Александр Борисович доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и технической физики Национального минерально-сырьевого университета «Горный», borisovitch-f@yandex.ru

- ФИЛИН** Владимир Алексеевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, filin_vladimir@mail.ru
- ФОКИН** Григорий Алексеевич кандидат технических наук, доцент кафедры радиопередающих устройств и средств подвижной связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, grihafokin@gmail.com
- ФУРСЕЙ** Георгий Николаевич доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, g.fursev@gmail.com
- ХАБАЕВ** Никита Сергеевич студент группы ИКТЗ-14 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, xabaev93@gmail.com
- ХИТРИН** Сергей Ионович старший преподаватель кафедры управления в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, iris90@mail.ru
- ХИТРИНА** Ирина Юрьевна кандидат психологических наук, доцент кафедры управления в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, irissib@yandex.ru
- ХЛЫЗОВ** Алексей Иванович студент группы СП-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alex.khlizov@gmail.com
- ХОРОШЕНКО** Сергей Викторович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, khoroshenko@mail.ru
- ЧЕРНЕНКО** Вероника Вадимовна студентка магистратуры кафедры «Электроника и схемотехника» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nikachernenko@gmail.com

ЧЕРНЫХ
Леонид Михайлович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, chernyx_lm@mail.ru

ЧЕСНОКОВ
Владимир Михайлович студент группы ИКТЗ-14 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, chesnokov.ptz@yandex.ru

ЧУМАЧЕНКО
Светлана Александровна студентка группы ИКТЗ-14 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, chumsvetlana@yandex.ru

ЧУРНОСОВ
Евгений Владимирович доктор биологических наук, профессор кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, evg.vlad@mail.ru

ШАГАС
Наталья Николаевна старший преподаватель кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ekon_up@sut.ru

ШАРКОВА
Наталья Михайловна старший преподаватель кафедры математической физики физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, n-sharkova@yandex.ru

ШЕХОВЦОВ
Олег Иванович кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ) им. В. И. Ульянова (Ленина), clarahena@mail.ru

ШТЕРЕНБЕРГ
Станислав Игоревич аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, shterenberg.stanislaw@yandex.ru

ШУВАЛ-СЕРГЕЕВА
Нина Сергеевна соискатель кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ninika.ru@mail.ru

ШУЛЬГИН
Владимир Алексеевич старший преподаватель кафедры автоматизации, роботизации и управления техническими системами Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова, v.shulgin@agtu.ru

АВТОРЫ СТАТЕЙ

ЩЕКОЧИХИН аспирант кафедры радиотехники и информационных технологий Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения, ashekochikhin@gmail.com
Алексей Викторович

ЩЕРБАКОВ кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления в связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sib8@yandex.ru
Игорь Борисович

ЮРОВА кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, va-yurova@mail.ru
Валентина Александровна

ЮРОВА аспирант кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, juliamozar@gmail.com
Юлия Викторовна

ЯКОВЛЕВ доктор технических наук, профессор кафедры защищённых систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, viyak@bk.ru
Виктор Алексеевич

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Авгари Ф. С. А. **23**
 Абрамян Г. В. **663, 668**
 Акимов С. В. **418, 422**
 Алексеев А. В. **427**
 Алексеев А. Г. **594, 598**
 Алимов В. Н. **603**
 Аль Бахри М. С. **174**
 Аль-Амери Х. А. **28**
 Аль-Осаими Х. А. М. **178**
 Андреев А. Д. **608**
 Андреев С. Д. **183, 186**
 Андреева Е. Н. **673**
 Андрианов В. И. **190, 193**
 Ануфренко А. В. **198, 203**
 Арзуманян М. Ю. **691**
 Арзуманян Ю. В. **679, 683, 688**
 Архангельский В. Б. **206, 211**
 Архипов В. В. **216, 221**
 Астахов А. В. **227**
 Афанасьева О. В. **232**
 Бабкин Ю. А. **696**
 Бабков В. Ю. **33**
 Баскин Л. М. **431, 612**
 Басов В. В. **37**
 Бачевский С. В. **6**
 Бегидов А. А. **617**
 Беззатеев С. В. **183, 186**
 Белов М. П. **436**
 Белоус К. В. **441, 445, 449**
 Беляева Н. Н. **42**
 Белянина Н. Н. **701, 705**
 Блатова Т. А. **709**
 Богданова Е. Г. **238**
 Болтов Ю. Ф. **244**
 Борисенко Н. П. **249, 252**
 Бочаров Е. И. **620, 624**
 Бузюков Л. Б. **255, 260**
 Буйневич М. В. **453**
 Булатова И. А. **629**
 Буснюк А. О. **603**
 Былина М. С. **264, 270**
 Бырдина О. Д. **275**
 Ваганов А. В. **456, 461**
 Валеев Б. М. **47**
 Васильев Е. В. **277**
 Васильев Н. Н. **216**
 Васильева Н. Н. **679, 714**
 Верхова Г. В. **418, 422**
 Веселов В. О. **465**
 Виткова Л. А. **190**
 Владимиров С. С. **281**
 Владыко А. Г. **17**
 Волгушев Д. Б. **50**
 Волков Д. В. **198, 203**
 Волкогонов В. Н. **190**
 Володин Е. Е. **178**
 Волокобинский М. Ю. **54**
 Волокобинский Ю. М. **57**
 Волщуков М. Ю. **470**
 Вольфсон М. Б. **683, 717, 721, 726, 730**
 Воробьев О. В. **63, 67**
 Востоков Е. В. **673, 683, 735**
 Гайда В. Л. **742**
 Галицкий А. А. **285**
 Гамиль А. А. **290**
 Гвоздев Ю. В. **295**
 Гельфанд А. М. **295**
 Гимранов Р. Р. **298**
 Глаголев С. Ф. **238**
 Голубева А. В. **701, 705**
 Гончар И. В. **71**
 Горбатько А. В. **746**
 Громов В. В. **474**
 Губин А. Н. **479**
 Гуревич В. Э. **75, 80**
 Гусев В. И. **746**
 Гусев М. Н. **482**
 Гущин А. В. **488**
 Давыдова Е. В. **493**
 Данилов М. С. **302**
 Дегтярев В. М. **496, 501**
 Дешевых Е. А. **310**
 Дешина Н. О. **57, 85, 88, 92**
 Диптан В. А. **714**
 Дмитриев П. Д. **95**
 Долгобородов А. А. **227**
 Доржиева Ц.-Д. Д. **749**
 Дударев Б. Д. **249**
 Егоров С. Г. **75**
 Егорова М. А. **752**
 Елагин В. С. **302**
 Епихин А. О. **505**

- Ермакова Т. В. **255**
 Ефимов В. В. **696**
 Жаринов Г. М. **431**
 Жиданов К. А. **183, 186**
 Журавов Д. В. **99**
 Захаров А. А. **688**
 Захарчук К. Д. **63, 67**
 Золотов О. И. **436, 508**
 Иванов А. Ю. **470**
 Иванов А. С. **71**
 Иванов А. Д. **104**
 Иванова А. Ф. **109**
 Иванова Е. Л. **762**
 Иванова Н. О. **757**
 Иващенко А. В. **511**
 Ильюшин Ю. В. **314**
 Исаева Н. А. **766**
 Кабардов М. М. **612**
 Казанцев Н. С. **515**
 Калинин Е. В. **114**
 Канаев А. К. **198, 203**
 Капралов Д. Д. **118**
 Каталков Д. В. **320**
 Качнов А. В. **63, 67**
 Киреев А. В. **50, 122**
 Кирик Д. И. **118, 126, 131**
 Киричек Р. В. **17, 174, 298, 325, 505**
 Климова П. В. **594, 598**
 Климчицкая Г. Л. **634**
 Ковалева Т. Ю. **85, 104, 118, 126**
 Ковцур М. М. **320, 330**
 Кожанов Ю. Ф. **335**
 Козлова Л. П. **508**
 Козлова О. А. **508**
 Конюхов В. М. **310**
 Копп А. И. **770, 776, 781**
 Копытко О. И. **787, 791**
 Коржик В. И. **10, 340**
 Косарев О. В. **639**
 Косов Д. С. **511**
 Костарев С. В. **345**
 Кострикова Ю. А. **796, 799**
 Котов В. И. **802**
 Кочетков И. С. **249**
 Красов А. В. **350, 354**
 Кривцов А. Н. **519**
 Крыжко А. В. **252**
 Крылов К. Ю. **310**
 Кубалова А. Р. **88, 92, 642**
 Кудрин А. В. **787, 796, 807**
 Кузьмин В. В. **511**
 Куликов В. В. **810, 815**
 Курносов В. И. **441, 445**
 Кускова И. А. **449**
 Кутузов В. М. **6**
 Кучерявый А. Е. **17, 505**
 Кучерявый Е. А. **183, 186, 358**
 Лапшов Д. Я. **134**
 Ле Ч. Д. **137**
 Лебедева А. А. **524**
 Левашова Д. И. **717, 721**
 Левин М. В. **350**
 Леонидзе К. Э. **529**
 Лившиц А. И. **603**
 Ликонцев А. Н. **141**
 Липатников В. А. **345**
 Литвинов В. Л. **479, 488**
 Лысенко Н. В. **6**
 Лямина В. С. **63**
 Ляшенко А. Л. **534**
 Максимов А. П. **143**
 Малевская-Малевич Е. Д. **819**
 Мальцева У. В. **799**
 Мархотин А. А. **362**
 Матюхина Т. В. **85**
 Медведев В. А. **538**
 Мешков А. В. **826**
 Милютин Е. Р. **114**
 Минаев А. А. **511**
 Мкртычян П. З. **612**
 Молчанов Д. А. **358**
 Мурилова С. В. **275**
 Мусаева Т. В. **542**
 Начкебия Л. Л. **118**
 Небаев И. А. **367**
 Небаева К. А. **275, 372, 377**
 Никитин В. Н. **320, 330**
 Никитин Н. С. **252**
 Никитин Ю. А. **149, 647**
 Никитина А. В. **28**
 Никифоров О. Г. **548**
 Новиков А. Л. **511**
 Ноткин М. Е. **603**
 Окунева Д. В. **260**
 Омётов А. Я. **183, 186**
 Панфилов Ю. Н. **340**

- Патрик О. Г. **552**
 Первухин Д. А. **232**
 Передистов Е. Ю. **603**
 Першин Ю. М. **620**
 Петров В. И. **358**
 Пинковская С. В. **830**
 Пискунов В. В. **380**
 Плотникова Е. В. **482**
 Погожева А. В. **453**
 Подоляк Р. С. **354**
 Поляков М. А. **617**
 Порядина Н. Е. **726**
 Прасолов А. А. **155**
 Прусакова С. Е. **422**
 Птицына Л. К. **427, 465, 524**
 Пушкина Е. О. **80**
 Рогозинский Г. Г. **109, 362, 385**
 Романов С. Л. **160**
 Романов Г. Г. **193**
 Романова В. И. **160**
 Рыбаков А. И. **63, 67**
 Рыжикова Т. А. **88, 92, 104**
 Рыжков А. Е. **178**
 Рынгач Е. В. **624**
 Сагдиев Р. К. **47**
 Сверчкова М. Ю. **552**
 Свиньина О. А. **42**
 Седышев Э. Ю. **624, 629**
 Сергеев А. Н. **391**
 Сергеев В. В. **655**
 Сидоров С. С. **542**
 Симонина А. А. **762, 826**
 Симонина О. А. **137, 277, 394, 399, 403**
 Сеница С. А. **746**
 Скворцов Ю. В. **407**
 Смирнов В. С. **620**
 Смирнов К. А. **558**
 Смирнова В. В. **766**
 Смоловик М. А. **206, 211**
 Соловьева А. В. **501**
 Соловьева Ю. И. **563, 730**
 Сотенко А. С. **57**
 Сотенко С. М. **126**
 Сотников А. Д. **688, 691, 770, 776, 781, 810**
 Стариков В. В. **33**
 Старкова Т. Н. **787, 791, 796**
 Старостин В. С. **612**
 Степаненко А. А. **679, 714**
 Степанов А. Б. **6, 99**
 Стрижаченко А. И. **529, 568**
 Сунгатуллин Э. Н. **164**
 Тарасов В. А. **572, 577**
 Тиамийу А. О. **413**
 Тихонов С. В. **10**
 Томашевич С. В. **143**
 Ульянов А. В. **399**
 Умиров Е. А. **403**
 Устименко В. М. **37, 164**
 Ушаков И. А. **310**
 Федорцов А. Б. **71, 634**
 Филин В. А. **620, 658**
 Фокин Г. А. **50, 122, 170**
 Фурсей Г. Н. **617**
 Хабаев Н. С. **372**
 Хитрин С. И. **836**
 Хитрина И. Ю. **742**
 Хлызов А. И. **325**
 Хорошенко С. В. **529, 582**
 Черненко В. В. **658**
 Черных Л. М. **608**
 Чесноков В. М. **320**
 Чумаченко С. А. **377**
 Чурносоев Е. В. **585**
 Шагас Н. Н. **762**
 Шаркова Н. М. **612**
 Шеховцов О. И. **589**
 Штеренберг С. И. **193, 295**
 Шувал-Сергеева Н. С. **840**
 Шульгин В. А. **131**
 Щекочихин А. В. **385**
 Щербаков И. Б. **701, 705**
 Юрова В. А. **71, 634**
 Юрова Ю. В. **582**
 Яковлев В. А. **10, 216, 221**