

IX

АПИНО

ICAIT

9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFOTELECOMMUNICATIONS ICAIT 2020

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»



СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

26–27 ФЕВРАЛЯ 2020 ГОДА

APINO.SPBGUT.RU

АПИНО
ICAIT9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFOTELECOMMUNICATIONS ICAIT 2020IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»

Научные направления:

- Радиотехнологии в связи
- Инфокоммуникационные сети и системы
- Информационные системы и технологии
- Теоретические основы радиоэлектроники
- Цифровая экономика и управление в связи
- Гуманитарные проблемы информационного пространства
- Сети связи специального назначения

Генеральный партнёр:



ООО «Т8»

Партнёры:



Ростелеком

ПАО «Ростелеком»



МЕГАФОН

ПАО «МегаФон»



SERSTEK

ООО «Сертек»

АРГУС
НТЦ

ООО «НТЦ АРГУС»

специальные
СИСТЕМЫ
ФОТОНИКА

ООО «Специальные Системы. Фотоника»

Информационные партнёры:

журнал
«Труды учебных заведений связи»НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИЯ
КОСМОСжурнал
«Информация и космос»электронный журнал «Информационные
технологии и телекоммуникации»

26–27 ФЕВРАЛЯ 2020

APINO.SPBGUT.RU

УДК 001:061.3(082)
ББК 72 А43

Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С. В. Бачевского; сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич. СПб. : СПбГУТ, 2020. Т. 3. 729 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

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

Заместитель председателя

Шестаков А. В., доктор технических наук, ст. науч. сотрудник, проректор по научной работе СПбГУТ (Россия)

Ответственный секретарь

Владыко А. Г., кандидат технических наук, member IEEE, директор научно-исследовательского института технологий связи СПбГУТ (Россия)

Члены программного комитета

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

Tina Tsou, Liaison rapporteur Huawei Technologies, editor positions in ITU-T, IETF and ETSI, Huawei (China)

Matthias Schnöll, professor, Ph. D., Fachbereich Elektro-technik, Anhalt University of Applied Sciences (Germany)

Hyeong Ho Lee, Ph. D. in Electrical Engineering, Vice President of IEEK (Institute of Electronics Engineers of Korea), ETRI (Korea)

Edison Pignaton de Freitas, professor adjunto, Ph. D., Federal University of Rio Grande do Sul (Brasil)

Andrej Kos, professor, Ph. D., University of Ljubljana (Slovenia)

Janusz Pieczerak, M. Sc., Orange Labs (Poland)

Сеилов Ш. Ж., доктор технических наук, президент Казахской Академии Инфокоммуникации (Казахстан)

Кирик Д. И., кандидат технических наук, доцент, декан факультета радиотехнологий связи СПбГУТ

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

Зикратов И. А., доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных систем и технологий СПбГУТ

Колгатин С. Н., доктор технических наук, профессор, декан факультета фундаментальной подготовки СПбГУТ

Сотников А. Д., доктор технических наук, доцент, декан факультета цифровой экономики, управления и бизнес-информатики СПбГУТ

Шутман Д. В., кандидат политических наук, доцент, декан гуманитарного факультета СПбГУТ

Гири В. А., полковник, начальник военного учебного центра СПбГУТ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ СПБГУТ, Россия

Председатель

Маишков Г. М., доктор технических наук, профессор, первый проректор–проректор по учебной работе

Сопредседатель

Алексеев И. А., кандидат педагогических наук, проректор по воспитательной работе и связям с общественностью СПбГУТ (Россия)

Ответственный секретарь

Аникевич Е. А., кандидат технических наук, начальник отдела организации научно-исследовательской работы и интеллектуальной собственности

Члены организационного комитета

Ивасишин С. И., директор департамента организации и качества образовательной деятельности

Петров Н. М., директор административно-хозяйственного департамента

Чистова Н. А., директор финансово-правового департамента

Елагин В. С., кандидат технических наук, начальник управления организации научной работы и подготовки научных кадров

Казаков Д. Б., начальник управления информатизации – заместитель проректора по информатизации

Григорян Г. Т., начальник управления маркетинга и рекламы

Зыкова Н. В., начальник управления информационно-образовательных ресурсов

Карташова Н. И., главный специалист отдела организации научно-исследовательской работы и интеллектуальной собственности

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.

Научное издание

Литературное редактирование,

корректур Е. А. Аникевич

Оформление Г. И. Юрьев

Верстка Е. М. Аникевич

Подписано в печать 01.10.2020.

Вышло в свет 30.10.2020. Формат 60×90 1/8.

Уст. печ. л. 45,56. Заказ № 066-ИТТ-2020.

пр. Большевиков, д. 22, корп. 1.

Россия, Санкт-Петербург, 193232

СОДЕРЖАНИЕ

Радиотехнологии связи	5	Radio Technology Communication
Теоретические основы радиоэлектроники	387	Theoretical Foundations of Electronics
Гуманитарные проблемы информационного пространства	528	Humanitarian Challenges of the Information Space
Аннотации	669	Annotations
Авторы статей	704	Authors of Articles
Авторский указатель	726	The Author's Index

РАДИОТЕХНОЛОГИИ СВЯЗИ

УДК 519.6
ГРНТИ 47.01

О МЕТОДАХ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

Х. М. М. Айед

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена рассмотрению наиболее известных семейств вейвлетов, в том числе, представленных в пакете MATLAB, а также исследованию методов анализа сигналов с их применением. Описываются методы: сжатия и восстановления сигнала, определения информационных признаков в сигнале, а также удаление шумов из сигнала.

вейвлеты, непрерывное вейвлет-преобразование, дискретное вейвлет-преобразование, сжатие сигналов, удаление шума.

Вейвлеты широко применяются при анализе сигналов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Среди всего их многообразия можно выделить вейвлеты, используемые в системе MATLAB [1]:

- вейвлет Хаара (Добеши 1);
- семья вейвлетов Добеши;
- биортогональные вейвлеты;
- койфлеты;
- симмлеты;
- вейвлет Морле;
- вейвлет мексиканская шляпа;
- вейвлет Мейера;
- вейвлет Гаусса;
- вейвлет Шеннона и др.

В связи с тем, что методы вейвлет-анализа достаточно разнообразны, необходимо привести их краткий обзор и выполнить их классификацию по области применения.

Методы, основанные на использовании непрерывного вейвлет-преобразования (НВП), применяются для определения информационных признаков в сигнале [2, 3, 4, 5].

Дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) широко применяется в инженерии (технике), в математике, при сжатии сигналов [11] и отчистке сигнала от шума, расчете переходных процессов и кодировании сигналов. Дискретное вейвлет-преобразование не имеет избыточности информации в отличие от непрерывного вейвлет-преобразования. При дискретном вейвлет-преобразовании используются ортогональные вейвлеты, что позволяет при реконструкции возвращать данные, соответствующие длине исходного сигнала [12, 13].

Также при выполнении ДВП можно получить информацию для анализа сигнала и за счет меньшего объема данных сократить объем необходимой памяти устройства [14].

Кратномасштабный вейвлет-анализ (КМВА) заключается в разложении сигнала по ортогональному базису. Использование ψ -функции и ϕ -функции позволяет применять быстрые алгоритмы вейвлет-анализа. При данном преобразовании выполняется многократное разложение сигнала (С) и аппроксимирующих (А) коэффициентов на аппроксимирующие (А) и детализирующие (Д) коэффициенты (рис. 1).

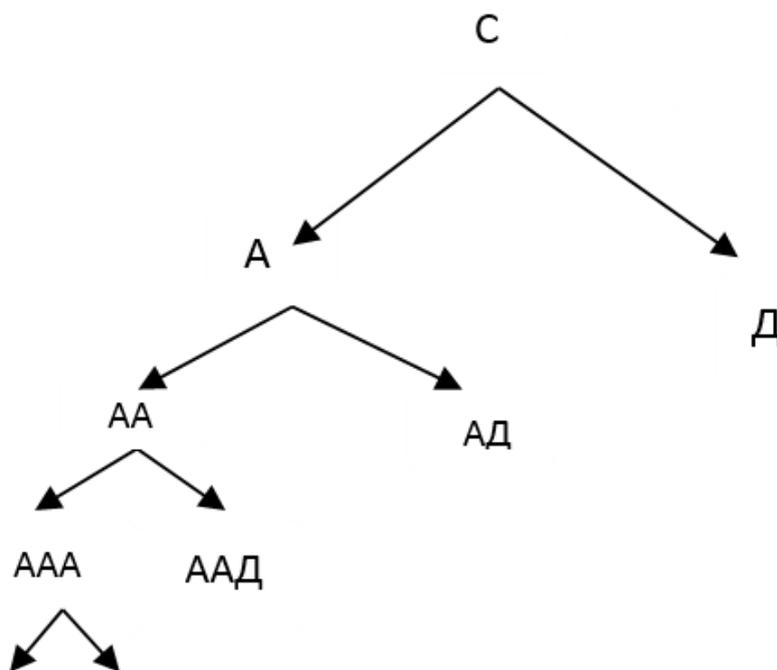


Рис. 1. Кратномасштабное вейвлет-преобразование

Пакетное вейвлет-преобразование (ПВП) позволяет выполнять многократное разложение (рис. 2) аппроксимирующих (А) и детализирующих коэффициентов (Д) и предлагает широкий спектр функций для анализа сигнала.

Одно из достоинств ПВП является возможность обрезать ветвь дерева вейвлета для того, чтобы выбрать его подходящий вид. Это значит, что для определенного сигнала выбирается подходящее дерево для адаптации к его особенностям.

Данный способ разложения увеличивает разрешение вейвлет-фильтров по частоте, что повышает детализацию разложения. При активации любого узла можно наблюдать набор коэффициентов для данной точки.

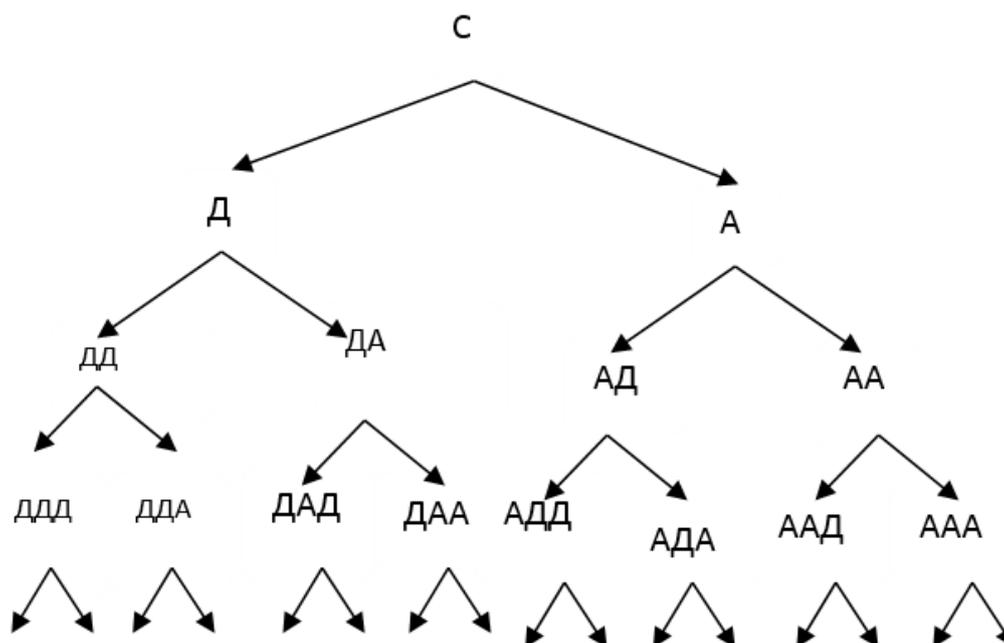


Рис. 2. Пакетное вейвлет-преобразование

Пакетное вейвлет-преобразование широко применяются для анализа сигналов и для их отчистки от шума [13].

Гармоническое вейвлет-преобразование (ГВП) используется для определения переходных процессов в сигнале [15].

В качестве заключения отметим следующее:

1. Среди рассмотренных методов для выявления информационных признаков в сигнале наиболее пригодно непрерывное вейвлет-преобразование.

2. Для сжатия сигналов могут быть использованы методы на основе дискретного вейвлет-преобразования.

3. Для удаления шумов могут быть использованы методы, основанные на пакетном вейвлет-преобразовании.

Список используемых источников

1. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М. : ДМК Пресс, 2019. 560 с.

2. Stepanov A. B. Wavelet Analysis of Compressed Biomedical Signals // 20th Conference of Open Innovations Association FRUCT Proceedings: St. Petersburg : LETI University, 2017. PP. 434–440.
3. Stepanov A. B. The Application of Neural Network and Spline Wavelet Models in the Electroencephalogram Analysis Automation Process // 18th Conference of Open Innovations Association FRUCT and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology, 2016. PP. 321–327.
4. Козлов Д. С., Сергиенко И. А., Степанов А. Б. Разработка программного комплекса вейвлет-анализа электрокардиограмм // 73-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио : сб. тр. СПб. : 2018. С. 69–70.
5. Штарк Г. Г. Мир цифровой обработки : применение вейвлетов для ЦОС ; пер. с англ. Н. И. Смирновой; под ред. А. Г. Кюркчана. М. : Техносфера, 2007. 183 с. ISBN 978-5-94836-1.
6. Яковлев А. Н. Введение в вейвлет-преобразования : учеб. пособие. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. 104 с.
7. Акчурун Э. А. Вейвлетный анализ и его приложения при обработке сигналов : учеб. пособие, ПГУТИ. Самара, 2012. 77 с.
8. Шумарова О. С. Совершенствование алгоритмического обеспечения для автоматического распознавание локальных дефектов при вихретоковом контроле поверхности качения колец подшипников с обоснованием вида вейвлет-преобразования информационных сигналов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Шумарова Ольга Сергеевна. – Саратов, 2016. – 162 с.
9. Петров Г. А., Шуранов Е. В. Практика использования вейвлет-анализа в дефектоскопии : учебное пособие, Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2012. 65 с.
10. Акулов Л. Г., Муха Ю. П., Литовкин Р. В., Тарасова И. А. Применение ускоренных алгоритмов преобразования Временных рядов в полианализаторах // Материалы V международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2011) / под общ. ред. В. П. Колосова. Благовещенск, 2011. 212 с. ISBN 978-5-9900601-8-0.
11. Карзина А. Н., Степанов А. Б. Сжатие биомедицинских сигналов с применением ортогональных вейвлетов // 71-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио : тр. конф. СПб., 2016. С. 70–71.
12. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов : пер. с англ. – М. : Мир, 2005. – 671с.
13. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : СОЛОН-Пресс, 2010. 400 с.
14. Калякин И. В. Обнаружение и измерение характеристик локальных сигналов с помощью дискретного вейвлет преобразования : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.16 / Калякин Иван Валерьевич. СПб., 2018. 147 с.
15. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. М. : Техносфера, 2004. 280 с.

Статья представлена научным руководителем, доцентом кафедры РОС СПбГУТ, кандидатом технических наук А. Б. Степановым.

УДК 608.4
ГРНТИ 49.45.37

ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ С ВИДЕОКАНАЛОМ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А. М. Александров¹, К. А. Польщиков¹, О. В. Украинский²

¹СКБ «Энергия»

²Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Качество работы системы пожарной сигнализации определяется временем реагирования на признаки пожара, отсутствием ложных срабатываний и возможностью точно локализовать очаг пожара. В наши дни, в связи с развитием цифровых технологий, проводятся исследования, направленные на поиск принципиально новых способов обнаружения пожара. Результатом исследований стало создание пожарных извещателей с видеоканалом. Это автоматические пожарные извещатели на базе телевизионных камер, обнаруживающие признаки пожара на изображении контролируемой зоны. В статье рассматриваются модели пожарных извещателей с видеоканалом разных производителей и делается вывод об их перспективе развития.

пожарный извещатель с видеоканалом, технические требования.

В настоящее время в рамках развития систем пожарной безопасности ведутся работы, направленные на внедрение нового типа пожарных извещателей – пожарных извещателей с видеоканалом (далее – ИПВ). Это автоматические пожарные извещатели на базе телевизионных камер, обнаруживающие открытое пламя и дым на изображении контролируемой зоны. Целью данной статьи является описание основных моделей зарубежных производителей и определение перспектив развития ИПВ.

Одной из известных зарубежных моделей ИПВ является ИПВ FCS-8000-VFD-B, производимый компанией Bosh Security and Safety Systems, представленный на рис. 1 (см. ниже) [1]. ИПВ FCS-8000-VFD-B применяется в качестве дополнения к действующим системам обнаружения пожара, работает автономно и не требует применения отдельного блока оценки [2]. Извещатель обладает всеми возможностями функции Intelligent Video Analytics, что позволяет одновременно анализировать и оценивать движущиеся объекты. Функции видеообнаружения пожара и Intelligent Video Analytics используются независимо друг от друга и настраиваются отдельно. ИПВ оснащен матрицей 1/1,8 дюйма, КМОП, 6,1 Мп. На обратной стороне корпуса извещателя находится разъем интерфейса 10/100 Base-T Fast Ethernet для подключения к Ethernet для настройки и управления изве-

щателем с помощью сетевых устройств. Имеется функция настройки видеозаписи, присутствует релейный выход для передачи сигналов тревоги, в том числе на панель пожарной тревоги FPA-5000.



Рис. 1. Пожарный извещатель с видеоканалом FCS-8000-VFD-B

Однако, данная модель извещателя имеет ряд недостатков. Во-первых, алгоритм обнаружения пламени основан на анализе изображения по цвету и мерцанию. Детектирование пламени на изображении происходит за счет анализа цветов и частоты мерцания объектов на изображении. В случае, если частота мерцания объекта на изображении совпадает с частотой мерцания пламени или пламя имеет синий цвет, извещатель выдает ложное срабатывание. Во-вторых, при детектировании дыма объекты, которые движутся с такими же характеристиками, как дым, например, эскалаторы или конвейерные ленты, вызывают ложные срабатывания. Поток дыма на темном или контрастном фоне, а также потоки дыма низкой плотности не обнаруживаются.

Компания Orglmeister Infrarot-Systeme представила собственную разработку ИПВ. ИПВ PYROsmart состоит из высокочувствительного ИК-тепловизора и видеокамеры в одном закрытом корпусе [3]. Извещатель рассчитан на работу в экстремальных условиях окружающей среды. С помощью поворотно-наклонного привода система непрерывно сканирует радиометрические данные высокого разрешения для контролируемой поверхности. Все зафиксированные данные с помощью специального ПО (abiroVision®) преобразуются в подробные панорамные термограммы. На термограмме, выводимой на экран монитора, рис. 2, условными цветами отображаются области наблюдаемого пространства, в которых возможно возгорание. В настоящее время компания Orglmeister Infrarot-Systeme разрабатывает ПО для анализа пространства в 3D формате, позволяющее с большей точностью определить положение очага возгорания и тем самым уменьшить расходы химических реагентов для тушения пожара.

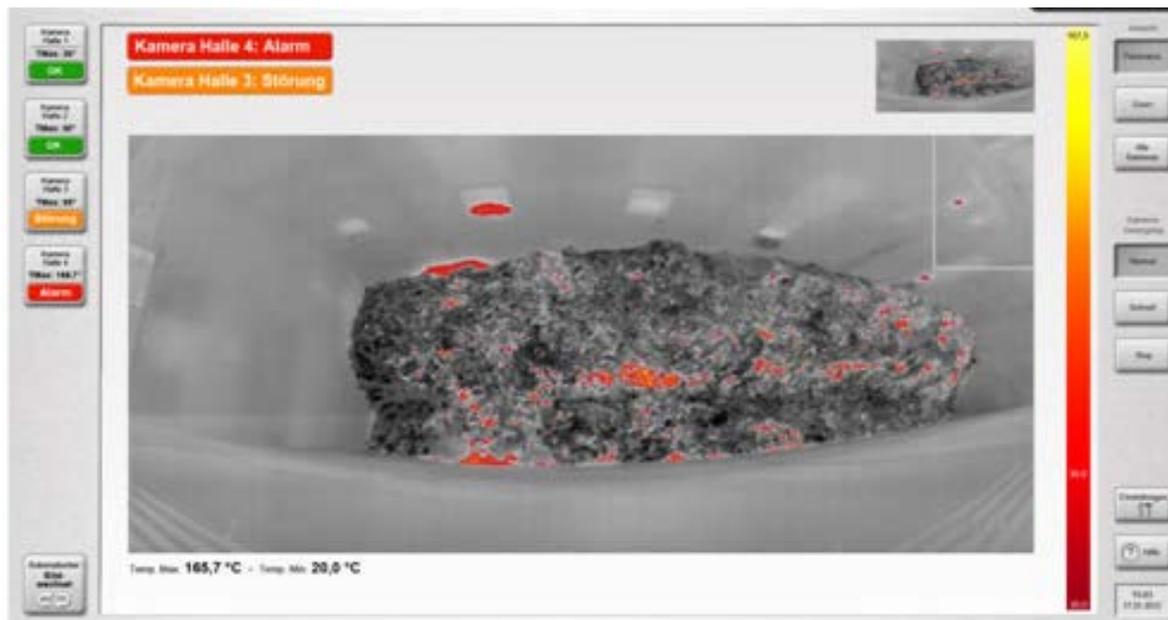


Рис. 2. Скриншот программы с видом панорамной термограммы мусорного бункера

Компания Rosenbauer, разрабатывающая автоматические системы пожаротушения с видеорегистрацией очагов возгорания, разработала ИПВ С1 и ARGUS Mi-TIC [4].

ИПВ С1 интегрирован в пожарный шлем, рис. 3, исполнение взрывозащищенное, размер дисплея 2,5" (дюймов), формат 4:3, разрешение 384 X 288 пикселей, имеется встроенная светодиодная подсветка, температура эксплуатации от минус 20 до плюс 60 градусов, масса 427 г (включая батареи), время эксплуатации без подзарядки – 1,5 часа, светодиодная подсветка – 2 часа. В зависимости от условий эксплуатации ИПВ может функционировать в 5 различных режимах, представленных на рис. 4 (см. ниже): режим поиска, бело-горячий режим, черно-горячий режим, полноцветный режим, зеленый режим.



Рис. 3. ИПВ С1



Рис. 4. Режимы работы ИПВ С1

Переносной ИПВ ARGUS Mi-TIC, рис. 5, функционирует в 3-х режимах чувствительности, есть функция записи видео, изображение 320×240 пикселей, исполнение IP67, матрица 2,7 дюйма, температура эксплуатации от минус 20 до плюс 150 градусов, время работы без подзарядки 2 часа, питание от аккумуляторной батареи, не требует специального программного обеспечения при подключении к компьютеру, распознается как USB накопитель.



Рис. 5. Телевизионная камера ARGUS Mi-TIC

На сегодняшний день ИПВ внедряется в системы пожарной безопасности, системы мониторинга, ввиду наличия видеоканала ИПВ можно использовать в составе системы видеонаблюдения. Совершенствование программного обеспечения, применяемого в ИПВ является перспективным направлением, от развития которого будет зависеть эффективность применения ИПВ в будущем. Разработкой программных продуктов для ИПВ занимается созданная в 2014 году фирма ARAANI [5].

Однако в нашей стране на сегодняшний день серьезным препятствием к массовому использованию ИПВ является отсутствие нормативно-правовой базы, регламентирующей требования к ИПВ [6]. В связи с чем данный тип датчиков нельзя сертифицировать как пожарный извещатель.

Список используемых источников

1. Киселев Г. А. Увидеть своими глазами: видеообнаружение пожара // Алгоритм безопасности. 2018. № 1. С. 10–12.

2. Видеообнаружение пожара [Электронный ресурс] // Основные характеристики. URL: <https://commerce.boschsecurity.com/ru/ru/Video-based-fire-detection> (дата обращения 09.02.2020).

3. Раннее распознавание пожара и автоматическое пожаротушение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.orglmeister.de>

4. Тепловизионные камеры [Электронный ресурс] // Компания Rosenbauer. URL: <https://www.rosenbauer.com/de/ru/world/produkte/ausrustung/waermebildkameras> (дата обращения 09.02.2020).

5. Видео-обнаружение дыма для критических окружающих сред [Электронный ресурс]. URL: <https://www.araani.com/en/smokecatcher> (дата обращения 09.02.2020).

6. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная; технические средства пожарной автоматики; общие технические требования и методы испытаний. М. : Изд-во стандартов, 2012, IV.

УДК 004.932.2, 551.326.14

ГРНТИ 28.23.15

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДРЕЙФА МОРСКОГО ЛЬДА С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВОЙ И КРОСС-КОРРЕЛЯЦИИ ПО SAR-ИЗОБРАЖЕНИЯМ

О. М. Андреева¹, Д. М. Демчев², П. В. Коробов², В. В. Харченко¹

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В. И. Ульянова (Ленина)

²ФГУП «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

В данной работе описывается оптимизированная схема комбинированного применения метода фазовой и кросс-корреляции для восстановления перемещений морского льда на основе обработки последовательных спутниковых радиолокационных изображений, полученных с радаров с синтезированной апертурой. На примере данных Sentinel-1 предлагается оперативный алгоритм, реализованный на языке Python.

фазовая и кросс-корреляция, дрейф морского льда, SAR, анализ спутниковых изображений.

Задача восстановления дрейфа льда остается одной из актуальных задач современной спутниковой океанологии. Развитие аппаратных средств космической радиолокационной съемки, особенно с синтезированием апертуры [1], позволяет осуществлять мониторинг динамики льда вне зависимости от наличия облачного покрова и освещенности поверхности.

Предлагаемый алгоритм восстановления дрейфа льда по последовательным спутниковым изображениям основан на комбинировании методов фазовой [2] и кросс-корреляции [3].

Существует два основных подхода к выбору исходных точек для отслеживания на последовательных изображениях. За начальные могут быть приняты точки, соответствующие узлам регулярной сетки в координатах изображения с заданным пространственным шагом [3]. Другой подход предполагает оптимизацию выбора начальных точек, как, например, это сделано в [4, 5, 6]. В нашем исследовании рассматриваются оба подхода, причем оптимизированный случай основан на использовании вариационной матрицы.

Метод кросс-корреляционного анализа участков последовательных SAR-изображений для восстановления перемещений морского льда впервые был предложен в [2]. В нашей работе производится вычисление нормализованных значений кросс-корреляционной функции ncc согласно (1), что аналогично [7], и позволяет добиться инвариантности к вариациям интенсивности изображения объектов:

$$ncc = \frac{\sum_{i,j} (a_{ij} - \bar{a})(b_{ij} - \bar{b})}{\sqrt{\sum_{i,j} (a_{ij} - \bar{a})^2 (b_{ij} - \bar{b})^2}}, \quad (1)$$

где a – изображение прямоугольной области вокруг опорной точки на первом изображении; b – прямоугольная область изображения вокруг рассматриваемой точки на последовательном изображении. Таким образом, за начало вектора перемещения принимается опорная точка на первом изображении, а за конец – точка на последовательном с максимальным значением кросс-корреляционной функции ncc .

Известно, что кросс-корреляционный метод не является устойчивым к повороту и другим трансформациям изображений. Поскольку в случае определения дрейфа для разреженных льдов могут наблюдаться вращения отдельных ледяных полей или их групп, кросс-корреляционный метод может быть дополнен методом, инвариантным к вращениям. Одним из возможных решений может быть использование фазовой корреляции, при которой исследуется поведение разности фаз рассматриваемых изображений. В нашей работе нахождение θ_0 – угла поворота последовательного изображения относительно исходного – определяется на основе нахождения максимума в матрице значений фазовой корреляции PC :

$$PC = F^{-1} \left(\frac{F^*(P_1) \cdot F(P_2)}{|F^*(P_1)| \cdot |F(P_2)|} \right),$$

где $F(\cdot)$ и $F^{-1}(\cdot)$ – прямое и обратное преобразования Фурье соответственно; $*$ – знак комплексного сопряжения; $P_i, i = \{1, 2\}$ – модули спектра

в полярных координатах, причем $P_2(\rho, \Theta) = P_1(\rho, \Theta - \Theta_0)$, где (ρ, Θ) – полярные координаты изображения; Θ_0 – угловой сдвиг между изображениями.

На основе описанных методов расчета фазовой и кросс-корреляционных функций был реализован алгоритм автоматического определения дрейфа льда по последовательным SAR-изображениям, в котором предложена схема расчета фазовой и кросс-корреляции на двух уровнях масштабов изображений: грубом – уменьшенном в два раза для первичной оценки векторов перемещения льда, и исходном, для которого производится уточняющий поиск в зонах, определенных на первом этапе. Таким образом удастся существенно повысить вычислительную эффективность метода.

Поскольку метод фазовой корреляции не позволяет однозначно оценить схожесть рассматриваемых изображений, он используется только для определения угла поворота последовательного изображения относительно исходного. С использованием кросс-корреляционной функции определяется позиция пика на последовательном изображении, за который и принимается конечная точка вектора перемещения льда. С целью оптимизации вычислительной эффективности, расчет фазовой корреляции для рассматриваемой опорной точки выполняется только в случае безуспешного расчета с использованием кросс-корреляционной функции.

Как было отмечено выше, полученное на первом этапе алгоритма поле векторов дрейфа является опорным для расчетов на исходном разрешении изображений, на котором производится уточнение конечных координат векторов дрейфа в области 32×32 пикселя (размер определен эмпирически). В качестве опции реализована возможность поиска векторов дрейфа для областей, в которых их обнаружить не удалось в ходе первого этапа.

На заключительном этапе выполняется фильтрация ошибочных векторов на основе критерия однородности соседних векторов. В ходе этой процедуры рассматривается каждый вектор i , который принимается за корректный, если он соответствует условиям для угла α и величины модуля вектора d относительно соседних n векторов ($n \geq 5$) в радиусе r :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \alpha_i - \frac{\sum_1^n \alpha_j}{n} \right| \leq 5^\circ, \\ \left| d_i - \frac{\sum_1^n d_j}{n} \right| \leq 3 \text{ [pixels]}, \\ r = 3 \cdot \text{grid_step}, \end{array} \right. \quad (2)$$

Первое условие в (2) означает, что угол вектора α не должен отклоняться от среднего значения соседних n векторов более чем на 5° ; второе – что величина модуля вектора d не должна отклоняться от среднего соседних векторов более чем на 3 пикселя, и, наконец, третье условие утверждает, что число соседних векторов n в радиусе 3-х шагов сетки должно быть не менее 5.

Если не выполняется хотя бы одно из этих условий, вектор считается ошибочным.

Предложенный алгоритм был реализован на языке Python 3.x с распараллеливанием вычислений для серий блоков изображений. Тестовые расчеты выполнялись для акватории юго-западной части Карского моря и Обской губы. На рис. 1 приведены два последовательных изображения за 12:25Z 12 ноября 2016 года и 1:44Z 13 ноября того же года на основе данных спутника Sentinel-1A. Полученное после их обработки поле дрейфа приведено на рис. 2 (см. ниже). Полученная картина дрейфа была верифицирована с данными интерактивного экспертного анализа и показала хорошее качественное соответствие. Время вычислений на 12 ядрах процессора i7 под управлением операционной системы Ubuntu 14 для этого случая составило около 15 минут, что является приемлемым результатом для использования в оперативной практике.

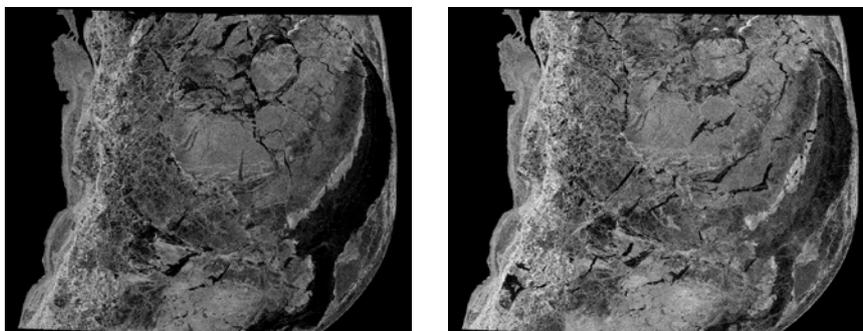


Рис. 1. Исходные SAR-изображения для обработки

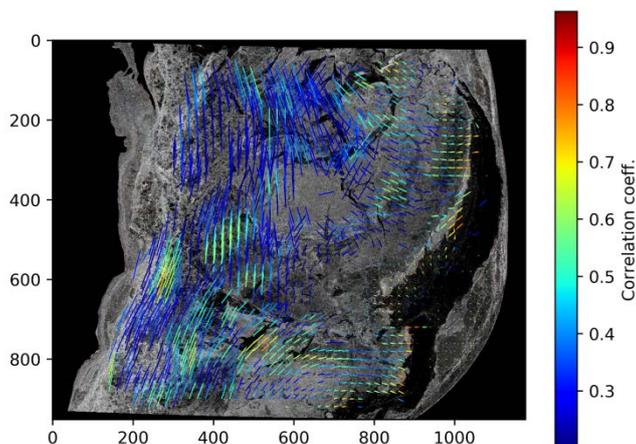


Рис. 2. Поле дрейфа, полученное после обработки изображений с рис. 1

Также алгоритм был протестирован на парах изображений Sentinel-1A/B для акватории ЮЗ части Карского моря (более 100 пар изображений). Результаты проведенных расчетов были сопоставлены с данными дрейфующих буев в Карском море. Анализ показал, что текущая версия алгоритма позволяет восстанавливать вектора дрейфа льда со среднеквадратическим отклонением (RMSE) 312 м для модуля дрейфа и 11° для направления, что сопоставимо с приведенными в других работах оценками для аналогичных алгоритмов [4, 8].

Разработанный алгоритм может успешно применяться не только для изображений льда, полученных в С-диапазоне, например, Sentinel-1, но и для данных радиолокационных спутников, работающих в других диапазонах и над различными районами Арктики. Так, на рис. 3 приведен результат расчетов для данных X-диапазона очень высокого (*very-high*) пространственного разрешения (8 м в одном пикселе), полученных со спутника Tandem-X, за 12 и 24 января 2012 г. для прибрежного района моря Бофорта, около мыса Барроу.

Другими приложениями алгоритма могут быть: расчет деформационных характеристик льда и верификация численных моделей, увеличивающаяся пространственная разрешающая способность которых, предъявляет новые требования к качеству и информативности данных мониторинга. Значения корреляций векторов дрейфа могут служить для оценки надежности получаемых данных и в дальнейшем использоваться при ассимиляции векторов дрейфа в ледовые модели.

Список используемых источников

1. Moreira A., Prats-Iraola P., Younis M., Krieger G., Hajnsek I., and Papathanassiou K. P. A tutorial on synthetic aperture radar // IEEE Geosci. Remote Sens. Mag., vol. 1, no. 1, pp. 6–43, 2013.
2. Thomas M., Geiger C. A., and Kambhamettu C. High resolution (400 m) motion characterization of sea ice using ERS-1 SAR imagery // Cold Reg. Sci. Technol., vol. 52, no. 2, pp. 207–223, 2008.
3. Fily M. and Rothrock D. A. Sea ice tracking by nested correlations // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., no. 5, pp. 570–580, 1987.

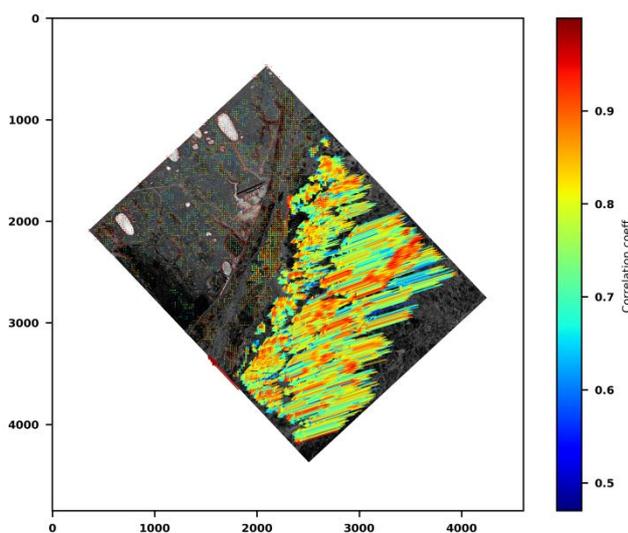


Рис. 3. Поле дрейфа при обработке данных высокого пространственного разрешения

4. Komarov A. S. and Barber D. G. Sea ice motion tracking from sequential dual-polarization RADARSAT-2 images // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 52, no. 1, pp. 121–136, 2014.

5. Demchev D., Volkov V., Kazakov E., and Sandven S. Feature tracking for sea ice drift retrieval from {SAR} images // In 2017 {IEEE} International Geoscience and Remote Sensing Symposium ({IGARSS}), 2017.

6. McConnell R., Kwok R., Curlander J. C., Kober W., and Pang S. S. Psi-S correlation and dynamic time warping: two methods for tracking ice floes in SAR images // Geosci. Remote Sensing, IEEE Trans., vol. 29, no. 6, pp. 1004–1012, 1991.

7. Lewis J. P. Fast normalized cross-correlation, 1995 // In Vision Interface, 2010, pp. 120–123.

8. Demchev D., Volkov V., Kazakov E., Alcantarilla P. F., Sandven S., and Khmeleva V. Sea Ice Drift Tracking From Sequential {SAR} Images Using Accelerated-{KAZE} Features // {IEEE} Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 55, no. 9, pp. 5174–5184, 2017.

УДК 654.197.6
ГРНТИ 49.40.37

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ БИТОВЫХ ОШИБОК В ПАКЕТАХ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА MPEG-2 НА КАЧЕСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ

М. О. Андронов, А. Н. Бучатский

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассматривается структура транспортного потока MPEG-2, проводится исследование возможных ошибок в заголовке и полезной нагрузке транспортных пакетов, а также анализ их влияния на качество изображения. Для выполнения исследования битовые ошибки вносились в транспортные пакеты, несущие информацию о видеоизображении. Анализируемым транспортным потоком является сигнал первого мультиплекса цифрового эфирного телевизионного вещания. В ходе исследования определяются наиболее опасные и частые ошибки, затрудняющие работу приемного устройства по декодированию транспортного потока. Анализируются возможные ошибки в потоке, появление которых визуально незаметно на изображении. Полученные результаты могут быть полезны для улучшения систем мониторинга ЦЭТВ стандарта DVB-T2.

транспортный поток, транспортный пакет, элементарный поток, PID, I-кадр, P-кадр, B-кадр.

Системная спецификация MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1) описывает объединение элементарных потоков одной или нескольких телевизионных программ в единый поток данных, удобный для передачи по каналам цифровой связи [1].

Структурная схема процесса формирования транспортного потока показана на рис. 1.

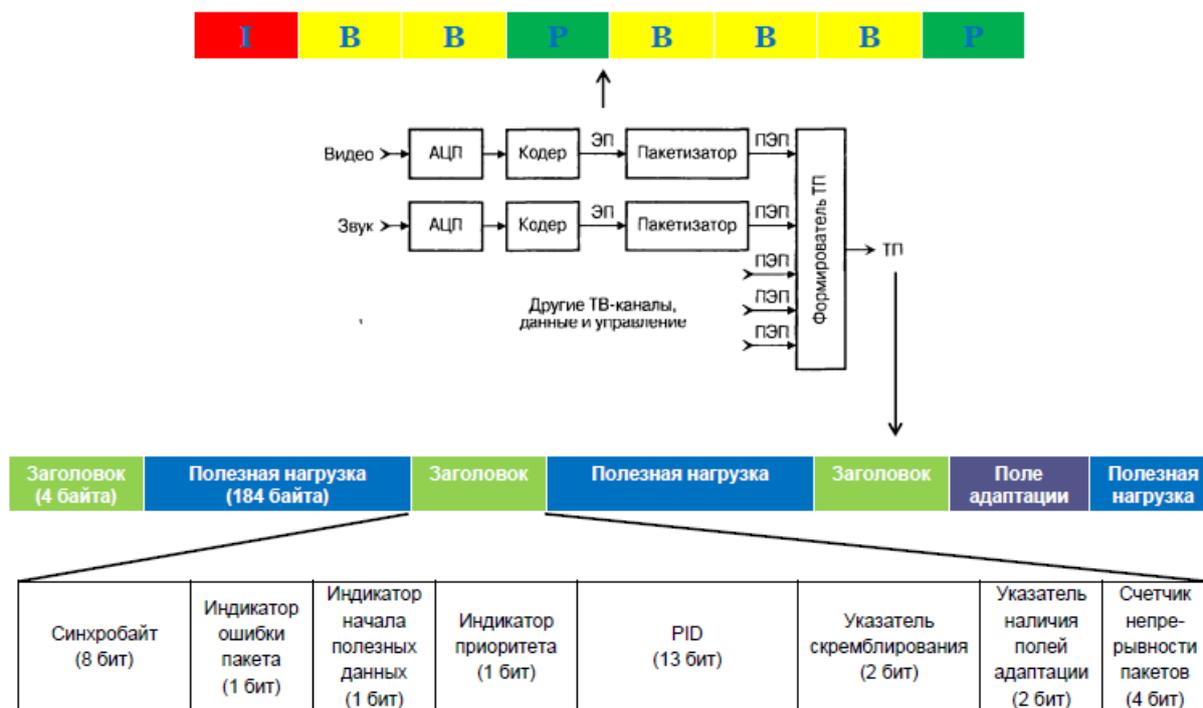


Рис. 1. Формирование транспортного потока

Элементарный поток (ЭП) – это кодированный по стандарту MPEG поток видео, звука, или вспомогательных данных, относящихся к одной ТВ программе. В блоках, называемых пакетизаторами, данные разделяются на пакеты – блоки данных, начинающиеся с заголовков определенной структуры. Получающиеся потоки называются упакованными (пакетизированными) элементарными потоками (ПЭП) [2]. Пакетизированные элементарные потоки видео и звука нескольких телевизионных программ, а также передаваемых дополнительных данных и сигналов управления объединяются в единый транспортный поток (ТП). Транспортный поток состоит из пакетов фиксированной длины 188 байт, включающих в себя 4-байтный заголовок и полезную нагрузку 184 байт. Идентификатором принадлежности транспортного пакета к определенному элементарному потоку является значение PID. Каждый транспортный пакет может содержать данные лишь одного ПЭП-пакета. Если ПЭП-пакет не имеет длину, кратную 184 байтам, то один из транспортных пакетов не заполняется данными ПЭП-пакета полностью. В этом случае избыточное пространство заполняется полем адаптации.

Элементарный поток видео представляет собой последовательность ПЭП-пакетов, каждый из которых содержит в себе информацию об I, P или B-кадре. Далее эти ПЭП-пакеты разбиваются по длине полезной нагрузки транспортного пакета и мультиплексируются с другими данными в единый транспортный поток. Это значит, что один и тот же I, P или B-кадр занимает не один, а несколько транспортных пакетов.

Изображение типа I кодируется с использованием только той информации, которая содержится в нем самом. В нем устраняется только пространственная избыточность. При кодировании P и B изображений используется межкадровое кодирование. В них устраняется и пространственная, и временная избыточность.

I – кадр является опорным и наиболее важным для воспроизведения видео. Он занимает самый большой объем данных, следовательно, и большее по сравнению с P и B-кадрами число транспортных пакетов (может достигать до 200 пакетов). Однако общее число изображений типа I в транспортном потоке значительно меньше, чем P и B. Чем меньше изображений типа I в видеопоследовательности, тем большая степень сжатия данных достигнута.

Ошибки в битах транспортных пакетов потока видео могут привести к различным повреждениям видеоизображения. Характер и тип данного повреждения зависят от местонахождения ошибочного бита (битов) в транспортном пакете (какой-либо компонент заголовка или полезная нагрузка), от того, к изображению какого типа (I, P или B) относится искаженный транспортный пакет. PID заголовка искаженного пакета транспортного потока указывает на ТВ программу, видеоизображение которой было повреждено.

Потеря большого числа транспортных пакетов B – кадра никак не сказывается на изображении (рис. 2). Это обстоятельство может быть использовано, например, для реализации метода вложения и извлечения информации в цифровой видеопоток формата MPEG-2 [3]. В то же время, потеря лишь одного из транспортных пакетов (ошибка в синхробайте заголовка) I или P – кадра приводит к достаточно заметному повреждению видеоизображения.

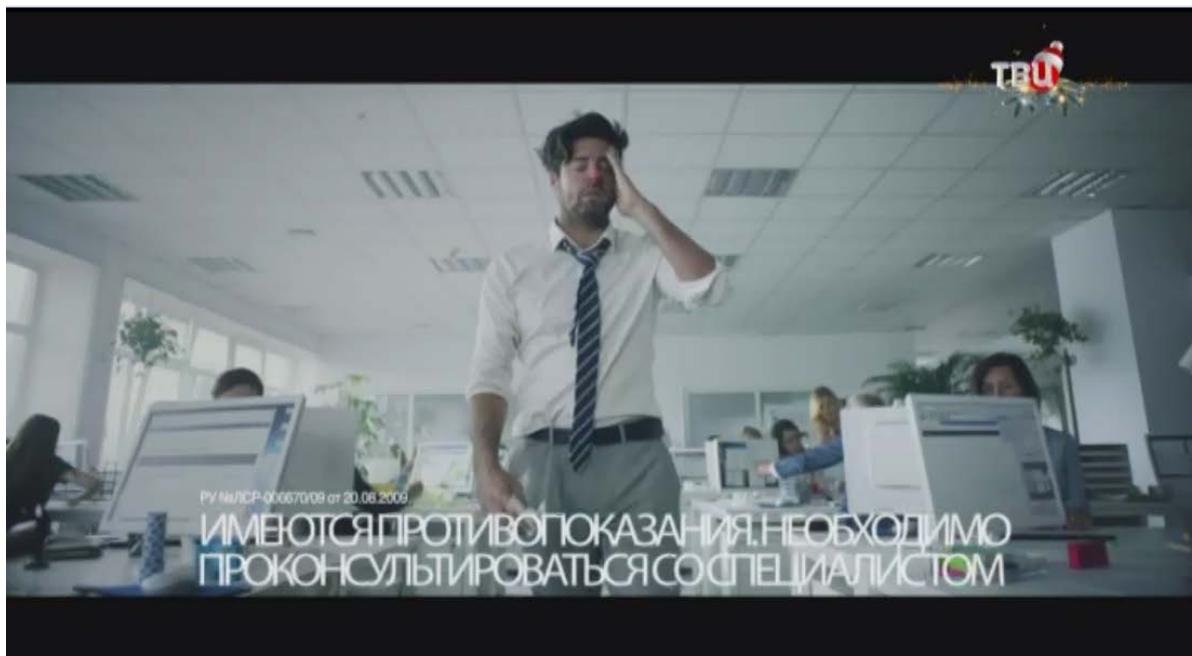


Рис. 2. Потеря транспортных пакетов В-кадра

Потеря одного (любого) из транспортных пакетов I-кадра приводит к замиранию (стоп-кадру) предыдущего декодированного фрагмента изображения и рассыпанию следующего фрагмента. Причем величина искажения плавно уменьшается по мере отдаления потерянного транспортного пакета от первого транспортного пакета I-кадра (рис. 3–5).

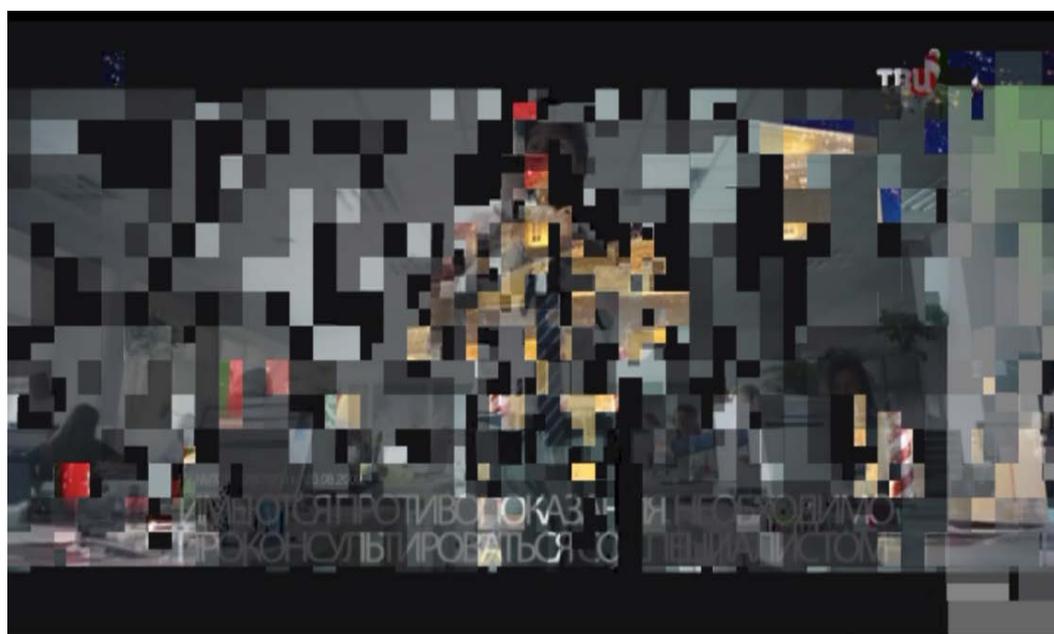


Рис. 3. Потеря второго транспортного пакета I-кадра

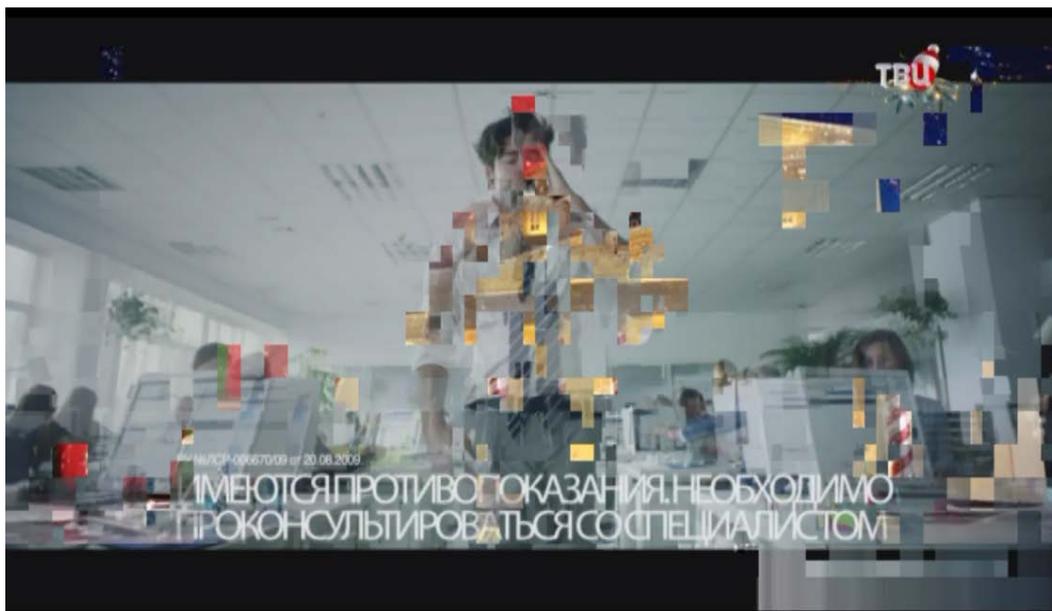


Рис. 4. Потеря центрального транспортного пакета I-кадра



Рис. 5. Потеря последнего транспортного пакета I-кадра

Потеря транспортного пакета Р-кадра приводит к замиранию текущего фрагмента, т. е. сформированного I-кадра, затем «проскакивает» изображение с наложением фрагментов текущего и предшествующего (рис. 6, см. ниже).

К самым тяжелым повреждениям видеоизображения может привести ошибка всего лишь в одном бите транспортного потока, если этот искаженный бит несет информацию про I-кадр (битовая ошибка в полезной нагрузке транспортного пакета I-кадра, рис. 7, см. ниже).



Рис. 6. Потеря транспортного пакета Р-кадра

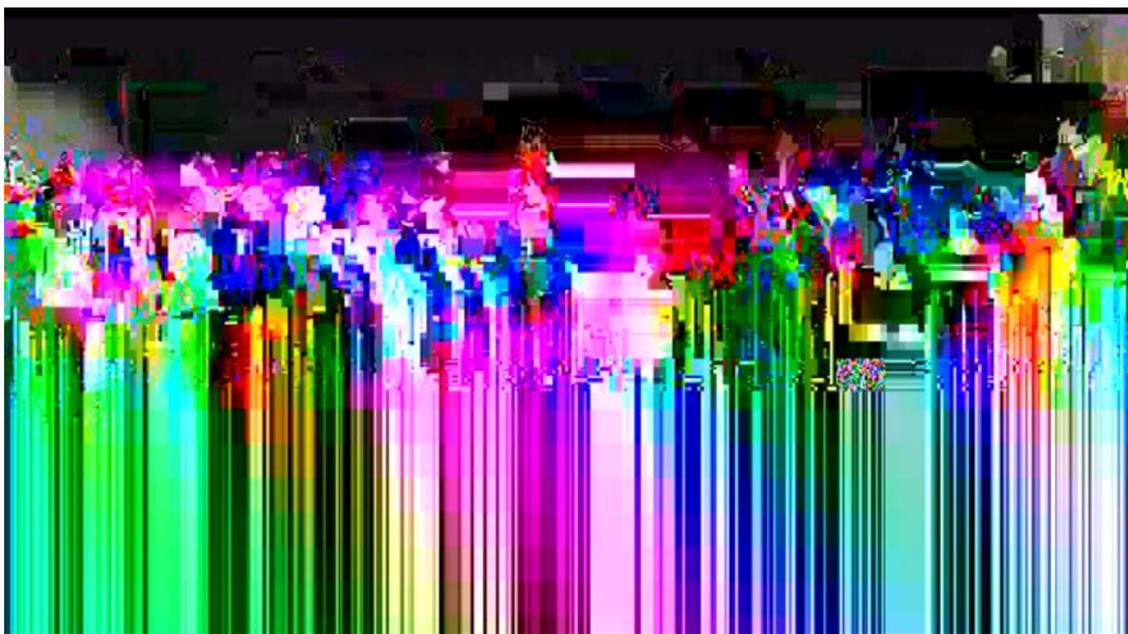


Рис. 7. Ошибка в одном бите полезной нагрузки транспортного пакета I-кадра

Список используемых источников

1. Гласман К. Ф. MPEG – это просто // «625». 2000. № 3. С. 13.
2. Смирнов А. В., Пескин А. Е. Цифровое телевидение от теории к практике. М. : Горячая линия – Телеком, 2005. 127 с.
3. Ахрамеева К. А., Коржик В. И., Нгуен З. К. Обнаружение видео стегосистем универсальным методом, основанным на использовании NIST-тестов // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 1. С. 70–76.

УДК 621.396.676
ГРНТИ 47.45.29

БОРТОВАЯ НИЗКОПРОФИЛЬНАЯ СОВМЕЩЁННАЯ КОЛЬЦЕВАЯ КОНЦЕНТРИЧЕСКАЯ АНТЕННАЯ РЕШЁТКА

А. В. Андропов, С. В. Кузьмин, Д. С. Суханов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им проф. М. А. Бонч-Бруевича

С развитием легкой и сверхлегкой авиации для обеспечения радиосвязи требуются компактные и низкопрофильные антенны, но при этом, без ограничения функциональных возможностей. Решить данную задачу помогают концентрические антенные решетки.

В работе рассматриваются особенности проектирования и конструирования двухдиапазонной кольцевой концентрической антенной решетки. Приводятся данные натурных измерений, которые сравниваются с результатами численных экспериментов.

низкопрофильная концентрическая антенная решётка.

К антеннам для летательных аппаратов предъявляется ряд специфических требований, в связи с чем они выделяются в особый класс антенн [1, 2]. Основными проблемами являются жёсткие требования к массогабаритным характеристикам и внешним воздействующим факторам. Не малую роль играет стоимость антенн, особенно для массового применения в сегменте малых и сверхмалых беспилотных летательных аппаратов. При этом, функциональные требования к бортовым антеннам возрастают по причине комплексирования бортовых систем и из-за повышения требований к радиолокационной заметности [3]. Кроме того, наблюдается тенденция к увеличению числа многоканальных систем и антенных решёток на борту, что вызвано, в том числе, необходимостью защиты от помех за счёт формирования нулей в ДН в направлении помехи.

В данной работе рассматривается самолётная антенна для системы связи с малым беспилотным летательным аппаратом, работающая в диапазонах частот со средними частотами 2,5 ГГц и 5,0 ГГц. Сами достижимые диапазоны частот подлежали определению в ходе выполнения работы. Масса, габариты и стоимость должны были быть минимизированы.

При расчёте характеристик радиоканала получалось, что на максимальном удалении от аэродрома или от пункта управления, для обеспечения связи с бортом, необходимо обеспечить K_u бортовой антенны в пределах 6–

8 дБи при возможных эволюциях носителя по углу рысканья, или в азимутальной плоскости, при рассмотрении задачи со стороны наземного пункта управления. Такое возможно если использовать антенну с механическим или электронным сканированием. В современных антенно-фидерных системах предпочтение отдаётся второму способу.

За основу была взята хорошо описанная в [4] четырёхэлементная антенная решётка для системы предупреждения столкновения самолётов в воздухе. По классификации, представленной в [5], это кольцевая концентрическая антенная решётка.

Для обеспечения работы антенны в двух частотных диапазонах существует несколько подходов. Рассмотрим их.

Использование широкополосных излучателей возможно если удастся вписаться в требование по расстоянию между излучателями, которое должно быть порядка длины волны. В нашем случае шаг должен быть разным для каждого из поддиапазонов.

Вариант с двумя решётками неприемлем из-за массогабаритных ограничений.

Был выбран третий вариант, связанный с использованием совмещённых антенных решёток [6]. В ходе многочисленных и длительных численных экспериментов удалось свести недостатки подобных конструкций к минимуму, особенно в части взаимного влияния.

Для уменьшения взаимного влияния и габаритов применены излучатели разных типов. На более высоких частотах используются вибраторные антенны в печатном исполнении. В нижнем диапазоне – модифицированные антенны типа PIFA [7].

В результате была спроектирована и сконструирована антенна, изображённая на рис. 1. Габаритные размеры – $60 \times 60 \times 40$ мм. Основой для конструкции является материал FR4, что существенно снижает стоимость изготовления.

На рис. 2–4 сравниваются КСВН, полученные в результате численных и натурных экспериментов.

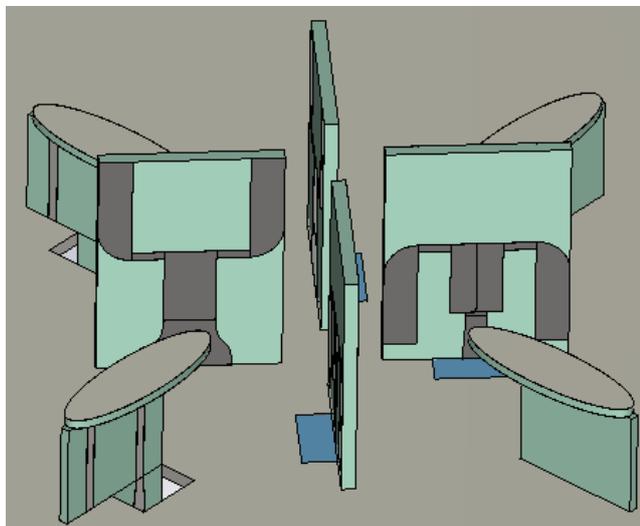


Рис. 1. Внешний вид антенной решётки

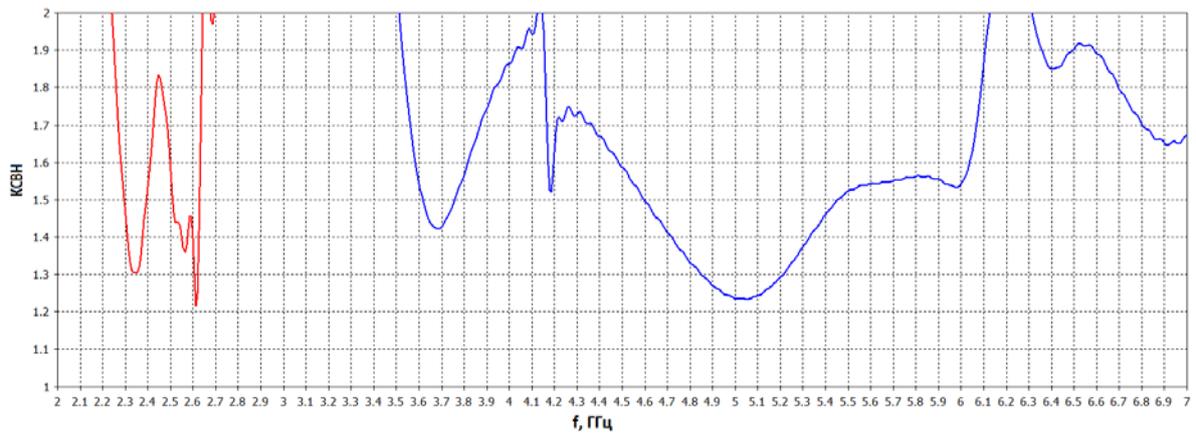


Рис. 2. КСВН, полученный в результате численного эксперимента

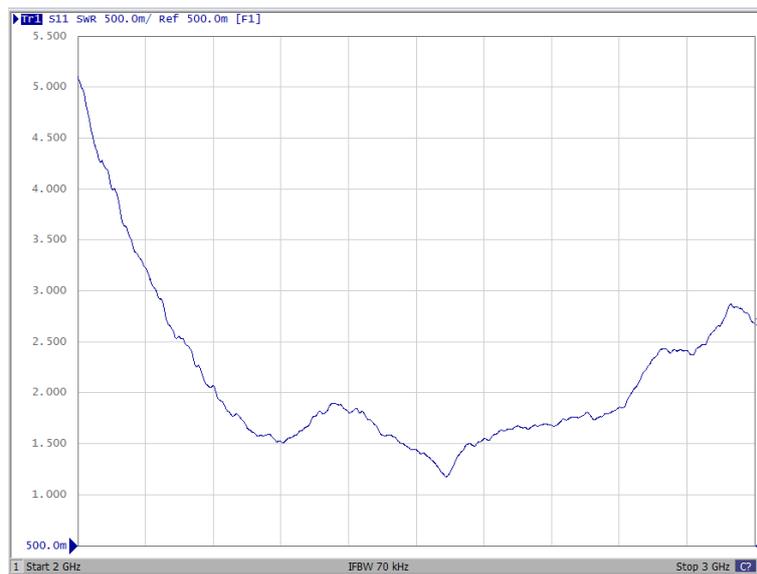


Рис. 3. КСВН, полученный в результате натурального эксперимента, $f_0 = 2,5$ ГГц

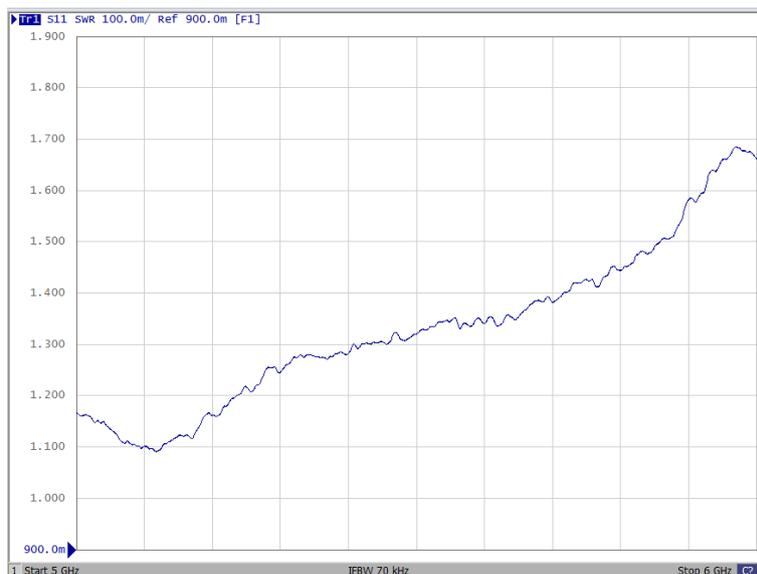


Рис. 4. КСВН, полученный в результате натурального эксперимента, $f_0 = 5,0$ ГГц

Для ДН приведены трёхмерные результаты только численного эксперимента, но опыт показывает, что измеренные характеристики излучения, как правило, хорошо соотносятся с теоретическими. На рис. 5–6 показаны ДН антенны при суммировании выходов с различными фазами. Меняя фазовое распределение по определённому закону можно изменять положение максимума ДН. На рис. 7–8 показаны случаи, когда фазы подобраны так, что ДН становятся квазивсенаправленными в азимутальной плоскости. Такой режим работы полезен при связи между бортами, поиске наземного пункта управления, работе вблизи аэродрома и других ситуациях. Значения фазы, указанные на рисунках, берутся по часовой стрелке.

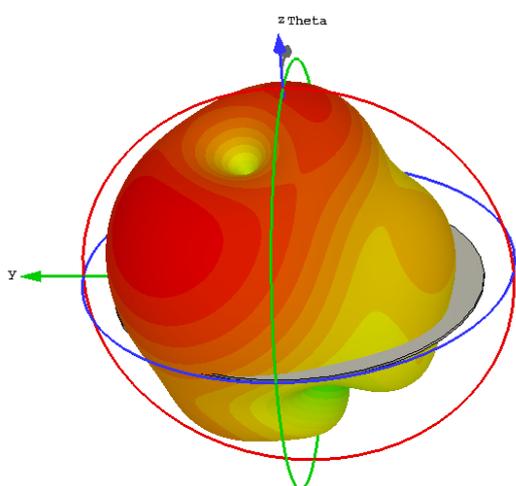


Рис. 5. $f_0 = 2,5$ ГГц, $K_y = 6,5$ дБ
 $\varphi_1 = 0^\circ$ $\varphi_2 = 90^\circ$ $\varphi_3 = 180^\circ$ $\varphi_4 = 90^\circ$

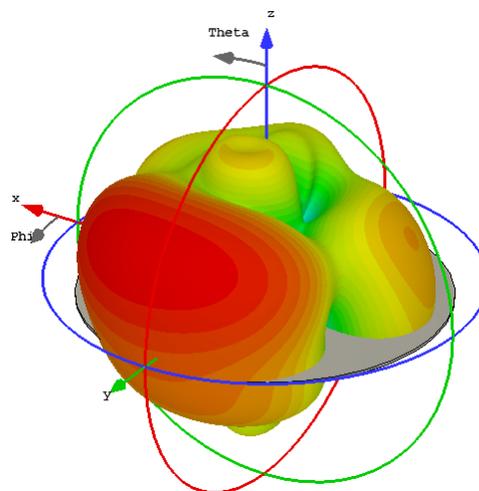


Рис. 6. $f_0 = 5,0$ ГГц, $K_y = 8,2$ дБ
 $\varphi_1 = 0^\circ$ $\varphi_2 = 90^\circ$ $\varphi_3 = 180^\circ$ $\varphi_4 = 90^\circ$

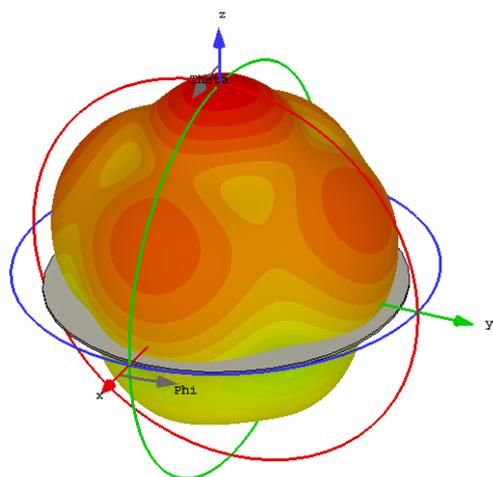


Рис. 7. ДН $f_0 = 2,5$ ГГц, $K_y = 7,2$ дБ
 $\varphi_1 = 0^\circ$ $\varphi_2 = 90^\circ$ $\varphi_3 = 180^\circ$ $\varphi_4 = -90^\circ$

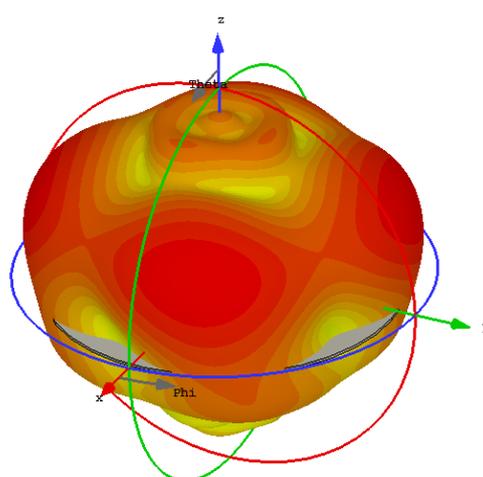


Рис. 8. ДН $f_0 = 5,0$ ГГц, $K_y = 4,8$ дБ
 $\varphi_1 = 0^\circ$ $\varphi_2 = 90^\circ$ $\varphi_3 = 180^\circ$ $\varphi_4 = -90^\circ$

Разработанная антенна может использоваться в линиях связи, в диапазонах, в которых КСВН меньше 2.0 и, при этом, формируются ДН. Дальнейшие работы будут связаны с улучшением конструкции и введением в неё обтекателя. Для использования на конкретном носителе необходимо провести моделирование с учётом конструкции борта.

Список используемых источников

1. Резников Г. Б. Самолётные антенны. М. : Советское радио, 1962. 456 с.
2. Громов Г. Н., Цыбаев Б. Г. Параметры самолётных антенн и их измерение. М. : Машиностроение, 1984. 208 с.
3. Красюк В. Н., Бестугин А. Р., Оводенко А. А., Рыжиков М. Б. Антенны с малой радиозаметностью. СПб. : Наука, 2011. 671 с. ISBN 978-5-699-49056-1.
4. Leo G. Maloratsky, Integrated Microwave Front-Ends with Avionics Applications. United Kingdom. Exeter. : Revaluation Books, 2012. 340 p. ISBN 13: 9781608072057.
5. Воскресенский Д. И., Степаненко В. И., Филиппов В. С., Грановская Р. А. Проектирование ФАР. М. : Радиотехника, 2012. 631 с. ISBN 5-256-00404-2.
6. Пономарев Л. И., Степаненко В. И., Сканирующие многочастотные совмещенные антенные решетки. М. : Радиотехника, 2009. 328 с.
7. Слюсар В. Антенны PIFA для мобильных средств связи. Многообразие конструкций // Электроника НТБ. 2007. № 1. С. 64–74.

УДК 621.375
ГРНТИ 47.41.33

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ МЕТОДОМ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА И АНАЛИЗА ФУРЬЕ

А. В. Ануфренко¹, Р. В. Миргородский², Г. Ш. Навурбиев¹

¹ Военная академия связи

² Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова

В данной статье рассмотрим моделирование УПЧ на базе программы схемотехнического моделирования. Процесс моделирования УПЧ состоит из нескольких этапов. На первом этапе проводится подготовка схемы к моделированию. На втором этапе проводится непосредственное моделирование нарисованной принципиальной схемы, в результате которого будет проведен анализ переходных процессов, расчет частотных характеристик и анализ преобразования Фурье.

моделирование УПЧ, расчет частотных характеристик, программа Micro-Cap, временной и частотный анализ переходных процессов, анализ Фурье.

Усилители промежуточной частоты УПЧ – служат для усиления выходного сигнала преобразователя частоты и обеспечения избирательности по соседнему каналу. В тракте промежуточной частоты осуществляется основное усиление принимаемого сигнала. Для получения большого усиления УПЧ выполняются многокаскадными с постоянной промежуточной частотой, что позволяет применять в каскадах двух- и многоконтурные избирательные системы с малым коэффициентом прямоугольности и обеспечивать большое ослабление сигналов соседних каналов даже при небольших расстройках.

В усилителях промежуточной частоты радиовещательных приемников полоса пропускания не превышает 5–7 % средней (промежуточной) частоты, поэтому каскады УПЧ относят к узкополосным [1].

По виду избирательных систем различают усилители: одноконтурные резонансные; одноконтурные расстроенные; с двумя связанными контурами в каждом каскаде; с фильтрами сосредоточенной избирательности ФСИ и комбинированные для приема амплитудно- и частотно-модулированных сигналов [2].

Сопроотивления R_1 , R_2 представляют собой делитель для подачи смещения на базу транзистора. Сопроотивление R_3 совместно с емкостью C_2 образуют цепочку авто смещения в цепи эмиттера. Сопроотивление R_4 играет роль шунтирующего сопротивления, вносящего затухание в колебательный контур для изменения добротности контура УПЧ. Сопроотивление R_5 является нагрузкой усилителя.

Для проведения частотного анализа ко входу устройства следует подключить источник синусоидального сигнала с амплитудой $A = 1V$ и произвольной частотой. Частотный анализ нужно проводить в диапазоне частот 400–500 кГц для различных значений шунтирующего сопротивления $R_4 = 30 \text{ кОм}$, 20 кОм , 10 кОм . По полученным частотным характеристикам для каждого значения сопротивления R_4 необходимо вычислить коэффициент добротности и построить график зависимости $Q(R_4)$ [3].

Моделирование проводим с помощью программы Micro-Cap. Программа Micro-Cap очень удобна для работы и имеет достаточно большое количество компонентов, которые позволяют успешно использовать этот пакет в учебном процессе. Выбираем источник синусоидальных сигналов, устанавливаем соответствующие амплитуды и частоты генерируемых колебаний, добавляем в схему элементы C_1 R_1 R_2 R_6 V_1 с панели, где расположены простейшие и наиболее распространенные элементы. Для усиления промежуточной частоты добавляем в схему транзистор КТ 315А *n-p-n*. Далее на эмиттер подключаем R_3C_2 цепочку и конденсатор C_3 . После конденсатора C_3 подключена еще одна R_4C_5 цепочка. К коллектору добавляем параллельно индуктивность L_1 L_2 и резистор R_5 (рис. 1).

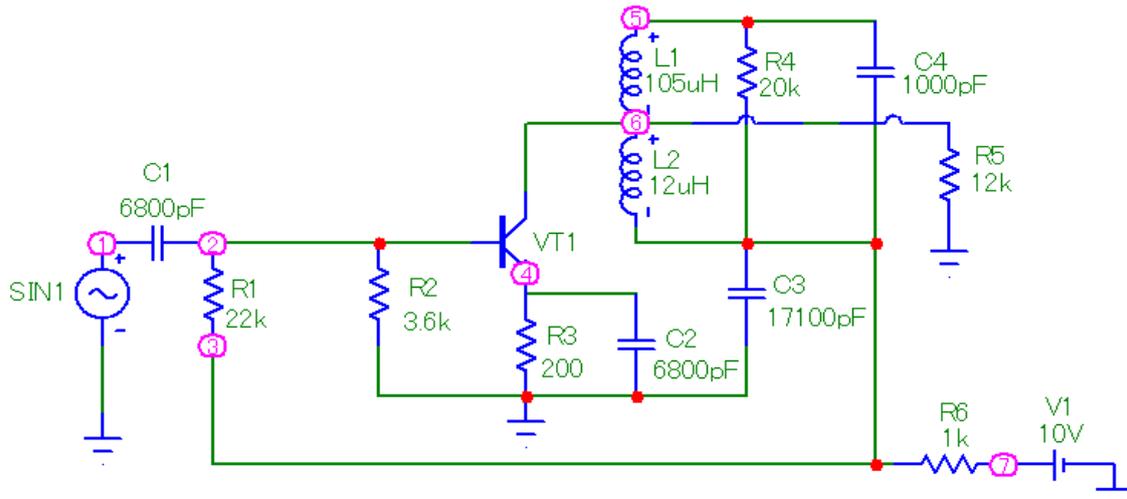


Рис. 1. Структурная схема УПЧ

В результате набора схемы в программе Micro-Cap 8 была получена схема для проведения исследования УПЧ показанная на рис. 2.

После того как нарисована принципиальная схема переходим к расчету характеристик.

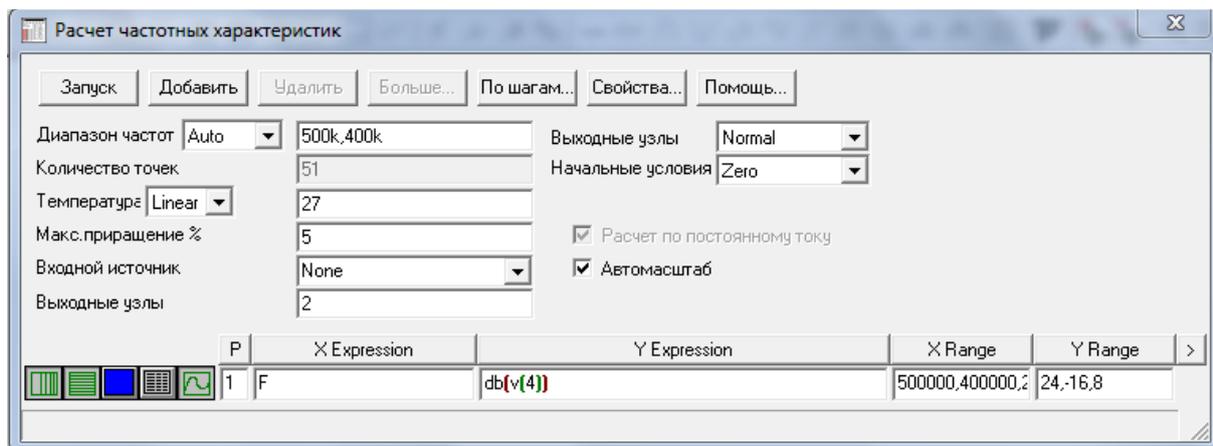


Рис. 2. Расчет частотных характеристик

На рис. 2 показано окно задания параметров моделирования, где указываем диапазон частот. Диапазон частот устанавливаем от 400 к до 500 к. Включаем опцию автоматического масштабирования по осям координат графиков, указываем номера графических окон, в которых должны быть построены данные функции. Выражения X Expression и Y Expression используются для определения переменных по Оси X и Y. В поле Y Expression устанавливаем $db(v(4))$. Далее выполняем частотный анализ моделирования (рис. 3–6).

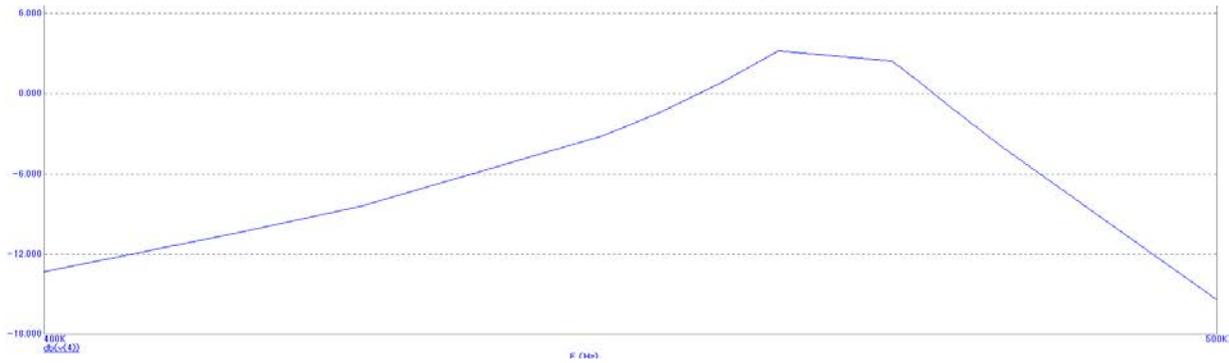


Рис. 3. Частотный анализ в диапазоне частот 400–500 кГц $R_4 = 10$ к

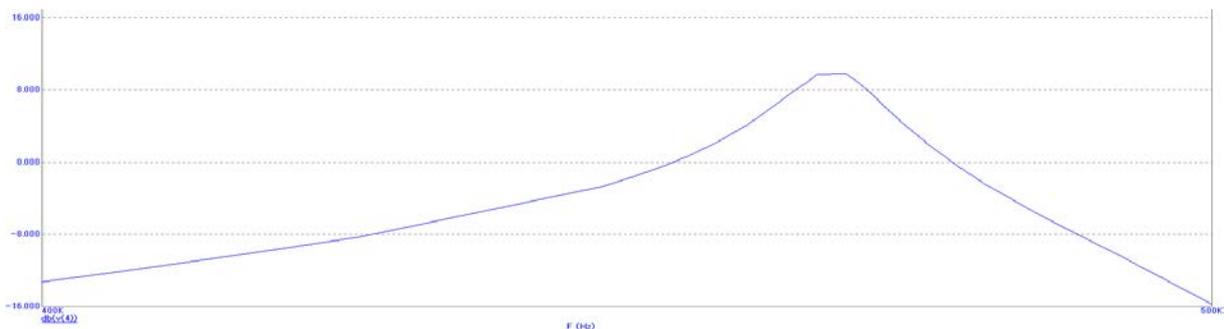


Рис. 4. Частотный анализ в диапазоне частот 400–500 кГц $R_4 = 20$ к

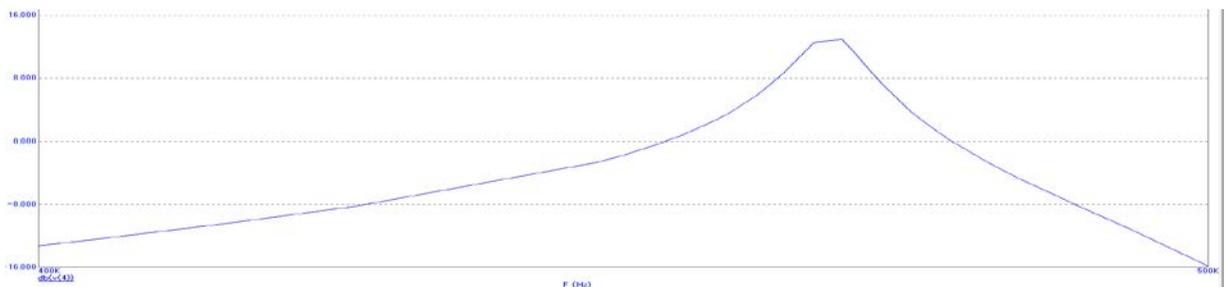


Рис. 5. Частотный анализ в диапазоне частот 400–500 кГц $R_4 = 30$ к

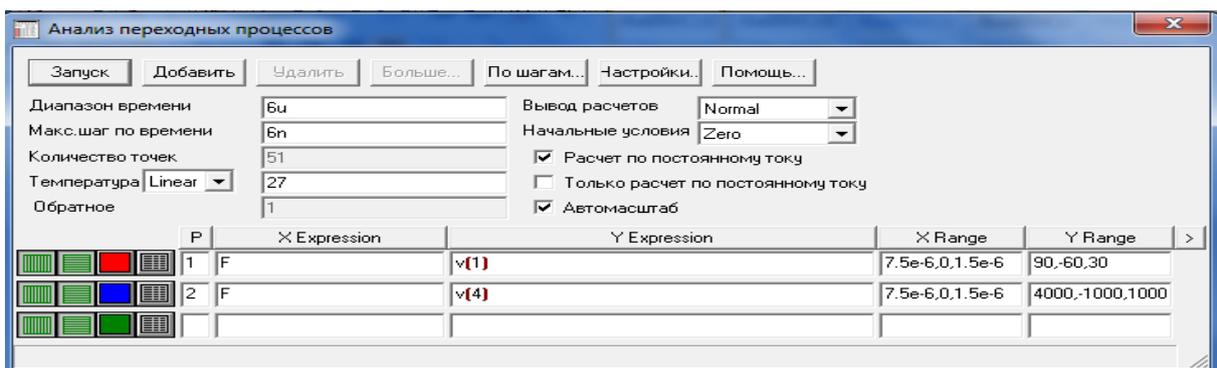


Рис. 6. Временной анализ переходных процессов

На рис. 6 показано окно задания параметров моделирования, где указываем длительность интервала времени и имена переменных, графики которых нужно построить. Длительность интервала времени устанавливаем *би*. В поле Максимальный шаг по времени устанавливаем величину шага *би*.

Включаем опцию автоматического масштабирования по осям координат графиков. В поле Y Expression устанавливаем $v(1)$, $v(4)$. После задания всех параметров выполняем моделирование (рис. 7, 8).

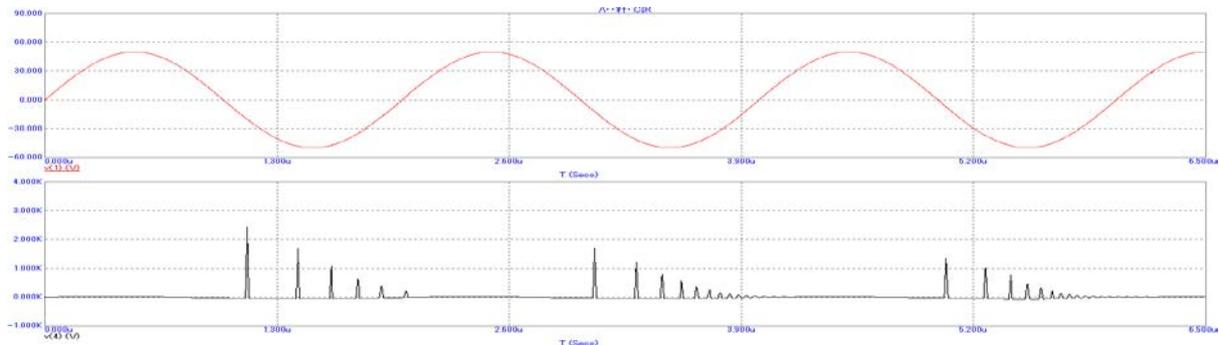


Рис. 7. Временной анализ при частоте $f = f_{рез} = 465$ к и амплитуды $A = 50$ мВ

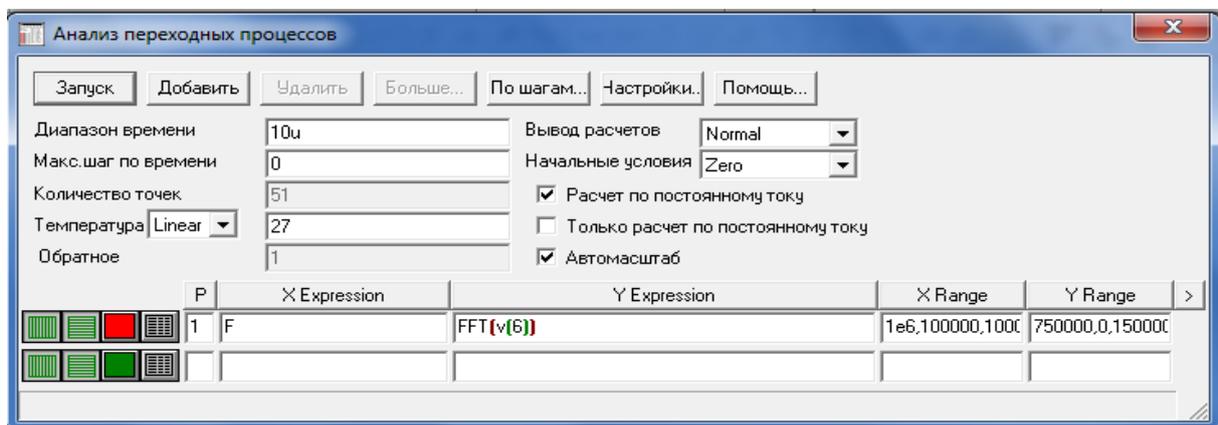


Рис. 8. Анализ Фурье

Для исследования схемы на основе преобразования Фурье используют FFT функцию. В качестве выражения X в поле X expression необходимо использовать частоту F. В поле Y expression необходимо записать функцию, $FFT(u)$.

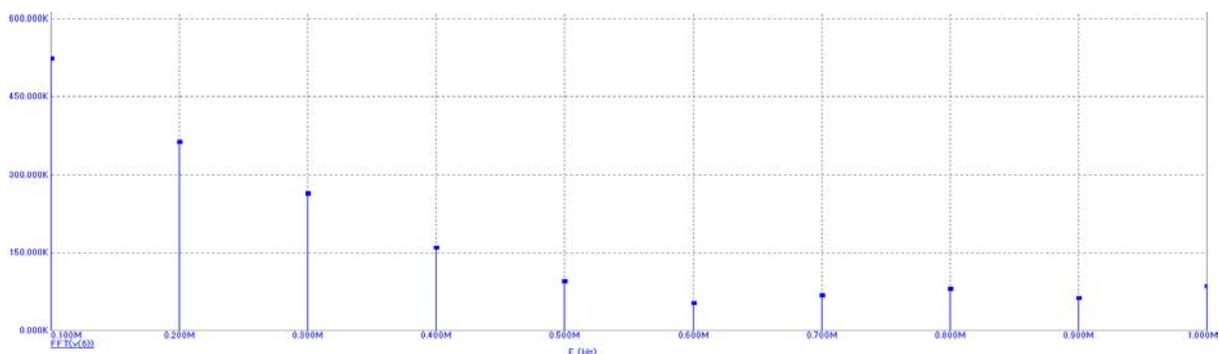


Рис. 9. Анализ Фурье на временном отрез $FFT((v6))$

В данной статье был проведен частотный анализ с различными значениями шунтирующего сопротивления и построен график для каждого значения сопротивления. Проведен временной анализ при $f = f_{рез}$ и амплитуде $A = 50$ мВ. Проведен анализ Фурье для выходного сигнала на нагрузке [4, 5, 6].

Список используемых источников

1. Разевиг В. Д. Система сквозного проектирования электронных устройств Design Lab 8.0. М. : Солон, 2003.
2. Иванов С. А., Иванов Н. А., Лапшин Б. А., Политыкин Р. В., Смирнов И. Ю. Способ моделирования линии связи с распределенными параметрами. Патент на изобретение RU 2583740 С1, 10.05.2016. Заявка № 2015100724/08 от 12.01.2015.
3. Антипенский Р. В., Фадин А. Г. Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств. М. : Техносфера, 2007. 127 с.
4. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных устройств. ДГТУ, 2013.
5. Белкин М. К., Белинский В. Т., Мазор Ю. Л., Терещук В. М. Справочник по учебному проектированию приёмно-усилительных устройств. Киев : Высшая школа, 1988.
6. Алексеев О. В., Головков А. А., Пивоваров И. Ю. и др. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств : учеб. пособие для вузов / Под ред. О. В. Алексеева. Рекоменд. МО РФ. М. : Высш.шк., 2000. 479 с.
7. Амелина М. А., Амелин С. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. М. : Горячая линия-Телеком, 2007. 464 с. ил.

УДК 007.3
ГРНТИ 49.33.29

АНАЛИЗ УРОВНЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТИ СВЯЗИ

А. В. Ануфренко, И. С. Русин, Е. О. Шахвердова

Военная академия связи

Приводится анализ уровня распределения сети связи, его основных функции, а также механизмов реализации функции отказоустойчивого функционирования.

уровень распределения сети связи, защитные механизмы, протоколы резервирования элементов сети, протоколы агрегации.

Проектирование сети связи требует от специалистов решения большого количества сложных вопросов, связанных с построением ее физической, логической, протокольной и других структур.

Для облегчения задач проектирования сеть делят на функциональные модули, каждый из которых в отдельности создавать гораздо проще. Таким образом, при проектировании сети, специалисты используют модель, которая имеет иерархическую структуру, состоящую, в зависимости от масштаба, из нескольких уровней [1, 2, 3]. Крупная сеть, включающая десятки тысяч узлов, как правило, состоит из трех функциональных уровней: уровня доступа, уровня распределения и ядра сети [1, 2, 3]. Необходимо заметить, что уровни являются понятием логическим, а не физическим, то есть функционал каждого из уровней не обязательно должен согласовываться с конкретным телекоммуникационным оборудованием. В данной статье речь пойдет об уровне, который является узловым в процессе функционирования сети связи, – уровне распределения сети.

Уровень распределения сети считается наиболее программно-нагруженным в иерархической модели. Данный уровень выполняет ряд ключевых сетевых функций, которые, в силу своей сложности, требуют при проектировании сети особого внимания и напряженной проработки. Несмотря на это, до сих пор существуют подходы к проектированию сети, при которых уровень распределения не рассматривается, как самостоятельный (сети связи специального назначения), а его функции реализуются в элементах сети доступа (уровень доступа) и транспортной сети связи (уровень ядра), что усложняет процесс проработки оптимальных решений по созданию эффективного функционала сети, за который в иерархической сетевой модели отвечает уровень распределения. Таким образом, целью статьи является анализ уровня распределения сети, его функций, вариантов построения, а также широкого ряда механизмов, на основе которых реализуется функционал данного уровня.

В разных источниках этот иерархический уровень называют по-разному: уровень распределения, уровень агрегации, уровень рабочих групп [1, 2, 3]. Уровень распределения является важным сегментом сети и представляет собой - уровень сетевой архитектуры, обеспечивающий связность между уровнем доступа и уровнем ядра сети и функцию агрегации (рис. 1, см. ниже) [1].

Перед уровнем распределения ставятся три основные задачи:

- изоляция последствий изменения топологии сети;
- управление размером таблицы маршрутизации;
- агрегация сетевого трафика.

Этот уровень выполняет следующие важные функции [1, 2]:

- маршрутизация трафика между сегментами сети;
- обеспечение системы безопасности и сетевой политики;
- агрегация широковещательных доменов;
- агрегация доменов маршрутизации;
- обеспечение доступности ядра сети;

- обеспечение соединения с сервисами сети;
- поддержка QoS.

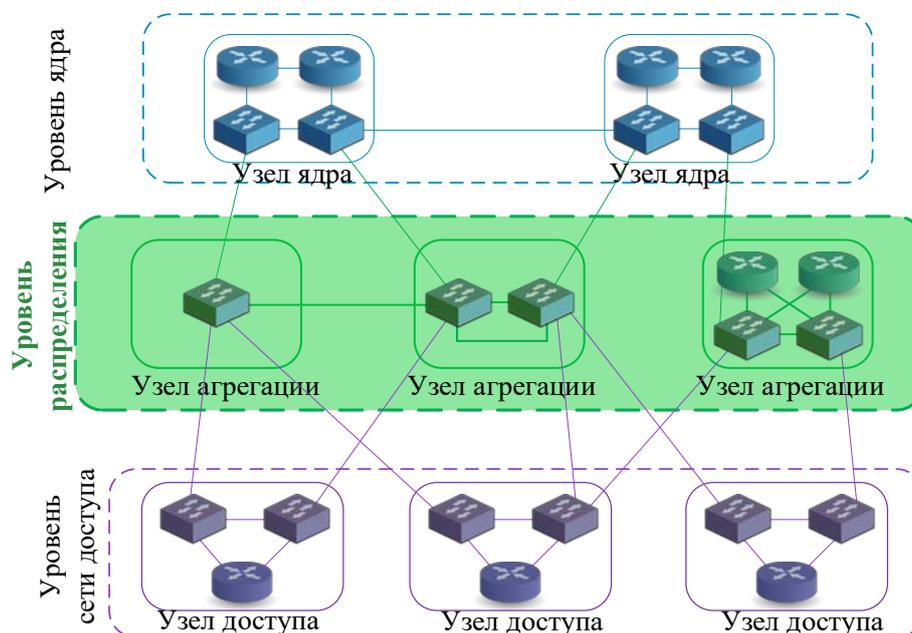


Рис. 1. Трехуровневая модель построения сети

Маршрутизация трафика между сегментами сети необходима для пересылки трафика между локальными сетями организаций, территориально удаленных друг от друга, в том числе и между логическими пользователями, при этом локальные сети организаций могут быть построены на основе разных технологий (Ethernet, ATM, Frame Relay и т. д.).

Обеспечение системы безопасности и сетевой политики является второстепенной функцией данного уровня и заключается в том, что устройства уровня распределения могут изолировать определенные группы компьютеров и защищать их от угроз, например, таких как IP spoofing и др. Устройства уровня могут ограничивать широковежательную рассылку рамками локальной сети, отвечая тем самым за то, чтобы трафик локальных сетей оставался локальным.

Агрегация широковежательных доменов, доменов маршрутизации заключается в том, что уровень распределения агрегирует в себе нагрузку и обеспечивает высокоскоростное соединение наибольшего количества сегментов сети. Он объединяет так называемые модули сети, такие как модули уровня доступа, модули WAN сети, модули дата-центра, модули сети интернет и т. д. Функция агрегации трафика является одной из основных функций уровня.

Все вышеперечисленные функции связаны с необходимостью резервирования резервирование: организации резервных каналов и резервных со-

единений (как в сторону сети доступа, так и в сторону ядра сети); резервирование устройств уровня, их распределение и стекирование между собой. Разработан целый ряд механизмов резервирования (отказоустойчивого функционирования) [4, 5], которые используются на данном уровне и обеспечивают быструю сходимость сети, а также высокую степень доступности ядра сети для пользователей. Вопросы отказоустойчивости рассматриваются с точки зрения соединений, оборудования и электропитания. Уровень распределения позволяет снять нагрузку с ядра сети, распределяя трафик между коммутаторами доступа, повышая, таким образом, доступность ядра сети.

Обеспечение QoS на уровне распределения проявляется в возможности гибкого описания сетевых операций, реализация быстрых способов обработки агрегированного трафика, его фильтрации, приоритезации (*Best Effort Service, DiffServ, IntServ*).

Теоретически сети уровня распределения могут строиться на основе различного телекоммуникационного оборудования (соответствующего класса коммутаторах и маршрутизаторах). На классических L2-коммутаторах обычно строятся так называемые «плоские» сети, которые имеют ряд существенных недостатков [2, 3]. Построение уровня с использованием только этих коммутаторов не позволяют использовать иерархический подход. Главным недостатком применения маршрутизаторов является его скорость обработки трафика, она существенно ниже той, которую могут обеспечить коммутаторы. Таким образом, для построения уровня распределения сети, чаще всего, выбирают коммутаторы третьего уровня модели OSI, которые лишены вышеперечисленных минусов. Однако решения по использованию телекоммуникационного оборудования могут быть самыми различными и зависят от исходных данных и предъявляемых требований к сети. Характеристики телекоммуникационного оборудования уровня распределения, на которые необходимо обращать внимание при формировании требований, следующие:

- характеристики магистральных нисходящих портов;
- характеристики up-link интерфейсов в сторону ядра;
- характеристики интерфейсов соседних устройств уровня;
- функционал L2 и L3 уровней, реализуемый в устройствах;
- функционал безопасности;
- решения по обеспечению отказоустойчивости (резервирование, кластеризация, резервирование электропитания);
- решения по обеспечению гибкости при балансировке трафика;
- решения по возможности дальнейшего наращивания функционала уровня (увеличение агрегации в ядро);
- решения по реализации технологии PoE.

В зависимости от масштаба сети уровень распределения строится на разных по своим характеристикам коммутаторах. В таблице приведены некоторые характеристики коммутаторов уровня распределения.

ТАБЛИЦА. Характеристики коммутаторов уровня распределения

Модель коммутатора	Характеристики интерфейсов	Пропускная способность, Гбит/с
Коммутатор РТК MES5312 (РТК)	1x10/100/1000BASE-T (OOB); 12x10GBASE-R (SFP+)/1000BASE-X (SFP)	до 240
Коммутатор Juniper EX4550-32F-AFO	32-Port 1/10G SFP+	128
Коммутатор Cisco WS-C3850-24S-S	24 порта с поддержкой данных 10/100/1000 и PoE+	40

Коммутаторы могут иметь различное количество портов, пропускную способность, а также отличаться набором механизмов, выполняющих функции L2 и L3 уровней.

Основными для уровня распределения являются задачи изоляции последствий изменения топологии сети и агрегация сетевого трафика, обе из которых связаны с повышением отказоустойчивости сети. Эти задачи во многом решаются за счёт использования защитных механизмов на уровне распределения (рис. 2, см. ниже) [4, 5].

Одни механизмы выполняют функции агрегации каналов, портов, соединений (LACP, PAgP, *Nortel Multilink trunking*), обеспечивая тем самым высокую доступность уровня распределения коммутаторам уровня доступа.

Другие механизмы осуществляют избыточное резервирование коммутаторов уровня распределения, повышая тем самым эффективность работы уровня в условиях возникающих отказов функционирования коммутаторов и также обеспечивая доступ к уровню ядра. Протоколы VRRP, GLBP реализуют распределенное резервирование, тогда как Stack Wise отвечают за функцию стекирования нескольких коммутаторов вместе.

Также важную роль играют сетевые защитные механизмы, которые следят за отказоустойчивой работой сети распределения в целом. Представленные в классификации защитные механизмы (рис. 2) не исчерпывают все их множество, а только раскрывают наиболее известные.

Уровень распределения является связующим звеном между уровнем доступа и уровнем ядра и наиболее сильно влияет на отказоустойчивое функционирование сети в целом. Правильная конфигурация сетей этого уровня требует детального анализа различных вариантов реализации в его устройствах L2, L3 функций, а также выбора из большого количества вариантов наиболее эффективных защитных механизмов. Подробный анализ

влияния защитных механизмов на функционирования сетей уровня распределения является дальнейшей задачей исследования.

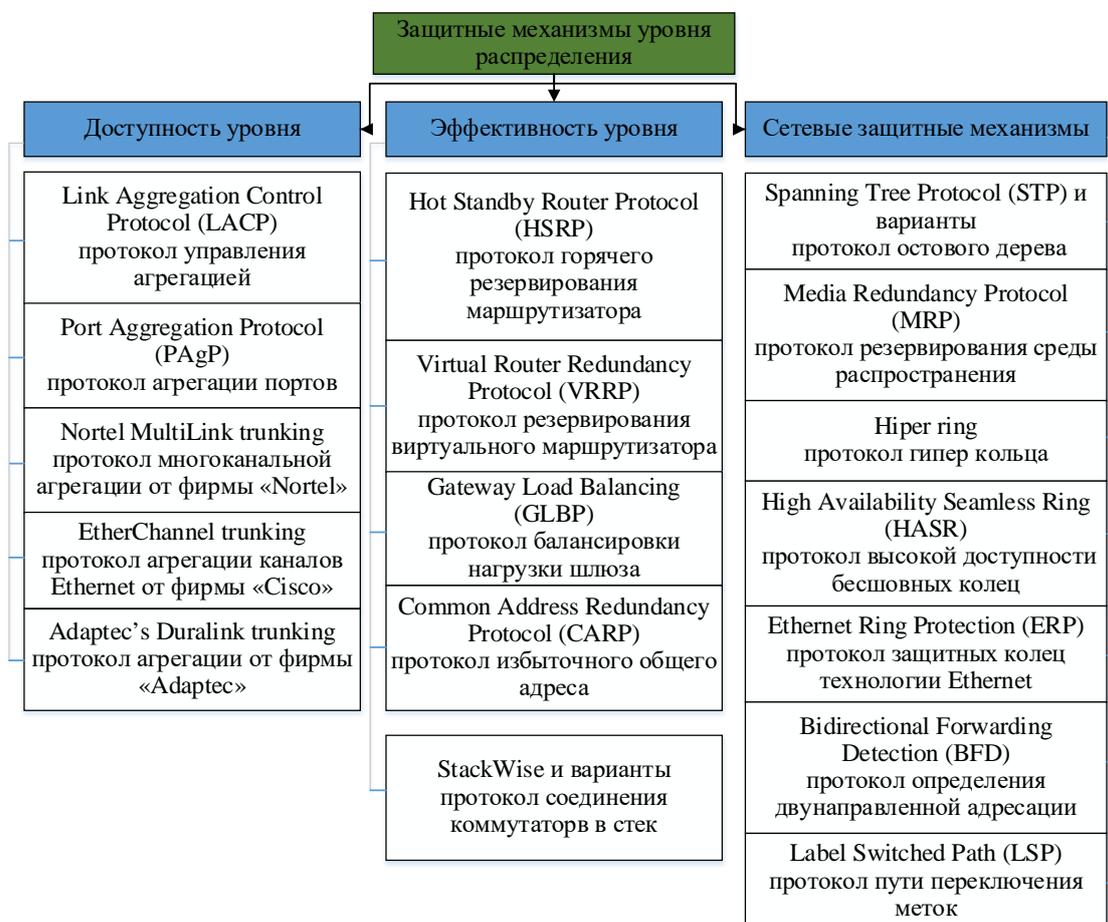


Рис. 2. Защитные механизмы уровня распределения

Список используемых источников

- Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 5-е изд. СПб. : Питер, 2016. 992 с. ISBN 978-5-496-01967-5.
- Инфокоммуникационные системы специального назначения. учеб. пособие / Под ред. С. М. Одоевского. СПб. : ВАС, 2017. 456 с.
- Канаев А. К., Кудряшов В. А., Кузнецов В. Е., Лихачев А. М. Исследование и комплексное построение базовых подсистем электросвязи : монография. М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. 253 с.
- Ануфренко А. В., Волков Д. В., Канаев А. К. Механизмы обеспечения отказоустойчивости пакетно-ориентированных сетей связи // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. в 2 т. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 198–202.
- Ануфренко А. В., Яровикова О. В. Применение технологий агрегации каналов передачи данных в сетях доступа специального назначения // 70-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященной дню радио : сб. тр. СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. Т. 1. С. 109–110.

УДК 537.876.46
ГРНТИ 47.45.99

ИССЛЕДОВАНИЕ КИРАЛЬНЫХ МЕТАМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МНОГОЗАХОДНЫХ ПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

М. В. Аралкин¹, А. Н. Дементьев², О. В. Осипов³

¹Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого

²МИРЭА – Российский технологический университет

³Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В работе рассматриваются математические модели киральных метаматериалов на основе многозаходных проводящих элементов двух типов – спирали и гаммадиона. Получены аналитические выражения для резонансных частот элементов, а также определены соотношения для материальных параметров с учетом дисперсии метаматериалов. Определены постоянные распространения волн с круговыми поляризациями в указанных метаматериалах. Рассмотрено решение задачи об отражении плоской линейно поляризованной электромагнитной волны от планарного слоя из метаматериала, который представляет собой матрицу из тонкопроволочных идеально проводящих элементов в виде N взаимно ортогональных спиралей.

метаматериал, киральная среда, модель Максвелла-Гарнетта, дисперсия, спираль, гаммадион.

Исследование метаматериалов СВЧ диапазона в настоящее время является одной из приоритетных задач электродинамики, что связано с активным их использованием в антенной технике, СВЧ устройствах и т. п. [1, 2]. Одними из наиболее интересных метаматериалов являются, так называемые киральные метаструктуры, создаваемые на основе проводящих зеркально асимметричных элементов, размещаемых на одинаковых расстояниях в диэлектрическом контейнере [3, 4]. В данной работе рассматриваются многозаходные зеркально асимметричные элементы двух типов – тонкопроволочные составные спирали и многозаходные гаммадионы, показанные на рис. 1 (см. ниже).

Основной целью работы является доказательство возможности использованием киральных метаматериалов с многозаходными элементами преобразовывать нормально падающее излучение СВЧ на заданной частоте в рассеяние в плоскости метаматериала. Задачами исследования являлись построение математических моделей с учетом дисперсии указанных киральных метаматериалов, расчет дисперсионных характеристик собственных

волн, а также исследование отражения плоских электромагнитных волн от планарных слоев метаматериалов.

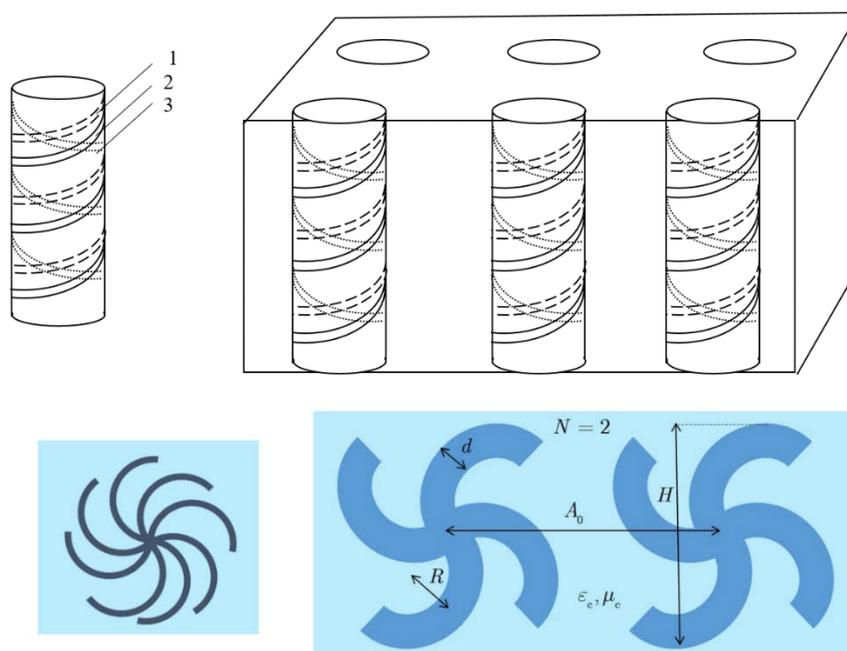


Рис. 1. Многозаходные киральные элементы

Киральный метаматериал вне зависимости от типа используемых зеркально асимметричных элементов описывается обобщенными материальными уравнениями Линделла-Сиволы [3]:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \mp i\chi \vec{H}, \quad \vec{B} = \mu \vec{H} \pm i\chi \vec{E}, \quad (1)$$

где ε , μ – эффективные диэлектрическая и магнитная проницаемости метаматериала; χ – относительный параметр киральности метаматериала.

Для расчета эффективной диэлектрической проницаемости использовалась модель Максвелла-Гарнетта при учете пространственной дисперсии метаматериала:

$$\frac{\varepsilon - \varepsilon_s}{\varepsilon + 2\varepsilon_s} = \alpha \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_s}{\varepsilon_c + 2\varepsilon_s}; \quad \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2}; \quad \chi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)}, \quad (2)$$

где ε – эффективная диэлектрическая проницаемость метаматериала; ε_s – относительная диэлектрическая проницаемость области, занятой многозаходным элементом; α – объемная концентрация многозаходных элементов в контейнере; c – скорость света; A – параметр, связанный с линейным расстоянием между элементами; β_0 – параметр, связанный с процессами поляризации в метаматериале; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрического контейнера.

В работе были получены выражения для резонансных частот, исследуемых многозаходных киральных элементов путем вычисления индуктивности и емкости, а также получены явные выражения для эффективной диэлектрической проницаемости и параметра киральности с учетом их частотной зависимости (2) с использованием материальных уравнений (1). В работе была рассмотрена задача наклонного падения электромагнитной волны на планарный слой кирального метаматериала, которая решалась методом частичных областей. Сначала было найдено электромагнитное поле в метаматериале и в окружающих её областях. На втором этапе после использования граничных условий была получена система линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных коэффициентов отражения и прохождения.

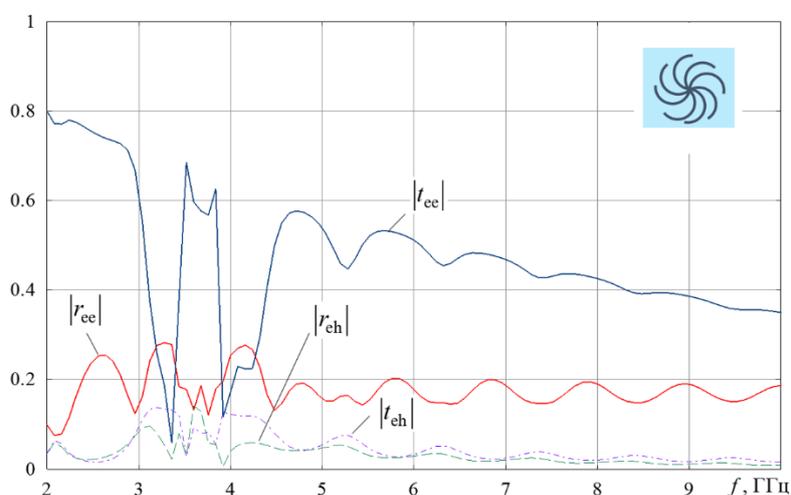


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициентов отражения и прохождения

На рис. 2, в качестве примера, показаны частотные зависимости модулей коэффициентов отражения и прохождения для метаматериала на основе 3-х заходных гаммадионов. Как видно из рис. 2, на частотах 3,4 и 3,9 ГГц имеются резкие минимумы модуля коэффициента прохождения основной компоненты, соответствующие преобразованию падающей энергии в рассеяние в плоскости метаматериала. Аналогичные результаты были получены и для метаматериала на основе составных спиралей.

Список используемых источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J.C., Smith, D.R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen A. J. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media. London : Artech House, 1994. 291 p.
4. Неганов В. А., Осипов О. В. Отражающие, волноведущие и излучающие структуры с киральными элементами. М. : Радио и связь, 2006. 280 с.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.43.29

ОБЗОР БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, СЛУЖАЩИХ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Н. В. Бабаев, В. Е. Коротин, А. С. Федоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время Интернет Вещей и Промышленный Интернет Вещей приобретают все большую и большую популярность. В статье рассматриваются вопросы реализации систем Промышленного Интернета Вещей на основе беспроводных технологий, таких как Wi-Fi, NB-IoT, LoRa. Приведены основные характеристики этих стандартов, а также преимущества и недостатки.

Интернет Вещей, Промышленный Интернет Вещей, беспроводные технологии.

Интернет Вещей применяется для оптимизации оперативных расходов, увеличения срока эксплуатации технического обеспечения и улучшения благосостояния людей. Эксперты считают, что Интернет Вещей захватит практически каждый сегмент в сфере промышленности, бизнеса, здравоохранения, потребительских товаров и многих других. На рис. 1 изображена диаграмма количества подключенных к интернету устройств к 2020 году по различным прогнозам.

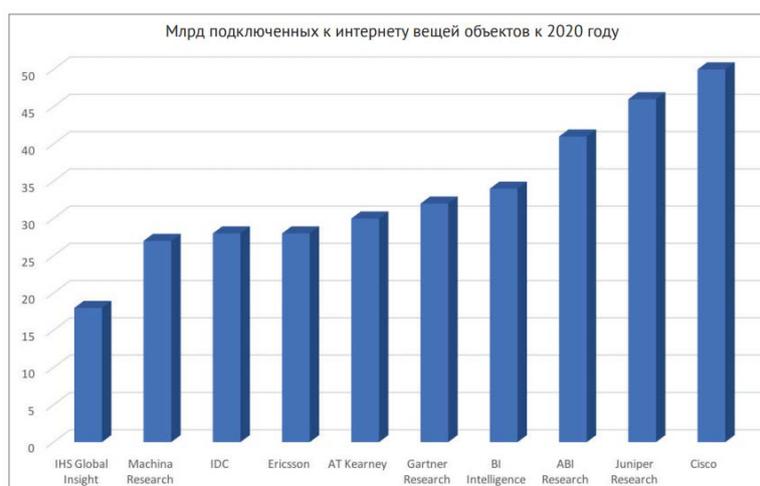


Рис. 1. Прогноз подключенных к Интернету устройств к 2020 году

Концепция Промышленного Интернета Вещей является наиболее крупной и быстро развивающейся с точки зрения количества подключенных

устройств и степени полезности этих сервисов для производства и автоматизации предприятия, служащий операционно-технологической базой, включающей в себя аппаратные и программные средства. К его характерным чертам относятся:

- обеспечение высокой производительности;
 - высокое время безотказной работы и сбора данных;
 - ответная реакция в режиме реального времени;
- потребность в запасе энергетической и вычислительной мощности.

На рис. 2 схематично представлены области, в которых уже нашел применение Промышленный Интернет Вещей [1].



Рис. 2. Области применения Промышленного Интернета Вещей

Интернет Вещей состоит из слабо связанных между собою разрозненных сетей, каждая из которых развернута для решения своих специфических задач. По мере развития Интернета Вещей сети будут агрегироваться и приобретать более широкие возможности в сфере безопасности, аналитики и управления. Варианты подключения Интернета вещей к существующим сетям представлена на рис. 3.

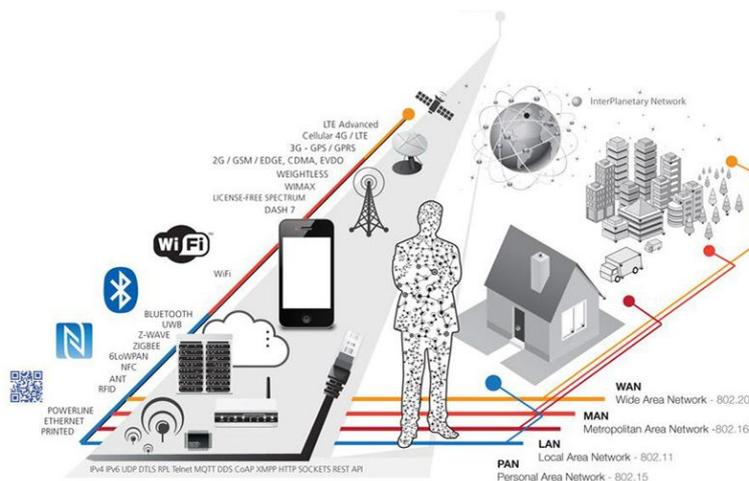


Рис. 3. Варианты подключения Интернета Вещей к существующим сетям

На рис. 4 и 5 представлено сравнение беспроводных технологий, используемых в Интернете Вещей, по дальности действия и полосе пропускания.

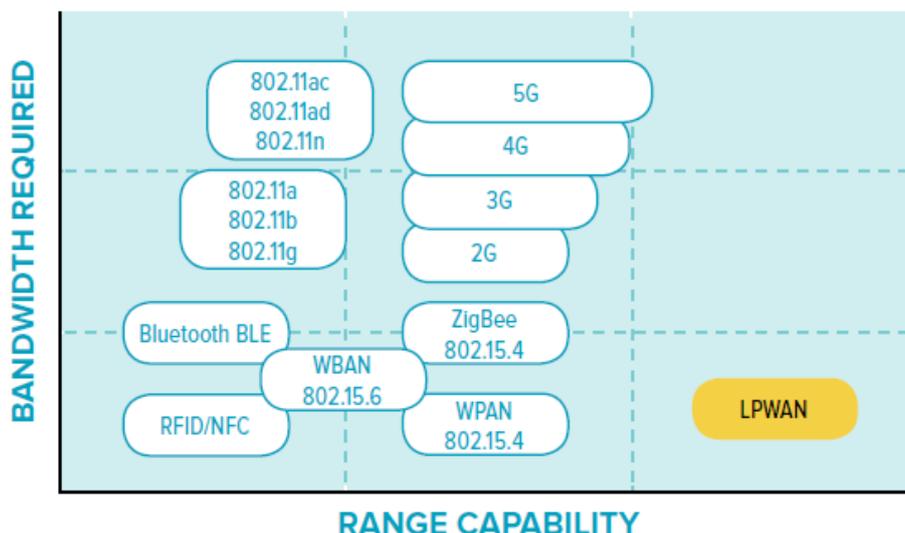


Рис. 4. Сравнение технологий, применяемых для реализации Интернета Вещей

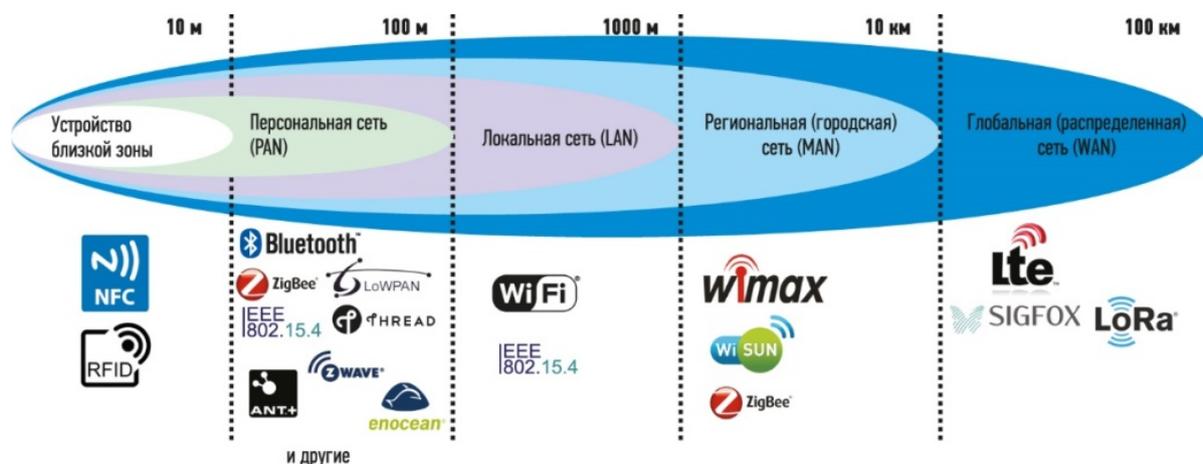


Рис. 5. Сравнение технологий, применяемых для реализации Интернета Вещей

Далее будут рассмотрены 3 самых популярных на сегодняшний день стандарта беспроводной связи для реализации систем Промышленного Интернета Вещей, а именно Wi-Fi, LoRa, NB-IoT [2].

Wi-Fi представляет собой не единичную технологию, а большое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам. В семейство Wi-Fi входит множество стандартов, благодаря чему технология Wi-Fi обеспечивает решения почти на любой вкус. Как и все удачные разработки в мире электроники, Wi-Fi эволюционирует и постоянно развивается по мере появления новых идей и технологий. Этот факт позволяет применять стандарты Wi-Fi во многих областях, в том числе и в реализации Интернета Вещей.

Эксперты прогнозируют достаточно хорошие перспективы для стандарта Wi-Fi и особенно для его сегмента с низким энергопотреблением, что напрямую применимо к технологиям Интернета Вещей. Диаграмма развития рынка Wi-Fi представлена на рис. 6.

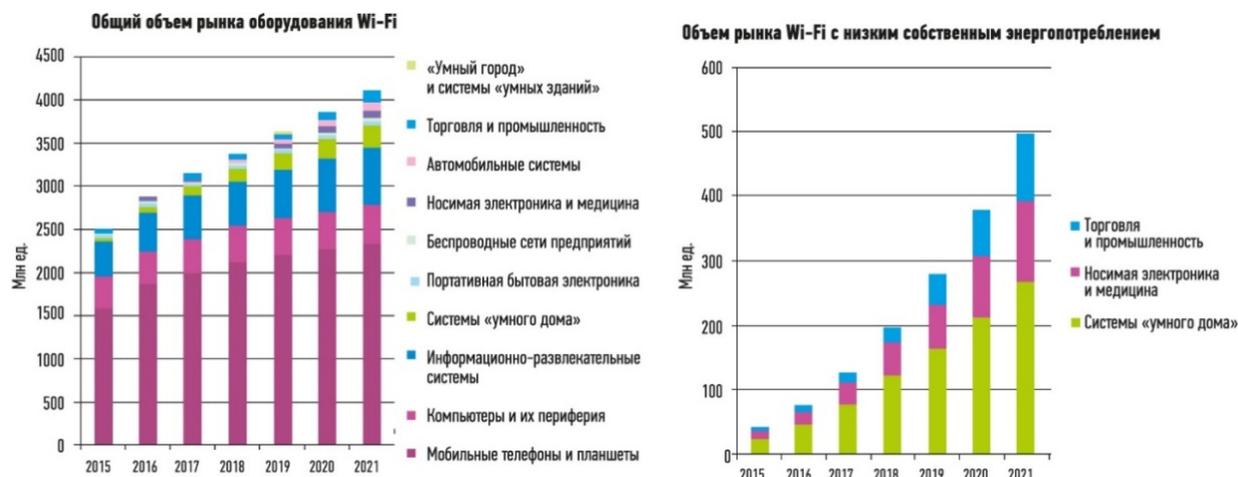


Рис. 6. Прогнозы развития стандарта Wi-Fi

Высокая устойчивость Wi-Fi, его гибкость и пригодность для многоцелевого применения, а также давняя приверженность Wi-Fi Alliance к функциональной совместимости использующих эту технологию устройств (независимо от ее версии) делают Wi-Fi одной из идеальных платформ для инноваций в безграничном множестве технологий Интернета Вещей [3].

Однако у технологии Wi-Fi есть и недостатки. Помимо высокого энергопотребления, существует еще целый ряд проблем. Первая заключается в том, что эта технология, работая в нелицензируемом диапазоне частот, подвергается повышенному уровню помех из-за перегруженности диапазона. Второй проблемой является безопасность, поскольку Wi-Fi может напрямую подключаться к Интернету со всеми его угрозами. Устройство Wi-Fi должно быть спроектировано так, чтобы обеспечить конфиденциальность данных и правильную работу конечного приложения. Поставщикам Wi-Fi-оборудования необходимо уделять больше внимания разработке программных продуктов, которые будут гарантировать подключение только по разрешенным портам и протоколам (особенно это касается Промышленного Интернета Вещей). При этом еще добавляются трудности, связанные с широко внедряемыми облачными технологиями. В Интернете Вещей доступ к облачному серверу должен быть бесперебойным, и для этого Wi-Fi-сети должны стать еще более безопасными – с возможностью круглосуточного мониторинга, управления и самовосстановления.

Таким образом, технология Wi-Fi готова уже сегодня подключить миллиарды IoT-устройств друг к другу, к Интернету и к миллиардам единиц

бытовой электроники, компьютеров и промышленного оборудования. Высокая устойчивость Wi-Fi, его гибкость и пригодность для многоцелевого применения, а также давняя приверженность Wi-Fi Alliance к функциональной совместимости использующих эту технологию устройств (независимо от ее версии) делают Wi-Fi одной из идеальных платформ для инноваций в безграничном множестве технологий Интернета вещей. Однако нужно признать, что эта технология не является безоговорочным лидером для собираемых в рамках Интернета Вещей «больших данных» и их передачи, часто на огромные расстояния, а также для обработки, анализа и последующего использования информация для принятия решений имеется еще целый ряд специализированных протоколов и технологий.

Стандарт NB-IoT был разработан специально для развертывания вместе с сотовыми сетями мобильной связи, в частности сетей LTE [4]. Этот стандарт направлен на предоставление пользователям недорогих линий связи с низким энергопотреблением. Кроме того, стоит отметить, что NB-IoT работает в лицензируемом диапазоне частот (в России был выделен диапазон от 700 до 1800 МГц).

Данный стандарт предлагает весьма низкую скорость передачи данных (от 20 до 250 Кбит/сек, но имеет большое покрытие (как уже было сказано выше – за счет развертывания поверх сетей LTE).

NB-IoT может развертываться в трех вариантах (что представлено на рис. 7):

- автономный (standalone);
- на защитной полосе частот (guard-band);
- внутриполосный (in-band).

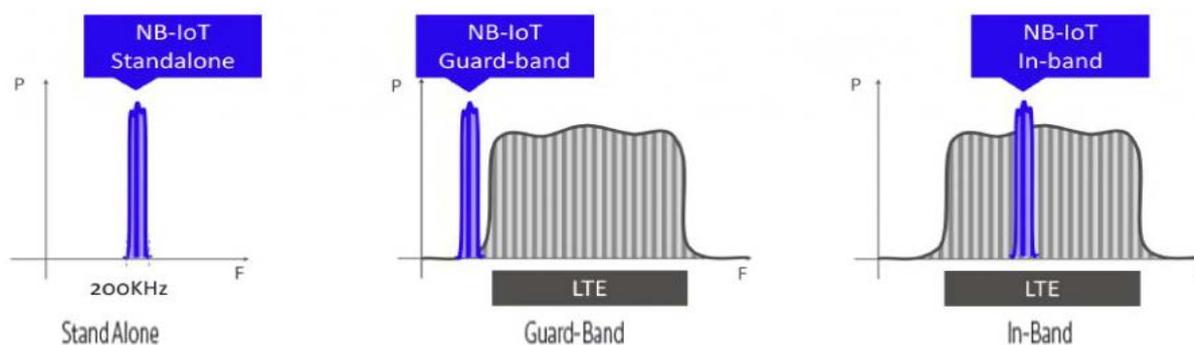


Рис. 7. Варианты развертывания NB-IoT

Наиболее распространенным вариантом является внутриполосный. Он широко используется в Европе, например, компанией Vodafone.

Согласно прогнозам, повсеместную поддержку NB-IoT в России начнут внедрять уже в 2020 году. Все необходимые условия и инструменты для разворачивания этого стандарта уже доступны операторам связи, по-

сколькx большого обновления аппаратуры не требуется, а нужно лишь обеспечить программное обеспечение. Так, компания МТС в Москве уже предлагает в тестовом режиме пакет услуг с поддержкой NB-IoT.

Технология LoRa [5] объединяет в себе метод модуляции LoRa в беспроводных сетях LPWAN и открытый протокол LoRaWAN. Данная технология обеспечивает межмашинное взаимодействие на расстоянии до 15 км при минимальном потреблении электроэнергии. В зависимости от региона LoRa использует разный диапазон частот (30–300 МГц, 300–3000 МГц, 800–930 МГц). Скорость варьируется от сотен бит/сек до десятков кбит/сек.

Модуляция LoRa представляет собой расширение спектра посредством линейной частотной модуляции (перестройка несущей частоты по линейному закону). Благодаря такому подходу сигнал становится устойчивым к эффекту Допплера и многолучевым замираниям. Линии связи LoRa могут работать примерно на 20 дБ ниже уровня радиочастотных помех. Кроме того, возможно изменение модуляционно-кодирующих схем в зависимости от обстановки.

Таким образом, можно сделать вывод, что бурно развивающаяся технология Интернета Вещей будет иметь множество вариантов реализации на любой вкус, исходя из требований проекта. Это касается, в частности, беспроводного сегмента. Не исключен вариант, что потребуются комбинировать различные технологии в целях получения оптимальных результатов.

Список используемых источников

1. Ли Перри – Архитектура интернета вещей; пер. с англ. М. А. Райтмана. М. : ДМК Пресс, 2019. 454 с.: ил.
2. Рентюк В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей» [Электронный ресурс] // ControlEngineering : электрон. научн. журн. 2017. № 6. С. 61–65. URL: <https://controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/putivoditel-iot-1/> (дата обращения 02.02.2020).
3. Введение в IoT [Электронный ресурс] // Технологии связи : сб. науч. тр. URL: <https://itechinfo.ru/content/введение-в-iot-интернет-вещей> (дата обращения 05.02.2020).
4. TADVISER. Государство. Бизнес. ИТ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/Новости> (дата обращения 07.02.2020).
5. LoRa IoT Sensor Node – Solutions for Smart Cities [Электронный ресурс]. URL: <http://select.advantech.com/lora/en-us/> (дата обращения 10.02.2020).

УДК 621.396.677
ГРНТИ 47.45.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ ДО РЕФЛЕКТОРА НА ВИД ПОЛЯРИЗАЦИИ И КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ

С. А. Баранов, Д. А. Овчинников

Уральский технический институт связи и информатики

В статье рассматриваются плоские спиральные антенны: спираль Архимеда и одновитковая спиральная антенна. Изучается вопрос влияния рефлектора на вид диаграммы направленности, коэффициент усиления и поляризацию антенны. Приводятся данные как полученные эмпирическим путем, так и результаты, основанные на математическом моделировании.

широкополосная антенна, спиральная антенна, спираль Архимеда.

Существует ряд задач, который требует перекрытия широкой полосы частот. Для их достижения можно использовать либо несколько узкополосных антенн, каждая из которых способна перекрыть только часть необходимого диапазона, либо использовать одну широкополосную антенну.

Как правило, при сопоставимых сложностях конструкций узкополосные антенны обладают большим коэффициентом усиления и легче согласуются с фидером. Тем не менее, необходимость в одновременном применении множества различных антенн сводит на нет эти преимущества. Поэтому чаще используют одну широкополосную антенну.

При выборе типа антенны и изучении изменения поляризации в зависимости от количества используемых однотипных витков производились измерения двух антенн (рис. 1) в условиях учебной лаборатории.



Рис. 1а. Антенна спираль Архимеда



Рис. 1б. Антенна одновитковая спираль

Спираль Архимеда является лабораторным макетом и изготовлена студентами, она состоит из витков от 2,5 см в диаметре до 15 см в диаметре, то есть эффективная полоса частот от 3819 до 637 МГц.

Одновитковая спираль рассчитана и изготовлена промышленно, она имеет диаметр 15,5 см, ее центральная частота составляет 615 МГц.

Для определения исходной поляризации была построена поляризационная картина на частоте, близкой к центральной для каждой антенны. Поляризации исследуемых антенн приведены на рис. 2а и 2б.

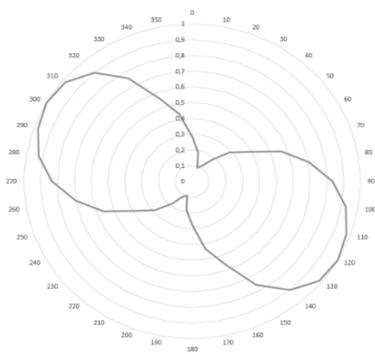


Рис. 2а. Вид поляризации антенны спираль Архимеда

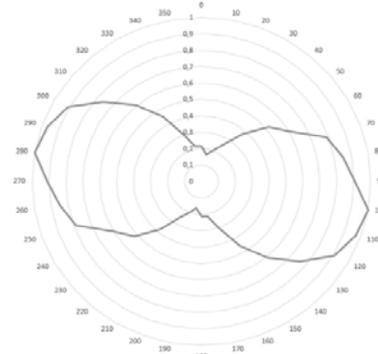


Рис. 2б. Вид поляризации одновитковой спиральной антенны

По полученным результатам видно, что коэффициент эллиптичности высок, поляризация превращается в линейную. В качестве примера на рис. 3 приведена поляризационная картина цилиндрической спиральной антенны из 7 витков. Измерения проводились в тех же условиях.

В процессе анализа и проведения повторных экспериментов был найден ответ. В результате сложения волн, излученных антенной, и отраженных волн итоговое излучение претерпевает большие изменения. Одновитковая антенна изначально выполнена на рефлекторе, а учебный макет испытывал отражения от железобетонной стены.

Очевидно, что при размещении антенны близ отрагательных поверхностей итоговый вид излучения будет отличен от ожидаемого. Возникла необходимость в поиске оптимальной высоты подъема антенны над экраном для фиксирования либо максимального усиления сигнала, пусть и линейно поляризованного, либо для достижения поляризации максимально близкой к круговой.

Для спирали Архимеда измерения проводились на частотах 634, 700 и 900 МГц. Данные частоты выбраны по нескольким причинам:

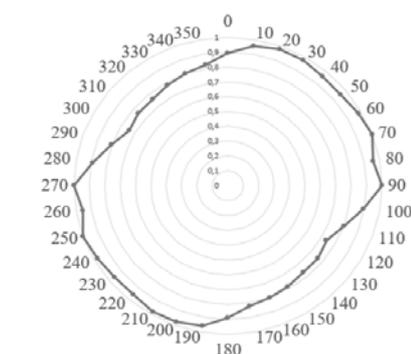


Рис. 3. Вид поляризации однозаходной цилиндрической спиральной антенны

- на низкой частоте длина волны больше, значит требования к точности фиксации антенны над экраном снижаются;
- все частоты укладываются в рабочую полосу излучения антенны;
- данные частоты близки друг к другу, длина волны при этом не равна длине витка, значит их излучение будет складываться из суммы излучения близлежащих витков.

Для одновитковой спирали рефлектор был демонтирован. Виток изготовлен из толстого металла, он является самонесущим, дополнительная фиксация не потребовалась. Здесь так же был взят диапазон частот. Из справочной литературы: эффективная ширина полосы пропускания одного витка составляет 30 %. При экспериментальном исследовании эффективного частотного диапазона спиральной антенны в условиях данной лаборатории получился диапазон $\pm 10\%$ от центральной частоты, т. е. 20 %. Выбраны частоты 560, 615, 670 МГц.

Результаты измерений коррелируют между собой. Ожидаемо центральная частота в одновитковой антенне имеет наименьшую эллиптичность. Спираль Архимеда также демонстрирует лучшие результаты при совпадении длины волны с длиной витка. Тем не менее разница коэффициента поляризации в зависимости от частоты не превышает 3 дБ. При изменении высоты подъема антенны над экраном все частоты ведут себя одинаково. Результаты измерений приводятся на центральной частоте – рис. 4а и 4б.

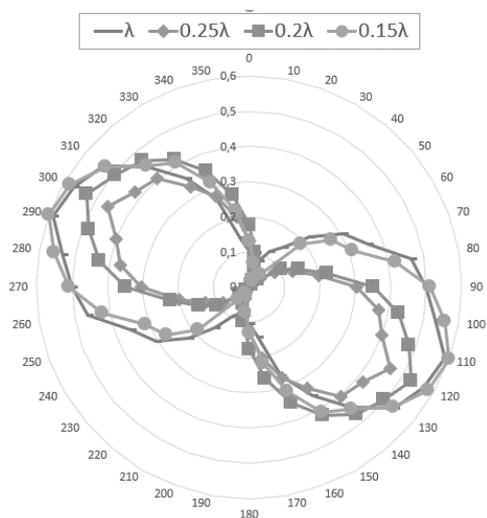


Рис. 4а. Зависимость изменения вида поляризации от высоты подъема спирали Архимеда над экраном

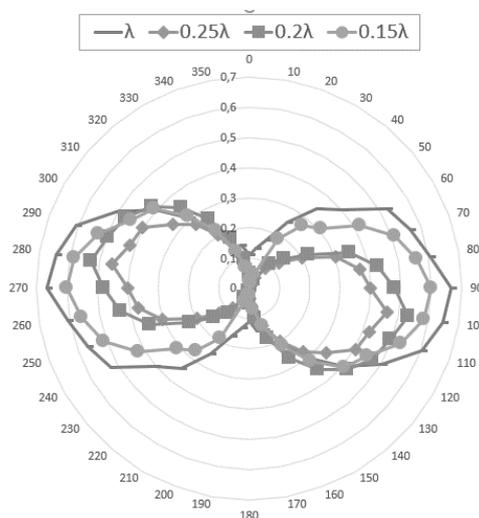


Рис. 4б. Зависимость изменения вида поляризации от высоты подъема одновитковой спирали над экраном

Максимальная амплитуда сигнала достигается при высоте подъема λ и 0.15λ . В промежутке от λ до 0.15λ сигнал убывает до $\lambda/2$, после чего начинает расти. При этом уплощение поляризации минимально при высоте подъема λ , отношение максимальной амплитуды к минимальной составляет 6 дБ. Экстраполируя данные, можно предположить, что с увеличением подъема

эллиптичность продолжить падать и диаграмма направленности будет принимать вид диаграммы направленности в свободном пространстве.

В литературных источниках утверждается, что максимальное усиление достигается при высоте $0,13\lambda$, подтверждается измерениями. Кроме того, конструкция одновитковой спирали изначально конструктивно имела подъем $0,08\lambda$. Вероятно, в этом случае поляризация еще больше приблизится к линейной, но при этом коэффициент усиления возрастет.

На стенде выполнить измерения с достаточной точностью при малом шаге изменения высоты не представляется возможным, поэтому использовано моделирование антенны в MMANA Gal basic v3.0.0.31. Моделирование было проведено со спиралью Архимеда. Для ускорения расчетов компьютерная модель была упрощена относительно натурной – рис. 5.

Моделирование производилось на центральной частоте, где коэффициент эллиптичности минимален. Для удобства результаты измерений сведены в таблицу.

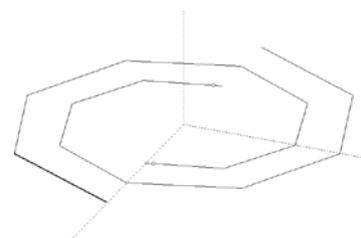


Рис. 5. Модель плоской спирали Архимеда

ТАБЛИЦА. Коэффициент усиления антенны в зависимости от высоты подъема излучателя над экраном

Высота подъема в длинах волн	Усиление, dBi
В свободном пространстве	3,22
0,01	11,6
0,05	9,88
0,1	9,5
0,15	9,1
0,2	8,57
0,25	7,88
0,5	7,01
1	8,83
2	9,34

Результаты моделирования не вступают в конфликт с экспериментальными значениями изменения коэффициента усиления. Наличие рефлектора сильно повышает направленные свойства антенны, при этом, чем ближе расположить спираль к экрану, тем сильнее выражен этот эффект.

Таким образом, проведенное исследование показало:

– использование витков различной длины в спиральных антеннах позволяет перекрывать большую полосу частот при сохранении стабильности диаграммы направленности;

– рефлектор оказывает значительное влияние на коэффициент усиления антенны. Коэффициент усиления падает при изменении высоты подъема над экраном от 0 до $0,5\lambda$ и возрастает при дальнейшем увеличении высоты;

– в условиях лаборатории, где возникают отражения от ж/б стен и иных предметов, одного витка спирали недостаточно для создания излучения круговой поляризации.

Использование спиральной антенны в качестве сверхширокоплоской антенны способно обеспечить стабильность показателей излучения во всей полосе используемых частот при небольших размерах антенны.

Список используемых источников

1. Электротехнический форум (Электро АС) [Электронный ресурс]. URL: <http://elektroas.ru/forum/showthread.php?t=807&pagenumber=>] (дата обращения 25.12.2019).

2. Классы квадрокоптеров – какие бывают и для чего используются (Geektimes) [Электронный ресурс]. URL: <https://geektimes.ru/company/dronk/blog/269722> (дата обращения 25.12.2019)

3. Гончаренко И. Спиральные направленные антенны [Электронный ресурс]. URL: <http://dl2kq.de/ant/kniga/1345.htm> (дата обращения 25.12.2019).

4. Артемова Т. К., Фомичев Н. И. Антенны : учеб. пособие. Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070702.pdf> (дата обращения 25.12.2019).

5. Айзенберг Г. З. Антенны ультракоротких волн. М. : Связьиздат, 2007. 700 с.

УДК 654.072.2

ГРНТИ 49.03

МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ СВЯЗИ

**А. А. Бирюков, О. Н. Киселев, П. И. Кузин,
А. А. Панкин, И. А. Потапов**

Военная академия связи

В статье изложена методика адаптивного управления параметрами средств комплекса контроля безопасности связи, разработанная на основе применения методики вероятностного прогнозирования и статистической обработки.

адаптивное управление; комплекс контроля безопасности связи, прогнозирование, сигнално-помеховая обстановка.

Введение

Известно достаточно большое количество методик, позволяющих повысить оперативность управления параметрами комплекса контроля безопасности связи (КБС) при приеме информации по радиоканалам, однако они имеют ряд недостатков. Наиболее существенным является то, что в подавляющем большинстве случаев, они позволяют организовать реактивное управление параметрами комплекса КБС, что приводит к временным затратам на восстановление рабочего состояния.

Постановка задачи

Существует противоречие между наличием способов управления параметрами, ориентированных на процесс КБС и отсутствием процедур прогнозирования изменяющейся сигнально-помеховой обстановки (СПО) при осуществлении КБС в СВЧ диапазоне. Поэтому, задача разработки адаптивного управления параметрами средств контроля на основе результата анализа и прогнозирования СПО является актуальной.

Решение

Суть решения моделирования методики адаптивного управления параметрами комплекса КБС с прогнозированием СПО в СВЧ диапазоне состоит на основе метода статистической обработки, вероятностного прогнозирования и синтезе алгоритма управления для получения характеристик протекания процесса КБС в условиях сложной СПО.

Графическое отображение сущности адаптивного управления параметрами комплекса КБС с прогнозированием СПО представлено на рис. 1 и состоит из следующих действий:

Выходные данные параметров комплекса КБС для установленного горизонта предсказания N предсказаны в каждый

установленный момент времени t . Предсказанные выходные данные, где $k = 1 \dots N$ – значение переменной для момента $(t + k)$, вычисляется на моменте t и зависят от известных величин вплоть до времени t (прошлых входных и выходных данных) и от будущих управляющих сигналов $u(t + k/t)$, где $k = 0 \dots (N - 1)$, которые необходимо подсчитать.

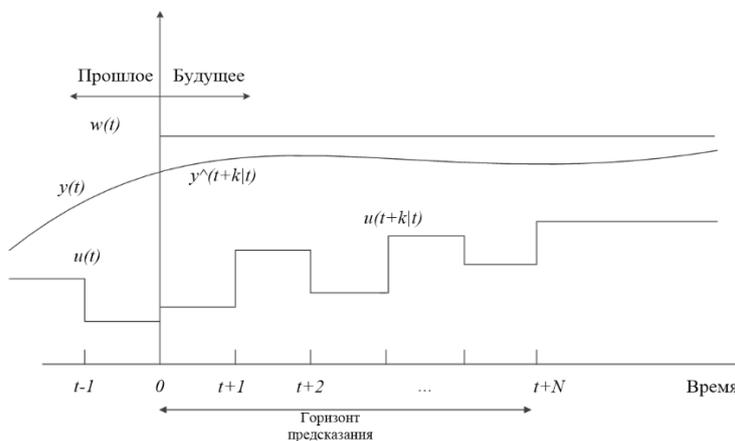


Рис. 1. Отображение сущности адаптивного контроля с прогнозированием СПО

Множество будущих управляющих сигналов комплекса КБС определяется согласно процессу оптимизации установленного критерия для сдерживания сигнала как можно ближе к оптимальной траектории $w(t + k)$ (траектория может представлять собой значение регулируемой величины, контрольную точку или близким приближением к ней). Этот критерий в основном представляется в виде функции второй степени, зависящей от отклонений между предсказанным выходным сигналом и оптимальной траекторией.

Точное решение может быть получено в том случае, если установленный критерий представлен однородным многочленом второй степени от координат вектора, модель в линейной, а ограничения отсутствуют, в других случаях используется метод оптимизации. В некоторых случаях принимаются некоторые допущения касательно структуры будущего закона управления, например, он может быть постоянным начиная с некоторого момента.

Управляющий сигнал $u(t)$ воздействует на процесс контроля, в то время как другие управляющие сигналы отклоняются, т. к. в следующий установленный момент $y(t + 1)$ уже известен, шаг 1 повторяется с учетом нового значения, и вся последовательность повторяется, горизонт прогнозирования переходит на шаг вправо. Таким образом, вычисляется $u(t + 1/t + 1)$ (и будет в корне отличаться от $u(t + 1/t)$ из-за использования новой информации).

Модель процесса функционирования объекта управления используется для предсказания выходных данных объекта управления на основе прошлых и текущих значений и предполагаемых оптимальных управляющих воздействий в будущем, представленная на рис. 2.

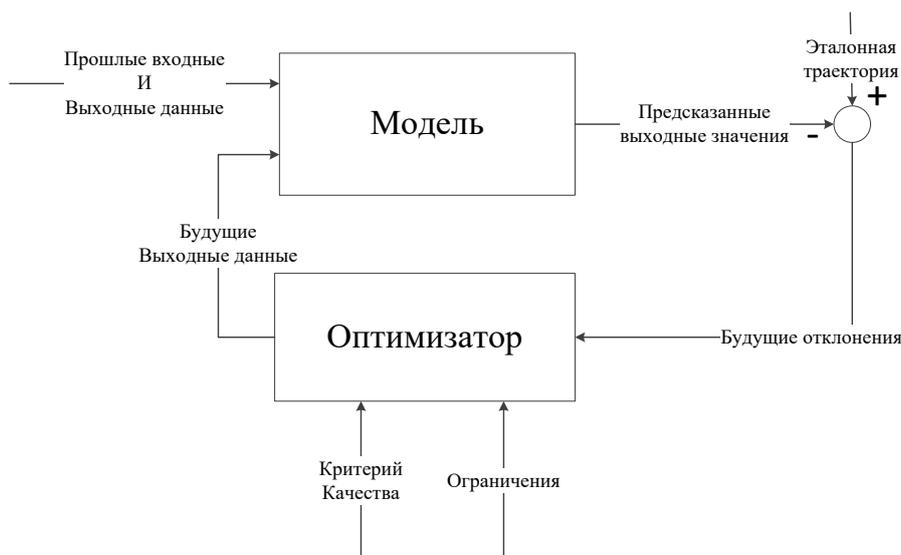


Рис. 2. Структура методологии управления с прогнозированием

Эти воздействия вычисляются оптимизатором, который также учитывает установленный критерий (где принимаются во внимание ошибки в будущем), а также ограничения. Определены основные этапы, необходимые для предсказания состояния СПО в СВЧ диапазоне на основе метода скользящего горизонта прогнозирования, рис. 3.

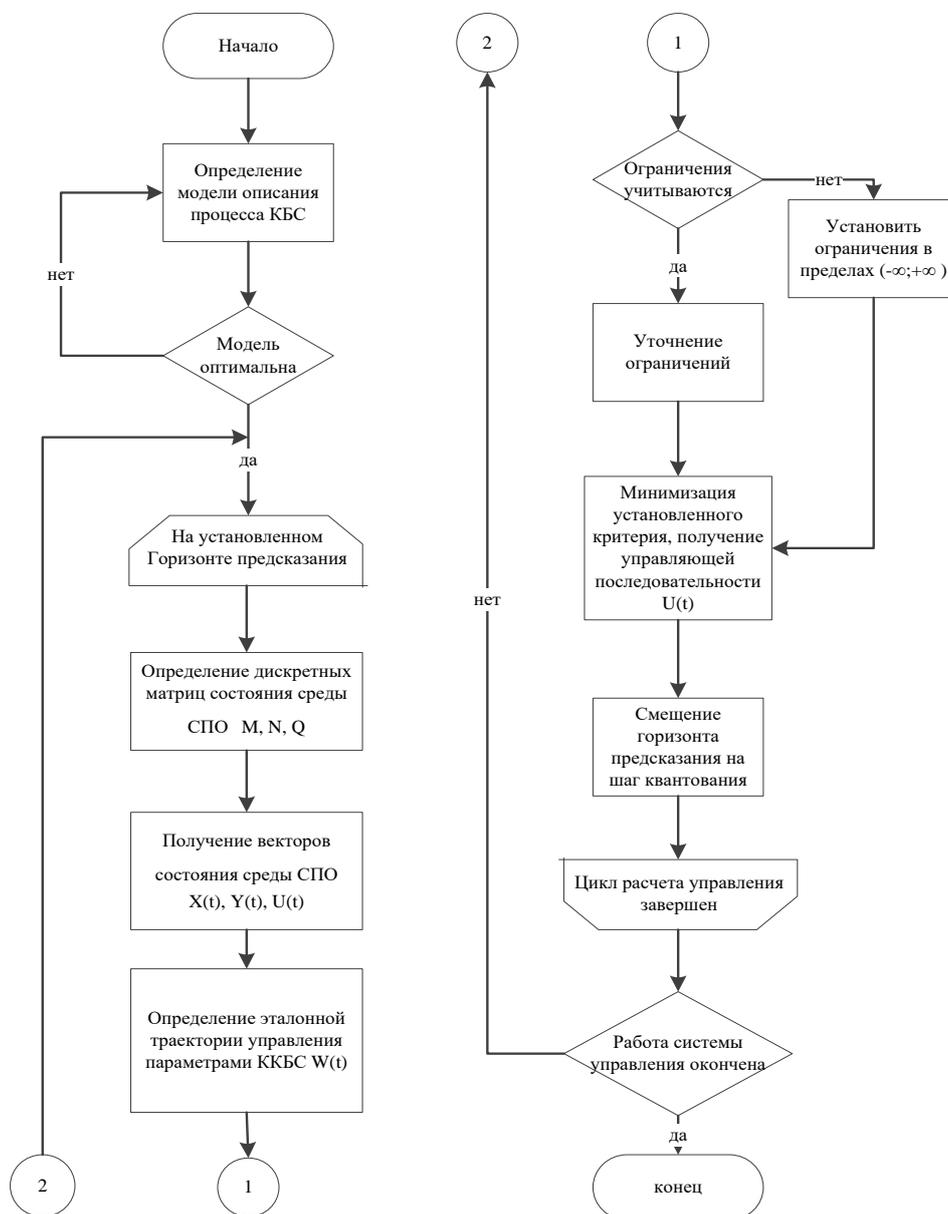


Рис. 3. Алгоритм предсказания состояния сигнально-помеховой обстановки

Вывод

Таким образом, одним из достоинств управления параметрами комплекса контроля безопасности связи с прогнозированием СПО в СВЧ диапазоне есть то, что, зная в априори будущее развитие состояния сложной

СПО и эталонного значения, система КБС может реагировать и адаптироваться на изменения до того, как они фактически наступят.

Список используемых источников

1. Кузин П. И., Панкин А. А. Особенности распространения радиоволн в диапазоне сверхвысоких и крайне высоких частот // Вестник научных конференций: Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2015. № 3–1(3). С. 76–78.
2. Кузин П. И. Способ адаптивного обнаружения нарушений безопасности связи в сетях спутниковой связи // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 7–8 (133–134). С. 99–102.
3. Шевченко А. А., Липатников В. А. Способ повышения полноты мониторинга электромагнитного поля распределённой системы радиомониторинга // Научно-технические проблемы в промышленности: научные, инженерные и производственные проблемы создания технических средств мониторинга с использованием инновационных технологий. III НТК. СПб., 2–4 октября 2018 г. : труды конф. СПб., 2018. С. 16–17.
4. Липатников В. А., Царик О. В. Методы радиоконтроля. Теория и практика : монография. Сер. «Система технической защиты информации в Российской Федерации» СПб., 2018. 607 с.

УДК 621.391
ГРНТИ 49.33.31

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА КАНАЛА VLC СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

А. В. Бобровский, В. Е. Коротин, К. В. Чумак

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Связь с помощью видимого света становится альтернативным выбором для беспроводных технологий нового поколения. Предполагается, что данная технология будет использоваться в широком спектре областей применения, как внутри, так и вне помещения. Но, как и другие технологии, VLC на этапах своего развития сталкивается с различными сложностями.

В докладе рассматриваются пути совершенствования технологии для обеспечения устойчивой связи и требуемого качества канала на основе определения характеристик свето- и фотодиодов, значимых для достижения поставленных целей, а также разрабатываются основные положения теоретико-экспериментальной модели, описывающей характер и степень влияния указанных параметров излучателей и приемников на качество канала, намечается план исследований для ее реализации.

VLC, Li-Fi, оптическая передача, LED, photodiode.

В последние годы, особенно с ростом популярности смартфонов и развитием беспроводных систем широкополосного доступа в Интернет, трафик мобильных устройств растет практически экспоненциально, а также прогнозируется и дальнейший рост с теми же темпами [1]. Возникает проблема насыщения радиочастотного ресурса. В связи с чем, для разгрузки радиочастотного спектра было предложено использовать передачу данных в оптическом диапазоне, VLC (англ. *Visible Light Communications*, связь с помощью видимого света) или Li-Fi (англ. *Light Fidelity*, по аналогии с Wi-Fi).

Целью данной работы является краткий обзор двух ранее созданных систем беспроводной оптической связи на разных платформах Arduino Uno и Raspberry Pi, сравнение достигнутых результатов. Построение модели для определения мощности принимаемого сигнала, в зависимости от параметров, используемых свето- и фотодиодов.

На рис. 1 представлена структурная схема оптической связи на платформе Arduino Uno [2].

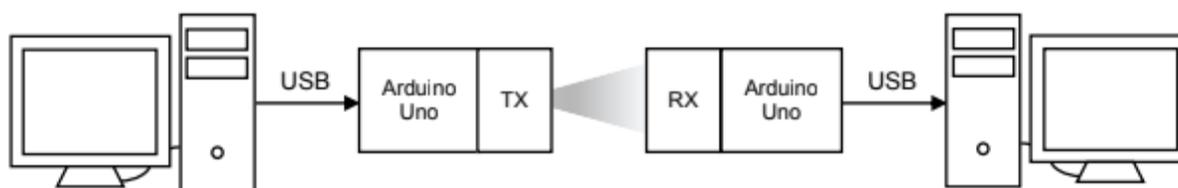


Рис. 1. Структурная схема системы оптической связи

Передатчик и приемник разработаны на платформе Arduino Uno и подключаются к персональным компьютерам через USB-кабеля. Прикладное ПО, находящееся на ПК со стороны передатчика, занимается формированием кадров, которые передаются через виртуальный последовательный порт, созданный интерфейсом USB/UART к контролеру. Контролер принимает кадр, обрабатывает его и посылает цифровую последовательность данных на модуль TX. Модуль передатчика усиливает сигнал и преобразует его в оптический, путем управления светодиодом. Модуль TX усиливает и фильтрует сигнал с фотодиода, формируя цифровой сигнал, который подается на порт контроллера. Контроллер формирует кадр и передает его через интерфейс USB/UART на ПК, где он считывается и обрабатывается прикладным ПО [2].

С помощью данной схемы удалось достичь результата: расстояния передачи данных до 1,5 метра и скорости передачи в 100 кбит/с без помехоустойчивого кодирования [2]. Данная скорость была ограничена быстродействием приемника. Решением было использовать более быстродействующую платформу Raspberry Pi, структурная схема системы оптической связи, выполненная на данной платформе представлена на рис. 2 [3].

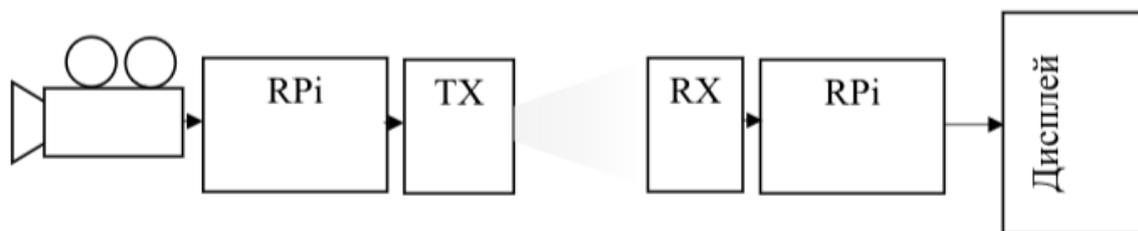


Рис. 2. Структурная схема системы оптической связи на платформе Raspberry Pi

В данной системе модули TX и RX выполняют ту же функцию, что и в предыдущей системе на платформе Arduino Uno. Отличием является, что функции формирования и обработка кадров возложены на платформу, ПК не используется. Так как при данной системе удалось достичь больших скоростей, 64 кбит/с, появилась возможность передачи видеоизображения. Дальность обеспечения стабильной связи оказалась мала, до 0,5 метров [3]. В связи с чем возникла необходимость обратить внимание и исследовать каналообразующие элементы: свето- и фотодиоды.

Определим направленность передающего диода, то есть определим более эффективное направление излучения. Представление о направленности дает специальный параметр – амплитудная характеристика направленности, которая определяется как зависимость мощности излучения излучаемой светодиоидом (или величины, ей пропорциональной) от направления в пространстве при неизменном расстоянии до точки наблюдения M . Направление задается меридиональным (θ) и азимутальным (φ) углами сферической системы координат, как показано на рис. 3 [4].

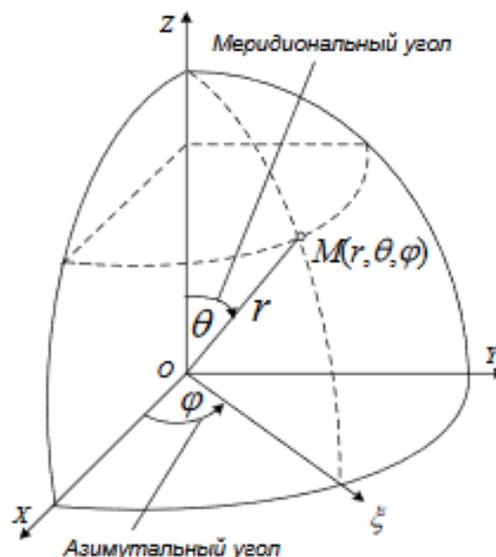


Рис. 3. Сферическая система координат

Таким образом, амплитудная диаграмма направленности описывается некоторой функцией $f(\theta, \varphi)$. Формула для расчета плотности потока мощности (в произвольном направлении определяется соотношением [4]):

$$I_e = A(f(\theta, \varphi)),$$

где A – постоянный множитель, не зависящий от направления на точку наблюдения.

Зададим функции диаграммы направленности по меридиональной и азимутальной плоскостям, учитывая, что диод излучает по оси Z :

$$f_1(\theta) = \begin{cases} \cos(\theta) & \text{если } \cos(\theta) > 0 \\ 0 & \text{другое} \end{cases},$$
$$f_1(\varphi) = 1.$$

Получим функцию трехмерной диаграммы направленности:

$$f(\theta, \varphi) = f_1(\theta) \cdot f_2(\varphi).$$

Так как диаграмма направленности нормирована по своему максимуму, необходимо проинтегрировать ее по объему, чтобы найти коэффициент нормирования. Он должен быть примерно равен мощности излучения [4]:

$$K = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi f(\theta, \varphi) \sin(\theta) d\theta d\varphi = 3,142.$$

Зададим функцию зависимости силы света от полярных углов с помощью найденного коэффициента и мощности излучения в 3 Вт [4]:

$$I_e(\theta, \varphi) = \frac{K}{P} f(\theta, \varphi), \text{ Вт/ср.}$$

Теперь нас интересует мощность, падающая на фотодиод. Для этого необходимо знать его площадь:

$$S_{RX} = a \cdot b = 0,00145 \cdot 0,00145 = 2,1 \cdot 10^{-6}, \text{ м.}$$

При расчетах мощности, падающей на фотодиод, необходимо определить какой телесный угол на заданном расстоянии составляет размер фотодиода. Так как его площадь фотодиода мала, можно положить, что сила излучения постоянна на всей его поверхности. Так же предположим, что передатчик и приемник находятся на одной оси, и меридиональный и азимутальный углы равны 0, а расстояние между ними 0,3 метров, на котором выполнялась стабильная связь [4]:

$$P_{RX} = \frac{I_e(\theta_1, \varphi_1)}{R^2} \cdot S_{RX} = 2,23 \cdot 10^{-5} \text{ Вт,}$$

где $\theta_1 = 0$, $\varphi_1 = 0$

Построим график зависимости мощности на передатчике от расстояния в среде Mathcad.

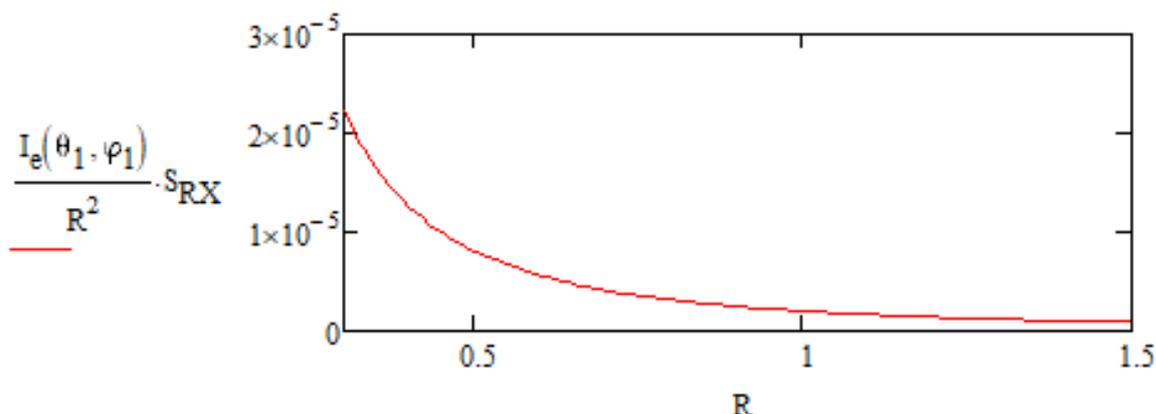


Рис. 4. Зависимость мощности сигнала на передатчике от расстояния в диапазоне от 0,3 до 1,5 метра

Из документации на фотодиод возьмем значение коэффициента S_λ , который показывает какое количество тока выделяется при поступлении на поверхность фотодиода светового сигнала мощностью 1 Вт, и определим силу тока выделяемую фотодиодом:

$$I_{PD} = P_{RX} \cdot S_\lambda = 156,2 \text{ мА},$$

где $S_\lambda = 0,7 \text{ А/Вт}$ – коэффициент интегральной чувствительности

После прохождения усилительного каскада модуля RX, коэффициент усиления которого равен $K_{yc} = 48\,620 \text{ Ом}$, напряжения сигнала равно:

$$V = I_{PD} \cdot K_{yc} = 0,759 \text{ В},$$

что соответствует полученным результатам ранее и позволяет распознать сигнал над уровнем шумов.

В результате работы получена модель, которая учитывает диаграмму направленности светодиода и его мощность, а также форм-фактор фотодиодов и коэффициент интегральной чувствительности. В дальнейшем планируется расширение данной модели и исследование влияния других параметров фото- и светодиодов на качество канала.

Список используемых источников

1. Cisco V. N. I. Forecast and Methodology, 2015-2020 // White Paper. 2016.
2. Дмитриев Г. А. Разработка методики проведения эксперимента для исследования характеристик Li-Fi: бакалаврская работа. ...бакалавр: 11.03.02/ Дмитриев Герман Алексеевич. СПб., 2018. 86 с.
3. Dmitriev G., Chumak K., Bobrovsky A., Andreev R. and Vorobyov O. Research of characteristics of Visible Light Communications system implemented on Arduino Uno platform // 2019 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), Sochi, Russia, 2019, pp. 1–3.
4. Кубанов В. П. Антенны и фидеры – назначение и параметры. Самара : ПГУТИ, 2015. 60 с.

УДК 628.356.5
ГРНТИ 87.53.22

ВНЕДРЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОГО УДАЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ Г. БЛАГОВЕЩЕНСКА

Н. Ю. Большаков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрен опыт модернизации очистных сооружений г. Благовещенска. Показано, что перевод сооружений биологической очистки из традиционного режима работы в режим работы по технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации позволяет не только сократить сброс соединений азота и фосфора, но и существенно повысить энергоэффективность работы городских очистных сооружений

энергоэффективность; нитриденитрификация; биологическая дефосфотация; технологии глубокого удаления биогенов.

Действующие сооружения биологической очистки очистных сооружений канализации (ОСК) г. Благовещенска работают в режиме традиционной (аэробной) биологической очистки с регенерацией ила. Сооружения включают три линии, каждая из которых состоит из двухкоридорного аэротенка и двух горизонтальных вторичных отстойников. Ил линий не смешивается, на каждой линии формируется свой биоценоз активного ила.

Около 60 % общего энергопотребления канализационных очистных сооружений (КОС) приходится на работу воздуходувных агрегатов, обеспечивающих подачу сжатого воздуха в систему биологической очистки аэротенк-вторичный отстойник [1]. На протяжении последних лет в насосно-воздуходувной станции ОСК г. Благовещенска в эксплуатации практически постоянно находились три воздуходувки: одна воздуходувка ТВ-175 и две воздуходувки ТВ-80, потребление электроэнергии воздуходувками при этом составляло порядка 440 кВт·час. Из-за выработки ресурса воздуходувного оборудования, а также по причине «дефицита воздуха» в аэротенках, в 2019 г. была произведена замена двух воздуходувок ТВ-80 на две более производительные воздуходувки ТВ-175. После установки и запуска новых воздуходувок, при эксплуатации трех линий биологической очистки

в работе постоянно находились одна воздуходувка ТВ-80 и две воздуходувки ТВ-175, потребление электроэнергии воздуходувками при этом увеличилось до 500 кВт·час.

Сократить потребность сооружений биологической очистки в аэрирующем воздухе и повысить энергоэффективность работы ОСК на практике позволяет реализация следующих мероприятий:

замена аэрационной системы (установка мелкопузырчатой системы аэрации с высокой плотностью покрытия дна аэротенка);

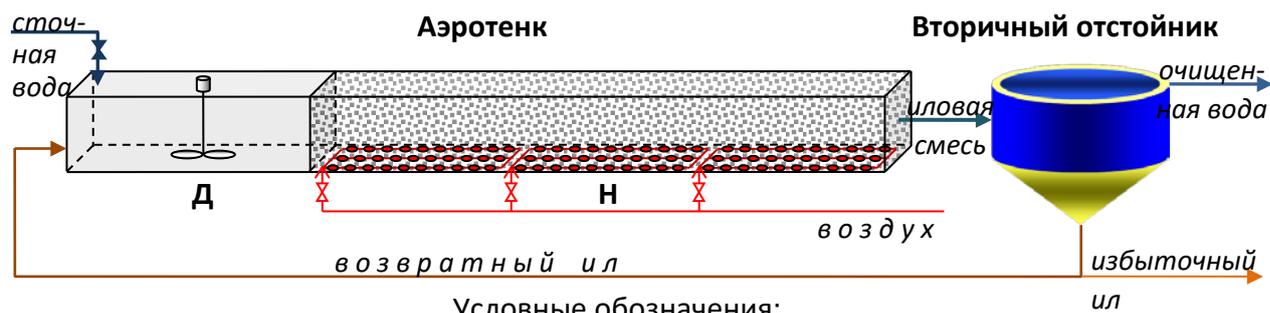
установка регулируемых турбокомпрессоров с высоким КПД;

переход на новую биотехнологию очистки.

Замена аэрационной системы на ОСК г. Благовещенска была произведена в конце 2017 г. Установка регулируемых турбокомпрессоров с высоким КПД является чрезвычайно затратным мероприятием. Стоимость только одного такого турбокомпрессора составляет порядка 10 млн руб. (без учета стоимости монтажных и пуско-наладочных работ).

Поэтому наиболее перспективным мероприятием по повышению энергоэффективности очистных сооружений был признан перевод сооружений биологической очистки в режим работы по технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации. Помимо сокращения потребления электроэнергии, переход на новую технологию биологической очистки также позволяет сократить сброс соединений азота и фосфора, т. е. получить дополнительный экономический результат в виде снижения платы за сброс соединений азота и фосфора. Реализация технологии нитриденитрификации требует создания в части объема аэротенка аноксидных условий или зоны денитрификации. В зоне денитрификации окисление органических веществ осуществляется не растворенным кислородом (насыщение иловой смеси которым происходит в результате нагнетания воздуха через аэрационную систему), а химически связанным кислородом, входящим в состав нитратов, образующихся в процессе окисления аммонийного азота сточных вод. Именно переход на технологию нитриденитрификации помимо снижения сброса азота нитратов позволит повысить энергоэффективность работы ОСК. Т. к. при переходе на новую технологию в работе будет достаточно двух воздуходувок ТВ-175, экономический результат от внедрения новой технологии соответствует энергопотреблению воздуходувки ТВ-80 (около 5 млн руб./год).

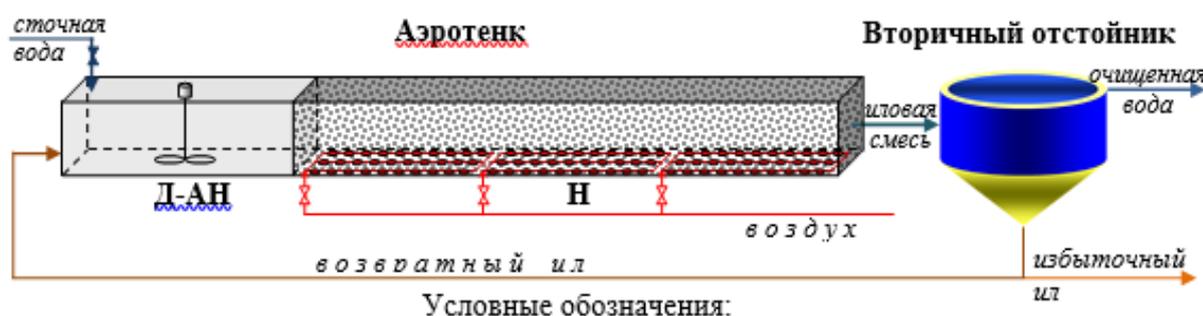
Наиболее простым вариантом внедрения технологии нитриденитрификации является реализации технологии «Людзака-Эттингера» (LE-процесс), см. рис. 1 [2].



- Условные обозначения:
-  – зона денитрификации (Д) или анаэробная зона (растворенный кислород отсутствует, но есть кислород химически связанный, а также органические вещества)
 -  – зона нитрификации (Н) или аэробная зона (есть растворенный и химически связанный кислород)

Рис. 1. Реализация технологии нитриденитрификации «Ludzack-Ettinger Process» (LE-процесс)

Помимо реализации технологии нитриденитрификации, которая позволит сократить потребление электроэнергии ОСК и повысить эффективность удаления азота нитратов, целесообразно постараться перевести аэротенк в режим работы по технологии биологической дефосфотации, суть которой состоит в чередовании аэробных и анаэробных зон [2]: при удалении всего количества нитратов, поступающих в начало аэротенка с возвратным илом, после зоны денитрификации (аноксидные условия) будут созданы анаэробные условия, необходимые для развития «фосфорных» бактерий (бактерий, способных к сверхнакоплению в своем составе фосфора). Возможный вариант реализации процесса нитриденитрификации и биологической дефосфотации в аэротенке ОСК г. Благовещенска приведен на рис. 2.



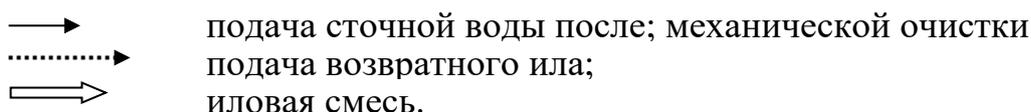
- Условные обозначения:
-  – анаэробно-анаэробная зона (Д-АН)
 -  – зона нитрификации (Н) или аэробная зона (есть растворенный и химически связанный кислород)

Рис. 2. Реализация технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации (≈А/О-процесс)

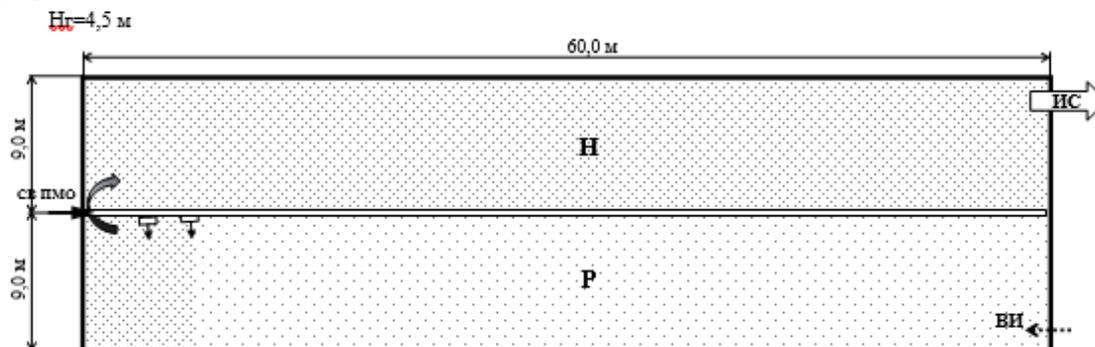
На практике анаэробные условия создаются заменой аэрации на механическое перемешивание, обеспечивающее поддержание активного ила во взвешенном состоянии. Однако для действующих очистных сооружений

реконструкция аэротенков с заменой аэрации на механическое перемешивание требует значительных капитальных затрат, связанных с большим объемом строительного-монтажных работ и высокой стоимостью перемешивающих устройств. Альтернативный подход состоит в создании анаэробных условий в аэротенке за счет низкой (минимально допустимой для предотвращения осаждения активного ила) интенсивности аэрации. При этом аэрационные элементы, через которые будет осуществляться подача воздуха в анаэробно-анаэробную зону (1-й коридор аэротенка) перфорируются. Также существует возможность создания в зонах с низкой интенсивностью аэрации псевдоанаэробных условий (без O_2 и без NO_3^-), влекущих развитие процесса биологической дефосфотации, но стабильность и эффективность удаления фосфатов при этом снижаются.

Таким образом, внедрение новой биотехнологии не требует капитальных затрат. Схема работы первой линии биологической очистки ОСК г. Благовещенска по принятой технологии биологической очистки и технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации приведена на рис. 3.



а) принятая технология



б) технология нитриденитрификации и биологической дефосфотации

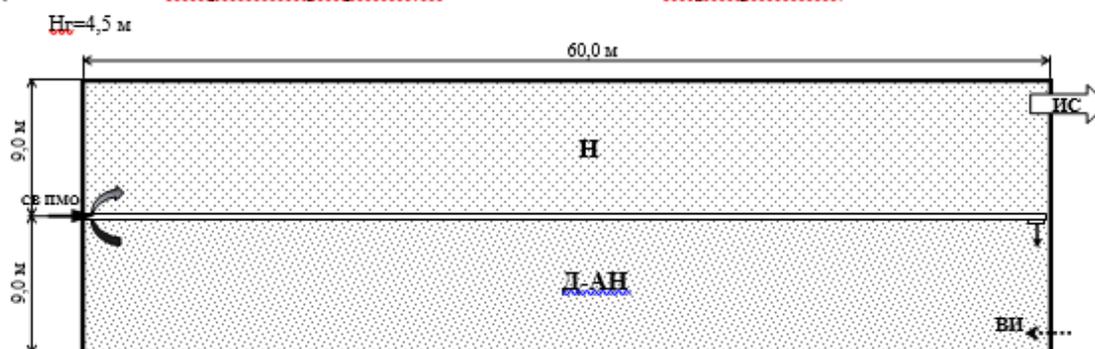


Рис. 3. Схема работы аэротенка № 1 первой линии биологической очистки ОСК г. Благовещенска по принятой технологии биологической очистки (а) и технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации (б)

Условные обозначения: СВ ПМО – сточная вода после механической очистки, ВИ – возвратный ил; ИС – иловая смесь; Н – зона нитрификации (аэробные условия); Р – регенератор (аэробные условия); Д-АН – аноксидно-анаэробная зона (в начале зоны аноксидные условия, затем – анаэробные условия).

Новая технология очистки (рис. 3 б) предполагает подачу сточной воды в начало первого коридора, а также выделение в аэротенке № 1 двух зон: 1-я зона – аноксидно-анаэробная зона (Д-АН), расположена в первом коридоре (длина зоны – 60 м, объем зоны – 2 430 м³); 2-ая зона – зона нитрификации (Н), расположена после анаэробной зоны во втором коридоре (длина зоны – 60 м, объем зоны – 2 430 м³).

Работы по переводу первой линии биологической очистки в режим работы по технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации были завершены 04 июля 2019 г. Одной из задач при переходе на технологию нитриденитрификации и биологической дефосфотации было сохранение эффективной нитрификации (очистки от аммонийного азота и нитритов), т.к. при работе по новой технологии интенсивная аэрация предусматривается не в двух, а только в одном (втором) коридоре аэротенка. В ходе всего периода ПНР на первой линии наблюдалась эффективная нитрификация. Содержание аммонийного азота после вторичных отстойников аэротенка № 1 приведено на рис. 4. Средняя концентрация аммонийного азота на водосливах отстойников с 04 по 23 июля 2019 г. составила 0,39 мг/л.

По данным технологического контроля, с 04 по 23 июля 2019 г. средняя концентрация нитратного азота на первой линии составила 8,2 мг/л, азота нитритов – 0,07 мг/л.

Содержание фосфора фосфатов после вторичных отстойников первой линии приведено на рис. 5. Средняя концентрация фосфора фосфатов на водосливах вторичных отстойников первой линии с 04 по 23 июля 2019 г. составила 0,2 мг/л.

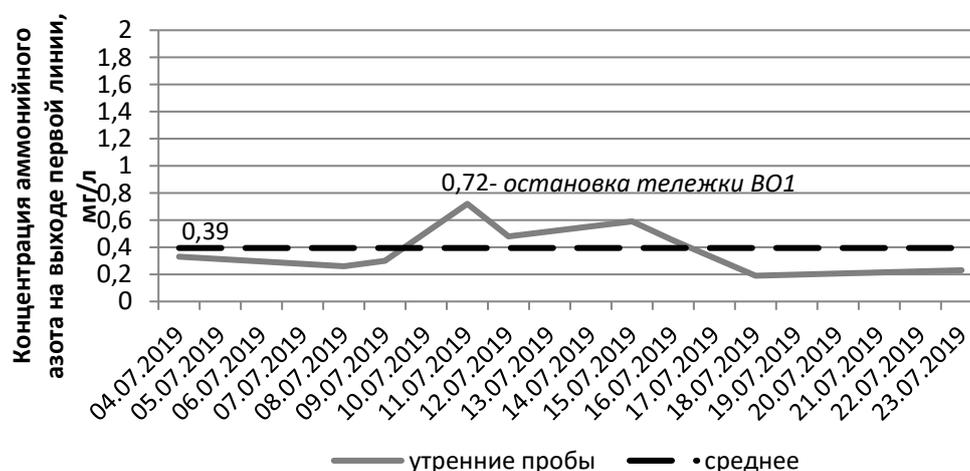


Рис. 4. Концентрация аммонийного азота на выходе первой линии

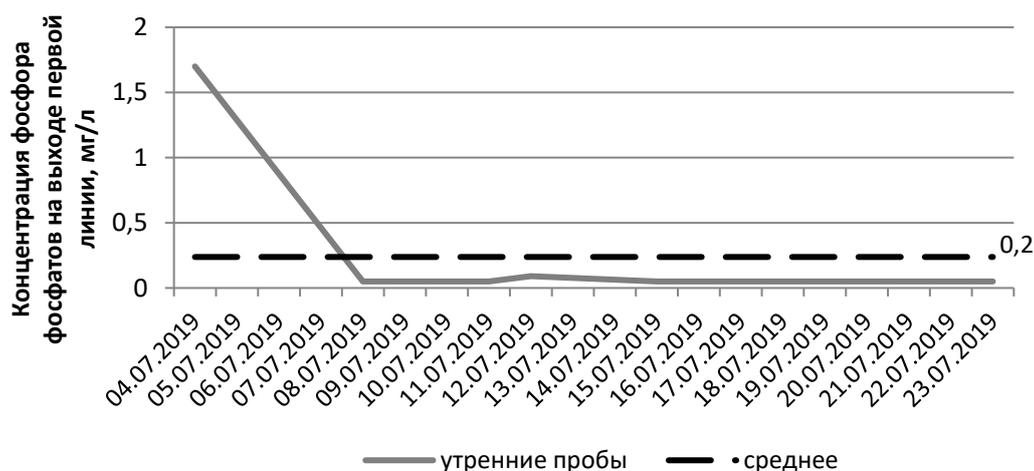


Рис. 5. Концентрация фосфора фосфатов на выходе первой линии

Полученные в ходе перевода первой линии сооружений биологической очистки в режим работы по технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации результаты полностью согласуются с результатами предварительных расчетов процесса. Одной из главных причин высокой эффективной очистки от фосфора на ОСК г. Благовещенска следует считать насыщенный сток, поступающий на очистные сооружения.

Выводы

1. Традиционная технология аэробной биологической очистки не позволяет обеспечить качество очистки сточных вод по биогенным элементам в пределах установленного для ОСК г. Благовещенска норматива НДС. После перевода сооружений биологической очистки в режим работы по технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации сброс соединений азота и фосфора был существенно сокращен, среднее содержание биогенов в очищенной воде составило: азот аммонийный – 0,39 мг/л; азот нитратный – 8,2 мг/л; азот нитритный – 0,07 мг/л; фосфор фосфатов – 0,2 мг/л.

2. Переход на биотехнологию нитриденитрификации и биологической дефосфотации позволяет также существенно повысить энергоэффективность работы ОСК. Для условий ОСК г. Благовещенска экономический результат от сокращения потребности сооружений биологической очистки в аэрирующем воздухе составляет порядка 5 млн руб./год.

3. Опыт модернизации сооружений биологической очистки ОСК г. Благовещенска еще раз подтвердил, что перевод сооружений биологической очистки из традиционного режима работы в режим работы по технологии нитриденитрификации и биологической дефосфотации зачастую может быть произведен без капитальных затрат. Эксплуатация сооружений

в новом режиме требует изменения существующего графика технологического контроля работы сооружений и проведения обучения персонала.

Список используемых источников

1. Большаков Н. Ю. Очистка от биогенных элементов на городских очистных сооружениях. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 112 с.
2. Хенце М. Биологическая очистка сточных вод. М. : Мир, 2004. 480 с.

УДК 621.396.677
ГРНТИ 47.49.29

КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ДО ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ПАССИВНЫМ ОДНОПОЗИЦИОННЫМ ПЕЛЕНГАТОРОМ

Е. Г. Борисов, О. С. Голод, С. Е. Егоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрен вариант косвенного определения дальности до источника радиоизлучения пассивным трехлучевым моностатическим пеленгатором. Приведены основные соотношения для расчета дальности до источника радиоизлучения. Выполнено моделирование, позволяющее оценить точность определения дальности предлагаемым способом. Показано, что основными причинами ошибок в определении местоположения РЛС является как стохастическая природа принимаемых эхосигналов, так и зависимость от текущего положения диаграммы направленности антенны источника радиоизлучения.

пассивная радиолокация, пеленгация, источник радиоизлучения, дальность, местоопределение.

В настоящее время пассивная радиолокация широко используется в системах радиоконтроля и радиомониторинга при решении задачи определения координат объектов-носителей обзорных радиолокационных станций (РЛС). Многопозиционные пассивные системы локации (МПСЛ) в целом решают широкий спектр задач по обнаружению источников радиоизлучения (ИРИ), их классификации и определения местоположения [1, 2].

Несмотря на это МПСЛ присущи ряд недостатков: определение пространственных координат ИРИ возможно при их одновременном обнаружении несколькими пассивными каналами приёма. Это подразумевает логику принятия решения в системе по схеме «и», что снижает вероятность обна-

ружения всеми позициями в системе за один цикл обработки данных и требует заданной кратности перекрытия зон обнаружения. Зона обнаружения, в пределах которой все идентичные позиции (или заданное их количество) обнаруживают ИРИ, является наименьшей по сравнению с зоной обнаружения единичного канала пеленгации. Для более рационального использования области взаимного перекрытия зон обнаружения необходимо уменьшать расстояние между позициями (базу). Это приводит к ухудшению геометрического фактора точности, что приводит к возрастанию ошибок определения местоположения ИРИ. Сложность решения задачи отождествления ИРИ в МПСЛ как в случае использования систем триангуляционного, так и разностно-дальномерного типов в ряде случаев существенно снижает эффективность систем локации такого типа. Задача селекции ложных точек пересечения существенно усложняется в условиях пропуска наблюдений и не разрешения их по угловым координатам (разности хода волн), а также при наличии переотражений от подстилающей поверхности. Разностно-дальномерные системы имеют, как правило, антенные системы с низким коэффициентом усиления, что снижает их дальность действия. Триангуляционные системы пассивной локации требуют высокоточного определения угловых координат, а это в свою очередь подразумевает применение дорогих крупно-апертурных антенн.

Целью работы является разработка и анализ точности определения местоположения источника радиоизлучения – РЛС работающей в режиме обзора однопозиционным пассивным пеленгатором.

Определению дальности до ИРИ однопозиционными пассивными радиотехническими системами посвящено значительное количество публикаций. В работах [3, 4, 5, 6, 7, 8] рассмотрены методы решения задачи определения дальности до движущегося ИРИ неподвижным однопозиционным радиопеленгатором. Ряд исследований посвящён детальному анализу состояния вопроса определения местоположения стационарного ИРИ пеленгатором расположенном на движущемся носителе [9, 10, 11]. Рассматриваемые методы имеют приемлемую точность определения искомых величин, но требуют ряда априорных сведений о параметрах движения объекта – носителя ИРИ (начальную (конечную) дальность до ИРИ, информацию о скорости, ускорении, частоте сигнала и пр.). В качестве оцениваемых параметров используются оценки углов места и азимута ИРИ, мощности и частоты колебаний. Причем к точности определения мощности и частоты предъявляются требования трудно достижимые на практике. Частично решить указанные недостатки можно используя методы косвенного измерения местоположения ИРИ путем пеленгации сигналов в одном пункте. Измерительная база в этом случае создаётся за счёт использования сигналов, рассеянных подстилающей поверхностью при сканировании луча РЛС [12], что является основой для определения ИРИ с одной позиции.

На рис. 1 показано расположение лучей пассивного трех лучевого пеленгатора и диаграммы направленности антенны (ДНА) сканирующей РЛС размещённой в точке C . Ось первого луча OC пеленгатора направлена на РЛС. На рис. 1 приняты следующие обозначения: α_i – текущий угол поворота луча РЛС относительно направления OC на пеленгатор; ψ – ширина ДНА каждого пеленгатора; θ_{12} – угол между осями первого и второго лучей; θ_{23} – угол между осями второго и третьего лучей.

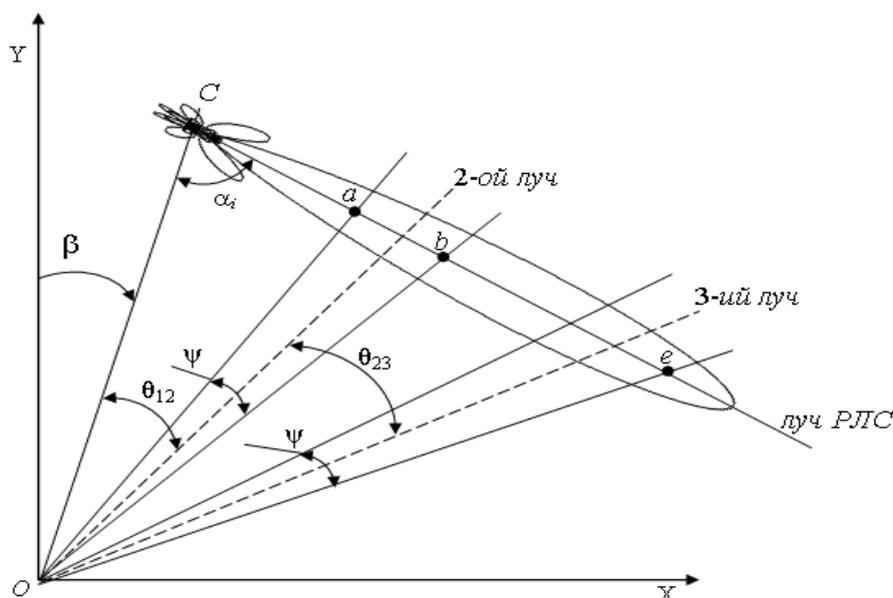


Рис. 1. Расположение диаграмм направленности антенн пеленгатора и РЛС

Из треугольника Oab определим разность путей прохождения сигнала от точек a и b до точки O :

$$ab + Ob - Oa = c(\tau_{ii} - \tau_{ii}). \quad (1)$$

Аналогично, из треугольника Oae определим разность путей прохождения сигнала от точек a и e до точки O :

$$ae + Oe - Oa = c(\tau_{2i} - \tau_{ii}), \quad (2)$$

где τ_{ii} – длительность зондирующего импульса РЛС, τ_{1i} – длительность сигналов, принятых по второму лучу, τ_{2i} – длительность интервалов времени, измеренных от передних фронтов сигналов, пришедших по второму лучу до задних фронтов сигналов, принятых по третьему лучу. Для упрощения записи формул введем обозначения: $\beta_1 = \angle COa$, $\alpha_2 = \angle Cab$, $\alpha_3 = \angle Cbe$, $\beta_2 = \angle aOe$, $\beta_1 = \theta_{12} - 0,5\psi$, $\alpha_2 = \alpha_i + \beta_1$, $\alpha_3 = \alpha_2 + \psi$, $\beta_2 = \theta_{23} + \psi$. Рассмотрим ΔOab и, применив теорему синусов, выразим стороны ab и Ob через сторону Oa

$\frac{ab}{\sin(\psi)} = \frac{Oa}{\sin(\alpha_3)} = \frac{Ob}{\sin(\alpha_2)}$, тогда: $ab = \frac{Oa \cdot \sin(\psi)}{\sin(\alpha_3)}$, $Ob = \frac{Oa \cdot \sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_3)}$. Подставив эти

выражения в формулу (1) $Oa \left[\frac{\sin(\psi)}{\sin(\alpha_3)} + \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_3)} - 1 \right] = c(\tau_{li} - \tau_{ll})$ получим:

$$Oa = \frac{c(\tau_{li} - \tau_{ll}) \sin(\alpha_2 + \psi)}{\sin(\alpha_2) + \sin(\psi) - \sin(\alpha_2 + \psi)}. \quad (3)$$

Аналогично из треугольника ΔOae получим выражения $\frac{ae}{\sin(\beta_2)} = \frac{Oa}{\sin(\pi - (\alpha_2 + \beta_2))} = \frac{Oe}{\sin(\alpha_2)}$. Подстановкой значений $ae = \frac{Oa \sin(\beta_2)}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}$,

$Oe = \frac{Oa \sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}$ в формулу (2):

$$Oa \left[\frac{\sin(\beta_2)}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} + \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} - 1 \right] = c(\tau_{2i} - \tau_{ll})$$

определим искомую величину

$$Oa = \frac{c(\tau_{2i} - \tau_{ll}) \sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\sin(\alpha_2) + \sin(\beta_2) - \sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \quad (4)$$

Приравняем правые части зависимостей (3) и (4):

$$\frac{c(\tau_{li} - \tau_{ll}) \cdot \sin(\alpha_2 + \psi)}{\sin(\alpha_2) + \sin(\psi) - \sin(\alpha_2 + \psi)} = \frac{c(\tau_{2i} - \tau_{ll}) \cdot \sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\sin(\alpha_2) + \sin(\beta_2) - \sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \quad (5)$$

Опуская громоздкие промежуточные выкладки на основании формулы (5), запишем соотношение для расчета угла α_2 :

$$\alpha_2 = 2 \arctg \left[\frac{(\tau_{li} - \tau_{ll}) \cos(0,5\psi) \sin(0,5(\theta_{23} + \psi)) - (\tau_{2i} - \tau_{ll}) \sin(0,5\psi) \cos(0,5(\theta_{23} + \psi))}{(\tau_{li} - \tau_{2i}) \cdot \sin(0,5\psi) \sin(0,5(\theta_{23} + \psi))} \right].$$

Вычисленное значение α_2 позволяет определить угол α_i поворота антенны РЛС $\alpha_i = \alpha_2 - \beta_1 = \alpha_2 - (\theta_{12} - 0,5\psi)$ или:

$$\alpha_i = 2 \arctg \left[\frac{(\tau_{li} - \tau_{ll}) \cos(0,5\psi) \sin(0,5(\theta_{23} + \psi)) - (\tau_{2i} - \tau_{ll}) \sin(0,5\psi) \cos(0,5(\theta_{23} + \psi))}{(\tau_{li} - \tau_{2i}) \cdot \sin(0,5\psi) \sin(0,5(\theta_{23} + \psi))} \right] - (\theta_{12} - 0,5\psi).$$

Выражения для дальности Oa представим следующими соотношениями: $Oa = \frac{c(\tau_{li} - \tau_{li}) \cdot \cos(0,5(\alpha_2 + \psi))}{2 \cdot \sin(0,5\alpha_2) \cdot \sin(0,5\psi)}$ или $Oa = \frac{c(\tau_{2i} - \tau_{li}) \cdot \cos(0,5(\alpha_2 + \theta_{23} + \psi))}{2 \cdot \sin(0,5\alpha_2) \cdot \sin(0,5(\theta_{23} + \psi))}$.

Используя теорему синусов из ΔCOa можно получить искомую дальность до ИРИ $R=OC$ в виде $R = Oa \frac{\sin(\pi - \alpha_2)}{\sin(\alpha_i)} = Oa \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_i)}$. Окончательные формулы для определения дальности до ИРИ представим, как:

$$R = \frac{c(\tau_{li} - \tau_{li}) \cdot \cos(0,5(\alpha_2 + \psi)) \sin(\alpha_2)}{2 \sin(0,5\alpha_2) \sin(0,5\psi) \sin(\alpha_i)}, \quad (6.1)$$

$$R = \frac{c(\tau_{2i} - \tau_{li}) \cdot \cos(0,5(\alpha_2 + \theta_{23} + \psi)) \sin(\alpha_2)}{2 \sin(0,5\alpha_2) \sin(0,5(\theta_{23} + \psi)) \sin(\alpha_i)}. \quad (6.2)$$

Полученные по соотношениям 6.1 и 6.2 два значения дальности до ИРИ являются статистически независимыми и могут быть использованы при последующей обработке результатов измерений дальности до РЛС как независимые величины. На рис. 2 приведены результаты моделирования ошибок измерения дальности до ИРИ выполненные при следующих начальных условиях: угол поворота антенны РЛС изменялся в пределах $1-135^\circ$, при дальности до ИРИ 10 км, ширина ДНА пеленгатора равна $\psi = 4^\circ$, $\theta_{12} = 20^\circ$, $\theta_{23} = 30^\circ$.

Ошибки определения первичных параметров – азимута на ИРИ σ_β и разности временных интервалов σ_τ полагались распределёнными по нормальному закону с нулевым средним. При этом значения ошибок были выбраны следующей величины $\sigma_\beta = 1$ град., $\sigma_{\tau 1} = 0,5 \tau_{li}$. Ошибки измерений дальности, приведённые на графиках рис. 2 получены без усреднения результатов или иной процедуры сглаживания измерений. Совместная статистическая обработка результатов косвенного измерения дальности за ряд циклов зондирования позволит существенно увеличить точность оценивания.

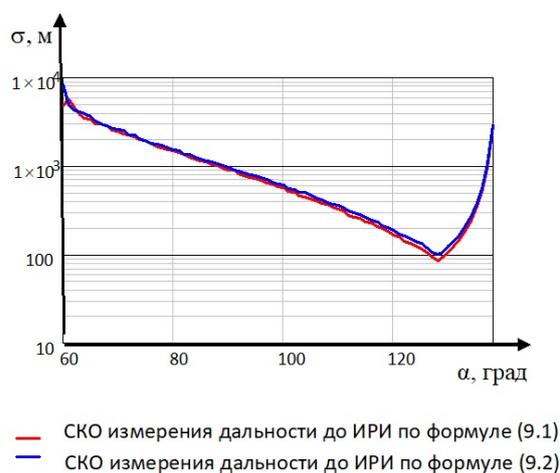


Рис. 2. Результаты моделирования

Получены выражения, позволяющие косвенно определить дальность до источника радиоизлучения однопозиционным пеленгатором. Точность определения дальности существенно зависит от углового положения диаграммы направленности антенны ИРИ. Существуют такая область значений углов положения ДНА ИРИ при которой значения ошибок определения дальности удовлетворяют практическим требованиям.

Список используемых источников

1. Кондратьев В. С., Котов А. Ф., Марков Л. Н. Многоканальные радиотехнические системы. М. : Радио и связь, 1986.
2. Черняк В. С. Многопозиционная радиолокация. М. : Радио и связь, 1993. 416 с.
3. Рудинский А. В., Шенгелия М. В. О возможности однопозиционного определения дистанции до объекта в пассивном режиме работы радиотелескопа // Фундаментальные исследования. 2013. № 11. С. 648–650.
4. Булычев Ю. Г., Булычев В. Ю., Ивакина С. С., Насенков И. Г. Амплитудно-угломерный метод нестационарной пассивной локации с учётом частично известных параметров движения цели // Автометрия. 2015. Т. 51, № 3. С. 70–79.
5. Булычев В. Ю., Булычев Ю. Г., Ивакина С. С. Пассивная локация на основе угловых и мощностных измерений системы пеленгаторов // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2014. № 1. С. 65–73.
6. Джиоев А. Л., Омельчук И. С., Тюрин Д. А., Фоминченко Г. Г., Фоминченко Г. Л. Способ пассивной однопозиционной угломерно-разностно-доплеровской локации, структура и алгоритм функционирования реализующей его радиолокационной системы [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники. 2017. № 9. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/sep17/13/text.pdf>.
7. Борисов Е. Г. Угломерно-частотный способ определения дальности до источника радиоизлучения пассивным моностатическим пеленгатором // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 1. С. 30–35.
8. Мельников Ю. П., Попов С. В. О беспеленговых методах позиционирования летательных аппаратов относительно источников излучения // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2002. № 12. С. 8–14.
9. Потапова Т. П., Топорков Н. В., Шабатура Ю. М. Алгоритм определения координат источников радиоизлучения с летательного аппарата на основе фазово-временной сигнальной информации от двух приемных модулей // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2010. № 1. С. 52–61.
10. Евдокимов Ю. Ф. Амплитудные методы определения местоположения источников излучения с борта летательного аппарата // Известия ТРТУ. Специальный выпуск. Материалы XLVIII научно-технической конференции ТРТУ. 2003. № 1 (30). С. 9–10.
11. Володин А. В., Евдокимов О. Ю., Евдокимов Ю. Ф. Интегрально-доплеровский метод определения местоположения источников радиоизлучения // Известия вузов. Электромеханика. Специальный выпуск «Радиоэлектронные устройства и системы». 2005. С. 33–36.
12. Борисов Е. Г., Машков Г. М., Голод О. С., Мартемьянов И. С., Рябуха Ю. В. Способ определения местоположения сканирующей РЛС пассивным многолучевым пеленгатором. Пат. РФ № 2633962 МПК G01S 5/04., опубл. 20.10.2017. Бюл. № 29.

УДК 614.875
ГРНТИ 58.35.05

О МЕРАХ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОПАСНОСТИ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Е. А. Борисова, А. Ш. Шахобиддинов

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хоразмий

Последнее десятилетие ознаменовалось онтогенезом передовых технологий промышленного производства и средств передачи информации с использованием электромагнитных волн. Это усиливает применение радиочастотного диапазона и требует модернизации защитных мер для населения от излучения радиотехнических объектов.

электромагнитная безопасность, радиотехнический объект, предельно допустимый уровень, плотность энергии электромагнитного поля.

Использование различной техники, начиная от гаджетов, мобильных телефонов, компьютеров, кондиционеров и прочего, увеличило негативное воздействие электромагнитных полей на человека. Электромагнитные поля и излучения причиняют непоправимый вред здоровью людей. Гипертония, инфаркт миокарда, психические расстройства и ухудшение памяти, импотенция, онкология, преждевременные роды, врожденные уродства – это неполный список заболеваний, вызываемых воздействием излучений.

Всё вышеперечисленное обязывает контролировать излучения радиотехнических объектов (РТО) областными санитарными службами с соблюдением безопасных режимов работы. Остро стоит проблема оценки электромагнитной обстановки РТО и нормирования уровней электромагнитного излучения.

Практические исследования нормирования предельно-допустимых уровней (ПДУ) воздействия электромагнитного излучения на человека ведутся в двух направлениях. Первое направление – разработка санитарных правил и норм при работе с источниками электромагнитных полей (ЭМП) в условиях производства. Второе направление – это исследование и разработка предельно-допустимых уровней (ПДУ) электромагнитного облучения для населения. Показатель опасности источника излучения определяется уровнем превышения им санитарных норм.

В Узбекистане действует «Гигиеническая классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной

среды, тяжести и напряженности трудового процесса», СанПиН РУз № 0141-03, которая определяет допустимые превышения нормируемых значений факторов на рабочих местах и ПДУ для электромагнитных излучений.

Стандартные действующие значения санитарных норм в некоторых странах приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Предельно допустимые уровни электромагнитного излучения

Страна	ПДУ для населения при круглосуточном облучении, мкВт/см ² (рабочая частота ЭМП, МГц)	ПДУ для населения при времени облучения в сутки, мкВт/см ² (рабочая частота ЭМП, МГц)	ПДУ для персонала при времени облучения в сутки, мкВт/см ² (рабочая частота ЭМП, МГц)
Украина [1]	2,5 мкВт/см ² (0,3...300 ГГц)	–	–
Россия [2]	10 мкВт/см ² (0,3...300 ГГц)	–	–
США [3]	100 мкВт/см ² (0,3...300 ГГц)	–	–
Латвия [4]	–	450 мкВт/см ² , 6 мин. (900 МГц) 900 мкВт/см ² , 6 мин. (1800 МГц) 2 мкВт/см ² , 6 мин. (200÷2000 МГц)	–
FCC. 1996 [5]	–	600 мкВт/см ² , 30 мин. (900 МГц) 1,5 мкВт/см ² , 30 мин. (0,3...300 ГГц)	3000 мкВт/см ² , 30 мин. (900 МГц) 0,3 мкВт/см ² , 30 мин. (0,3...1,5 ГГц)
ANSI/IEEE C.95.1-1992 [6]	–	600 мкВт/см ² , 30 мин. (900 МГц) 1,5 мкВт/см ² , 30 мин. (0,3...300 ГГц)	3000 мкВт/см ² , 30 мин. (900 МГц) 0,3 мкВт/см ² , 30 мин. (0,3...1,5 ГГц)
Узбекистан [7]	2,5 мкВт/см ² (0,3...300 ГГц)	–	–

В Узбекистане действует «Гигиеническая классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса», СанПиН РУз № 0141-03, которая определяет допустимые превышения нормируемых значений факторов на рабочих местах и ПДУ для электромагнитных излучений.

В отличие от Европы и США, санитарные нормы Узбекистана рассматривают не только тепловое воздействие неионизирующего излучения, но и факторы, влияющие на организм человека. В нашем государстве, к несчастью, жесткие нормы и строгий контроль за реализацией, не всегда выполняется. Необходимо пересмотреть нормативную базу Узбекистана по электромагнитной безопасности.

Классы условий труда при воздействии неионизирующих ЭМП и излучений приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. КЛАССЫ условий труда при воздействии неионизирующих электромагнитных полей и излучений (превышение ПДУ, раз)

Факторы	Класс условий труда					
	Допустимый – 2	Вредный – 3				Особо опасный, экстремальный – 4
		1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3 – вредный тяжёлый	4 степени 3.4 – особо вредный, особо тяжёлый, опасный	
Постоянное магнитное поле	<ПДУ	1,1–5	5,1–10	10,1–100	> 100	
Электростатическое поле	<ПДУ XI	1,1–3	3,1–5	5,1–10	> 10	
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц)	<ПДУ XI (для всего рабочего дня)	1,1–3	3,1–5	5,1–10	10,1–40	> 40 X
Магнитные поля промышленной частоты (50 Гц)	<ПДУ XI (для всего рабочего дня)	1,1–5	5,1–10	10,1–50	>50	
Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона: 0,01–0,03 МГц	<ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	>10	
0,03–3,0 МГц	<ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	>10	–
3,0–30,0 МГц	<ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	>10	–
30,0–300,0 МГц	<ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	>10	>50 XX
300,0 МГц – 300,0 ГГц	<ПДУ	1,1–3	3,1–5	5,1–10	>10	>50 XXX
ЭМИ, создаваемые ВДТ и ПЭВМ	<ПДУ	1,1–5	5,1–10	10,1–50	>50	

Примечание: XI – Значения ПДУ, с которыми проводится сравнение измеренных на рабочих местах величин ЭМИ, определяются по СанПиН. X – Для ПДУ при времени

воздействия, равном или менее 0,16 ч. XX – Для ПДУ при времени воздействия, равном или менее 0,08 ч. XXX – Для ПДУ при времени воздействия, равном или менее 0,2 ч.

К сожалению, установленные стандарты не полностью учитывают последние исследования в данной области отечественных и иностранных специалистов по гигиенической классификации факторов электромагнитных полей. Не приняты к сведению Европейские нормы и стандарты, позволяя «сварить» человека в электромагнитном поле СВЧ-печи, а при работе с лазерами лишиться зрения, облучения от которых не предполагают никаких ограничений.

Оценку влияния мобильного телефона, как источника электромагнитных излучений, необходимо проводить в двух направлениях: это параметры ЭМП на расстоянии 1–2 см от антенны телефона и допустимый уровень облучения для населения на данной частоте согласно санитарным нормам. Уровни излучения мобильных телефонов обнародованы для большинства их типов. Эти значения выражают в Вт/кг (SAR) и массово используют в странах Европы (ПДУ = 2 Вт/кг) и США (ПДУ = 1,6 Вт/кг) для сертификации телефонов сотовой связи. Достоверную информацию об излучении сотовых телефонов можно получить, измеряя плотность потока энергии (ППЭ) в мкВт/см². Однако, в сертификатах на сотовые телефоны нет величины поля излучения в мкВт/см², т. е. в размерностях величин узбекских нормативно-методических документов.

Запротоколированные результаты лабораторных измерений отсутствуют. По этим протоколам можно рассчитать величину ЭМП телефона на близком расстоянии (1...2 см). Нормирование излучения сотовых телефонов устройствами «нейтрализаторов поля», «нормализаторов излучения», «устройства защиты от излучения сотовых телефонов» и т. д., преследует чисто коммерческие цели. Известны два основных метода защиты – это защита расстоянием и защита ограничением времени облучения.

Однако, действующие отечественные и зарубежные ПДУ позволяют провести сравнительный анализ опасности электрических (ЭП) и магнитных (МП) полей. Основываясь на эпидемиологических исследованиях шведскими и американскими учеными населения, проживающего в условиях облучения магнитными полями линий электропередач (ЛЭП), безопасным уровнем продолжительного облучения, не ведущего к раковым заболеваниям, рекомендована величина плотности магнитного потока 0,2–0,3 мкТл (0,16–0,24 А/м; 0,0322–0,0723 Дж/см³). Но, несмотря на международную практику, предельно допустимая величина магнитного поля для населения Узбекистана не нормируется, хотя именно магнитное поле считается опасным для здоровья.

Таким образом, к потенциально опасным источникам ЭМИ в быту, следует отнести СВЧ-печи в случае нарушения эффективности экранирования

внутренней камеры, радиотехнические объекты на производстве, в случае нарушения условий эксплуатации оборудования.

На производстве представлять опасность могут источники лазерного и ультрафиолетового излучения; источники импульсных полей, поскольку их контроль в настоящее время полностью отсутствует, а большинство ЭМП в условиях производства носят импульсный характер.

К создающим превышение ПДУ источникам ЭМП в быту относятся: телефоны сотовой связи, видеодисплейные терминалы, некоторые типы ноутбуков и телевизионных приемников с жидкокристаллическими экранами, некоторые типы энергосберегающих ламп, все типы кондиционеров, медицинские аппараты для УВЧ, источники ультрафиолетового излучения.

Нормативно-методическая документация Узбекистана по электромагнитной безопасности не полностью удовлетворяет обеспечению безопасных условий при воздействии электромагнитных излучений как в производственной сфере, так и для населения.

Для корректной оценки условий труда в производственной сфере необходима математическая обработка результатов измерений импульсных электромагнитных полей и расчёт санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки для радиотехнических объектов.

Требуется дальнейшее усовершенствование и модернизация измерительной техники, которая используется для контроля нормируемых уровней электромагнитных излучений как в производственной сфере, так и в жилой зоне.

Список используемых источников

1. ДСН 239-96. Государственные санитарные нормы и правила защиты населения от электромагнитного излучения. 18.01.2007.
2. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. 9.06.2003.
3. CENELEC (Committee European de Normalization Electro-technique) ES 59005, October 1998. По величине SAR в диапазоне частот от 30 МГц до 6 ГГц. 1998.
4. Стандарт Латвии LVS ENV 50166.2: Elektromagnetiska lauka iedarbība uz cilvēku. Augstas frekvences (10 kHz līdz 300 GHz). 1995.
5. FCC (Federal Communication Commission), 1996.
6. ANSI/IEEE C95.1 – 1992 (ANSI – American National Standards Institute) / (IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers). 1992.
7. Санитарные правила и нормы к размещению и эксплуатации радиотехнических объектов в населенных пунктах. СанПиН РУз №0295-11. 11.06.2011.

УДК 621.397.132.19
ГРНТИ 49.40.37

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ КОДИРОВАНИЯ ВИДЕОКОНТЕНТА ФОРМАТА 4К

А. М. Бранько, С. Л. Федоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На сегодняшний день большой популярностью пользуется видеоконтент формата 4К. Использование стандарта сжатия H.264 для его кодирования не обеспечивает необходимую скорость цифрового потока, и, как следствие, размер файла, что затрудняет обмен видеoinформацией между пользователями разных приложений. Стандарт H.265 решает проблему большого размера конечного файла, что требует меньшей пропускной способности канала передачи. В докладе рассматриваются основные отличия стандартов H.264 и H.265, их достоинства и недостатки, а также выбор оптимальных параметров сжатия видеoinформации формата 4К при использовании стандарта H.265.

H.264, H.265, H.265+, формат 4К, сжатие видеoinформации.

Актуальность данной темы

Требования к качеству изображения стремительно повышаются и, если когда-то SD качество казалось пределом мечтаний, то уже сегодня при потреблении видеоконтента многие устанавливают нижнюю планку разрешения на уровне Full HD, а то и выше. Для передачи видеoinформации ее необходимо подвергать компрессии посредством специально разработанных кодеков. Сегодня самым популярным видеокodeком является H.264(AVC), регламентированный в ГОСТ Р 54995-2012 [1]. Из-за активного повышения требований к качеству изображения, возникает потребность в более совершенных методах кодирования информации, чтобы обеспечить необходимую скорость цифрового потока, и, как следствие, подходящий размер файла. Для решения этой задачи был разработан новый кодек с усовершенствованными алгоритмами кодирования – H.265, или HEVC (High Efficiency Videocoding). В сравнении с H.264, для получения изображения одинакового качества потребуется меньшее количество бит или при равном битрейте на выходе системы получается изображение более высокого качества.

Стандарты кодирования H.264 и H.265

Любое видео представляет собой последовательность изображений (кадров). Для того, чтобы всю последовательность подвергнуть компрессии необходимо сжать каждый кадр, но сжимать изображение целиком нецелесообразно, поэтому H.264 делит изображение на части (слайсы), а затем слайсы делятся на макроблоки. Существует пять типов слайсов [2, 3, 4]:

1. I-слайс – слайс, все макроблоки которого закодированы с использованием внутреннего (*intra*) предсказания, то есть макроблоки внутри данного слайса могут ссылаться на уже закодированные макроблоки внутри этого же слайса, а информация видео потока из других изображений не используется. Любой первый кадр всегда начинается с данного типа слайса, так как он является опорным для всего изображения;

2. P-слайс – кодирование макроблоков происходит с помощью однонаправленного предсказания. То есть используется не только внутрикадровое предсказание, но и межкадровое. Чтобы скомпенсировать движение данный тип слайса использует один из предыдущих кадров.

3. B-слайс – кодирование макроблоков схоже с P-слайсом, но для компенсации движения данный тип слайса ссылается на два кадра до или после текущего. B-слайс использует двунаправленное предсказание.

4. SP-слайс – switching P-slice (переключаемый P-слайс), который нужен для переключения между предварительно закодированными различными изображениями.

5. SI-слайс – switching I-slice (переключаемый I-слайс), обеспечивающий совпадение макроблоков в SP-слайсе для доступа к ним в произвольном порядке и с целью устранения возникающих ошибок.

Основная идея переключаемых слайсов в кодировании дополнительных кадров, которые на выходе дают такой же результат, как и основные кадры в информационном потоке. Они обеспечивают устойчивость к ошибкам, используются для переключения между потоками, например, в случае если передается стереоскопическая видеопоследовательность или при изменении пропускной способности абонентского тракта.

Основным достоинством кодека H.264 можно считать появление слайсового межкадрового предсказания, которое стало возможным благодаря разработке системы деления изображения на слайсы. Так как содержимое изображений последующих кадров в основном не меняется, кодеры, объединяя их в определенные последовательности, сжимают их без потери качества изображения. Данное объединение позволяет сохранить только первый, опорный кадр, а идущие за ним кадры будут предсказаны при помощи вычисления их разницы относительно первого, опорного кадра. При кодировании выполняется поиск аналогичных блоков в кадрах, идущих перед опорным и после него, потому что обычно разница в них отсутствует. Блоки,

которые отличаются от блоков опорного кадра при кодировании сохраняются в виде вектора движения. H.264 использует не только межкадровое предсказание, но и внутрикадровое. То есть сохраняет информацию не о каждом пикселе в кадре, а исключительно разность между соседними пикселями, что обеспечивает эффективное сжатие изображения. Изображения, где преобладают однотонные цвета, например, серое облачное небо или снежные просторы, прекрасно поддаются сжатию, так как цветовые и яркостные значения соседних пикселей практически идентичны. Задача кодера заключается в поиске максимально возможно большого количества похожих фрагментов в кадрах, идущих друг за другом и внутри одного и того же изображения, что обеспечивает высокую эффективность кодирования и меньший размер файла на выходе соответственно.

Кодер H.265/HEVC, как и H.264/AVC, использует и межкадровое и внутрикадровое кодирование, но поиск блоков в H.265 происходит гораздо точнее. Улучшение поиска блоков обусловлено тем, что в новом кодеке отказались от фиксированных размеров макроблоков 16×16 пикселей и ввели понятие «блок древа кодирования» (*CTU-coding tree unit*), на которые делится изображения, после изначального деления на уже знакомые слайсы. Кодер самостоятельно выбирает размер блока древа кодирования из трех доступных вариантов: 16×16 (видео низкого качества), 32×32 (HD видео), 64×64 (Full HD видео). После разделения на блоки древа кодирования кодер делит их на блоки кодирования (*CU-coding unit*), размер которых может варьироваться от 8×8 пикселей до 64×64 . Блоки кодирования сжимаются независимо друг от друга оптимальным методом кодирования для данного случая (межкадровый или внутрикадровый). Для предсказания кодек H.265 делит блоки кодирования на специальные блоки предсказания, которые имеют разные размеров. H.265 предпочтительнее, чем H.264, так как, внутрикадровое предсказание, определяя разницу, может использовать фрагменты из последовательно идущих кадров много больших размеров. Также для ускорения процесса кодирования в H.265 применена технология параллельной обработки данных (*Wavefront Parallel Processing*), которая способна декодировать одновременно несколько отдельных блоков древа кодирования одного кадра. К сожалению, повышение эффективности кодирования приводит к большей ресурсоемкости, из-за количества проводимых операций.

Стандарт H.265+, разработанный специально для организации видеонаблюдения, основным нововведением является то, что данный кодер кодирует исключительно динамическую часть кадра. Это связано с тем, что при видеонаблюдении основная часть кадра остается статичной и несмотря на то что запись ведется непрерывно, статичная часть кадра не передается на запоминающие устройства, что позволяет существенно экономить место для хранения информации.

Области применения кодеков H.265 и H.264 не имеют особых отличий, так как HEVC в основном «улучшает устаревающий стандарт» AVC, а не привносит что-то кардинально новое. Спектр применения нового стандарта довольно широк:

- вещание (кабельное, спутниковое, эфирное телевидение);
- видеокамеры, в том числе телефонных камерах;
- цифровое кино;
- домашних кинотеатры;
- мобильные трансляции;
- видеоконференции;
- дистанционное видеонаблюдение;
- носители информации (оптические диски, твердотельные накопители и т. д.);
- Интернет онлайн-трансляции (*online streaming*).

Преимущества использования кодека H.265+ особенно заметно при использовании в видеонаблюдении, так как он предусматривает разделение статичного фона от динамического движения объектов в кадре. Благодаря этой особенности, сжатие видеоинформации происходит в основном за счет трансляции динамически изменяющейся составляющей кадра.

Главной причиной перехода к H.265 является возможность обширного использования видеоконтента высокого качества, при меньших затратах во время его потребления. Применение H.265 позволит увеличить количество ТВ каналов, вещающих в HD и UHD. На сегодняшний день в формате 4K «триколор» предоставляет 9 ТВ-каналов и 21 в HD, при использовании кодека H.265. При переходе к новому кодеку стоимость распространения видео уменьшится, в следствии меньшего размера выходного файла. Также, при неизменном качестве видео, появится возможность увеличивать его количество, благодаря усовершенствованному методу кодирования, а значит можно также передавать больше информации или использовать каналы с меньшей пропускной способностью, для передачи одинакового контента.

Результаты работы с кодеками H.264 и H.265

Для выбора оптимальных параметров кодирования видеоконтента были проведены испытания, в ходе которых производилась съемка тестовых сюжетов формата 4K, разрешением 3840×2160, частотой 60 кадров в секунду. Для кодирования использовалась программа Adobe Media Encoder 2019. Сравнивая качество сжатия видеоинформации с использованием кодеков H.264 и H.265, производилось кодирование тестовых сюжетов с идентичными заданными настройками программы для обоих кодеков. Сжатие происходило в один проход с переменной скоростью потока (для улучшения

качества кодирования). В результате было выявлено, что оптимальным значением скорости потока при кодировании видеоконтента формата 4К является, в среднем, 12 Мбит/с (17Мбит/с максимально).

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 54995-2012. Телевидение вещательное цифровое. Требования к кодированию аудио и видеосигналов для приложений вещания, основанных на транспортных потоках MPEG-2. М.: Изд-во стандартов, 2013, 35 с.
2. Ричардсон Я. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005.
3. Попов А. В. Пространственно-временное предсказание в стандарте видеосжатия H.264 // Материалы: Международной научно-технической конференции. Москва. 3–7 декабря 2012. М.: МТУСИ, 2012. С. 45–50.
4. Дамьяновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии; пер. с англ. М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006.

УДК 654.172
ГРНТИ 49.45.01

ПАРАМЕТРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ ЗРИТЕЛЬСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ ЦИФРОВЫХ ТВ ПРОГРАММ

Е. И. Булавин, А. А. Гоголь

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В условиях активного перехода телевещательных сетей России на цифровые стандарты вещания, вопрос оценки качества вещания требует особого внимания. Так, приоритетной задачей при построении и эксплуатации сети ЦТВ является сохранение высокого качества ТВ программ при доставке их конечному пользователю. В связи с этим существует необходимость разработки и внедрения методов эффективного и оперативного контроля качества цифровых ТВ программ, а также систем, осуществляющих мониторинг сетей цифрового телевизионного вещания, которые бы позволили мгновенно определять ухудшение качества передаваемых телевизионных программ, а также локализовать узел, вносящий это ухудшение.

качество восприятия, QoE .

С развитием цифрового телевидения, а также сетей передачи данных, становится все труднее оценивать качество наблюдаемого зрителем контента посредством оценки искажений, вносимых трактом вещания (потеря пакетов, радиочастотные искажения и т. д.). Все большее внимание сегодня

привлекают методы оценки качества, основанные на непосредственной оценке качества контента, и предсказании степени удовлетворенности зрителя наблюдаемым изображением, так называемое Quality of Experience (QoE).

Основным методом оценки QoE является Mean Opinion Score (MOS). Группе респондентов показывают видеопоследовательности, пораженные различными артефактами, и просят указать степень удовлетворенности качеством увиденного. Усредненное значение оценок всех респондентов из выборки является итоговой оценкой качества видеопоследовательности.

Целью авторов данной работы является разработка автоматизированного метода оценки QoE, показывающего высокую корреляцию с пользовательскими оценками MOS.

Для того чтобы оценить качество восприятия человеком ТВ изображения, необходимо выбрать множество явлений и факторов, наиболее сильно влияющих на восприятие ТВ изображения человеком, определить для выбранного набора факторов набор метрик, по которым влияние данных факторов можно оценить, а также определить некое правило оценки на основе сформированных метрик.

Факторы, влияющие на восприятие изображения, можно условно подразделить на два типа: физиологические и технологические. К технологическим факторам относится наличие так называемых артефактов, то есть дефектов изображения, вызванных параметрами кодирования или потерями в тракте передачи. К физиологическим — особенности системы зрительного восприятия человека (СЗВ) (восприятие контрастности, яркости, динамических сюжетов, цветов и т. д.) и когнитивные факторы (детализация изображения, сюжет).

Среди наиболее распространенных артефактов сжатия, встречающихся при сжатии видео кодеками стандартов MPEG, влияющих на субъективное восприятие, можно выделить так называемую «блочность», артефакт, проявляющийся в виде появления заметных блочных паттернов (рис. 1, см. ниже). В случае ряда популярных кодеков, данный артефакт проявляет себя как в следствие искажений в тракте связи, так и в следствии чрезмерного сжатия, и является основным артефактом, достаточным, для оценки качества изображения [1].

Зрительная система человека представляет собой очень сложный и не до конца изученный механизм. Было открыто множество особенностей зрительного восприятия, связанных с восприятием цвета, контраста, яркостью, углом зрения и проч.

Так, реакция зрительной системы зависит не столько от абсолютной яркости, сколько от контраста [2]. Пороговое значение контраста, то есть минимально заметный глазу перепад яркости, в свою очередь зависит от целого ряда факторов: цвета, пространственной и временной частот изменения

яркости (рис. 2). Для обозначения этих зависимостей используются так называемые функции контрастной чувствительности (*Contrast Sensitivity Functions, CSF*).

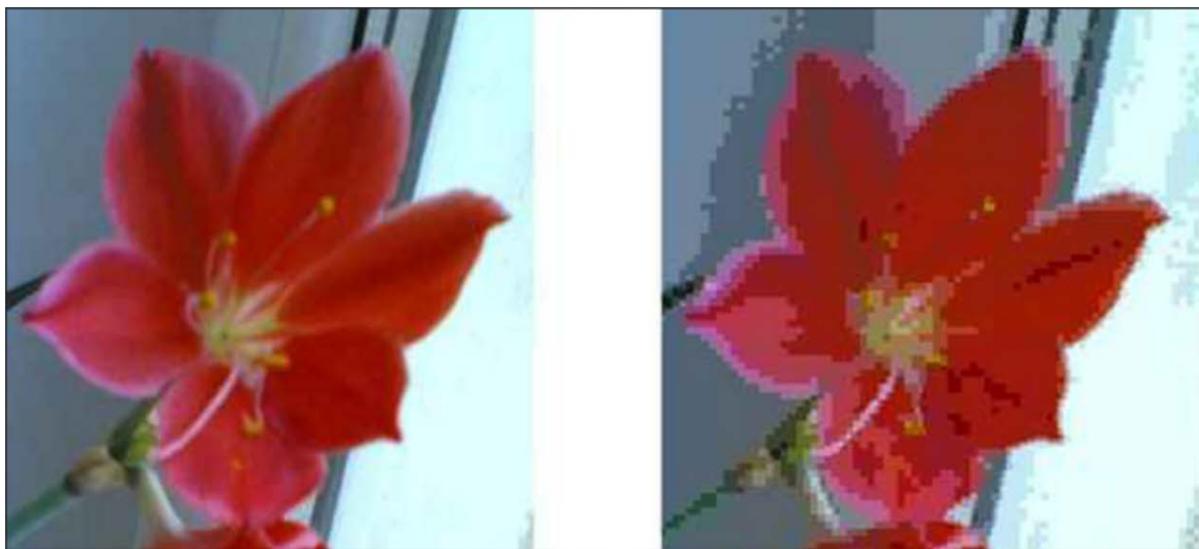


Рис. 1. Пример изображения, пораженного артефактом «блочность»

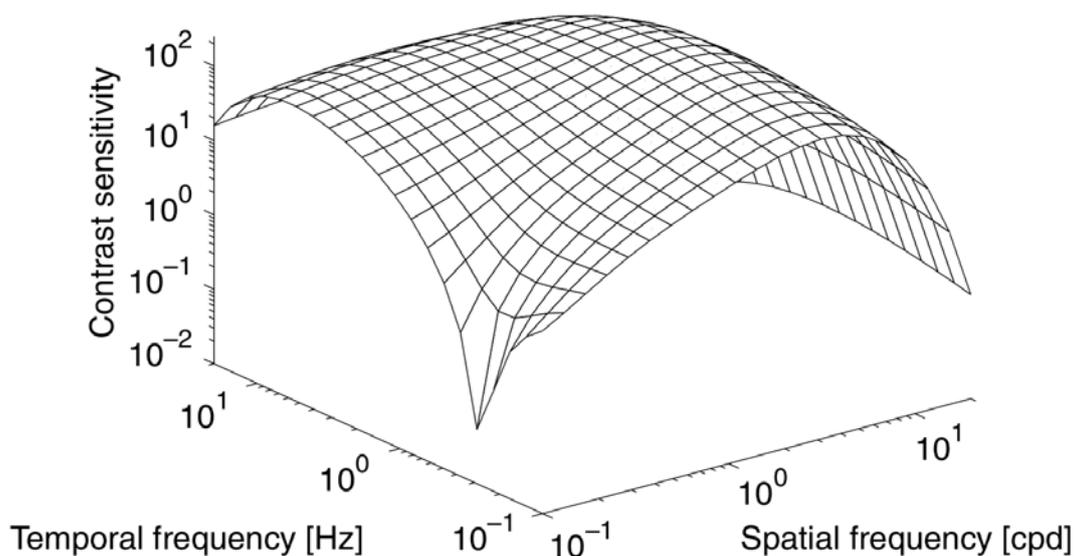


Рис. 2. Функция контрастной чувствительности в зависимости от пространственной и временной частоты изменения яркости для нецветного зрения [2]

Подобная особенность чувствительности зрительной системы приводит к эффекту маскирования в пространственной и временной областях. На рис. 3 показан эффект маскирования артефакта на изображении с зонами разной «детализации». На исходное изображение последовательно нанесена зашумленная область сначала сверху изображения, затем снизу. Зашумленная область хорошо заметна сверху, там, где изображение менее детализировано, в то время как снизу, там, где изображение более детализировано, наложенная область с шумом менее заметна.



Рис. 3. Демонстрация эффекта маскирования. На оригинальное изображение (слева) наложена зашумленная область сверху (центральное изображение) и снизу (левое изображение)

Похожий эффект наблюдается во временной области, где изменение яркости во времени влияет на восприятие контраста и, как следствие, видимых артефактов.

Таким образом для оценки качества восприятия нужно учитывать огромное множество параметров как системы кодирования, так и системы зрительного восприятия. Авторы данного исследования предлагают альтернативный подход для оценки качества: оценка единственного референсного артефакта (блочность). Так авторами был разработан и апробирован алгоритм оценки блочности [3], основными параметрами которого являются разрешение изображения, минимальное заметное количество видимых границ макроблоков, а также минимальная граница заметного перепада яркости.

Для учета параметров зрительной системы человека авторами был создан набор тестовых видеопоследовательностей в стандартном разрешении. Для всех видеопоследовательностей были получены оценки MOS путем опроса респондентов. Затем параметры алгоритма были подобраны для данного набора видеопоследовательностей путем с помощью регрессивного анализа и методов наименьших квадратов. На рис. 4 показан результат работы алгоритма оценки блочности и оценок MOS респондентов для одной и той же видеопоследовательности при различном уровне компрессии изображения.

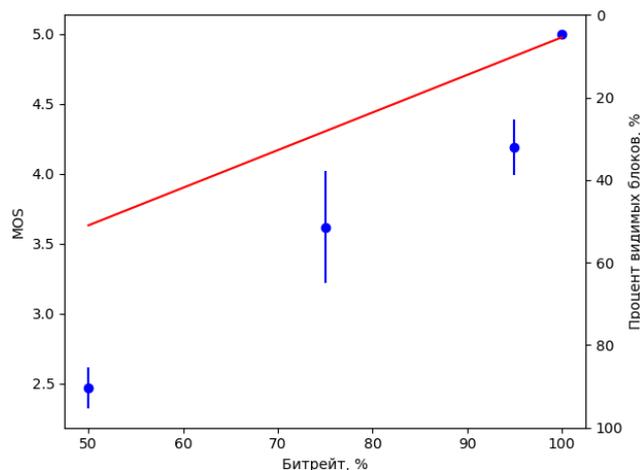


Рис. 4. Результаты оценок MOS и алгоритма оценки блочности для одного и той же видеопоследовательности при разном уровне компрессии.

Список используемых источников

1. Zhang W., Li L., Zhu H., Cheng D., Chu S., Roddick J. No-reference quality metric of blocking artifacts based on orthogonal moments // Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 5 (окт. 2014), pp. 701–708.

2. Winkler S. Digital Video Quality – Vision Models and Metrics. Янв. 2005. DOI: 10.1002/9780470024065.

3. Булавин Е. И., Янин А. А. Методы разработки прикладного программного обеспечения для повышения надёжности работы измерительных приборов для цифрового телевидения. // Журнал Вопросы радиоэлектроники серия Техника Телевидения. 2018. № 5. С. 69–74.

УДК 159.937.515.2

ГРНТИ 15.01.29

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА КОГНИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ

А. Н. Бучатский, Я. В. Евстафьева, Г. Г. Рогозинский

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Важность визуальной модальности при высоком информационном перегрузе зрительного анализатора обуславливает необходимость поиска эффективных с точки зрения использования визуального канала решений. Одним из наименее разработанных средств для повышения эффективности восприятия является цвет. В статье представлен обзор научных работ, посвященных исследованиям влияния цвета на восприятие информации, в частности, рассмотрены результаты исследований цветового

оформления учебных материалов и его влияния на когнитивные способности реципиента, как комплекса психоэмоциональных воздействий с целью повышения эффективности усвоения материалов учащимися. Рассматривается ряд методик повышения уровня запоминаемости материалов на основе психологических приемов цветооформления.

психофизиология восприятия, цвет, цветооформление.

Важность визуальной модальности при высоком информационном перегрузе зрительного анализатора обуславливает необходимость поиска эффективных с точки зрения использования визуального канала решений. Одним из наименее разработанных средств для повышения эффективности восприятия является цвет.

Ниже представлен краткий обзор наиболее выраженных на сегодняшний день приложений для исследований в рамках изучения цветового восприятия. Условно можно выделить рекламу и СМИ, как наиболее коммерциализированный аспект, технические системы и образование.

В статье Шестериной А. М. и соавторов [1] раскрывается значение цвета в визуальном восприятии медиа, в первую очередь, СМИ. Авторы отмечают, что СМИ склонны транслировать те цвета, которые преобладают в обществе. В то же время цвет – одно из эффективных средств воздействия на аудиторию. Шестерина и соавторы в своем исследовании проанализировали пять наиболее популярных японских телеканалов. Их студии выполнены в синем, красном цвете или же в нейтральных оттенках. Это говорит о наличии общей телевизионной традиции, заложенной американским телевидением и не имеет отношение к культурным традициям Японии. Это же утверждение справедливо и для образа телеведущих.

С технической точки зрения, важен не только правильный выбор цвета, но и настройка света. Слишком яркое освещение будет способствовать быстрому утомлению зрителя, что приведет к утрате любых художественных и информационных достоинств контента.

Одним из наиболее эффективных на сегодняшний день приложений цвета является реклама, играющая роль своеобразного корректирующего звена в сообщении для реципиента. По мнению Кузнецовой О. А. и соавторов [2] цветная реклама намного эффективнее, чем черно-белая, за счет усиления очевидности достоинств представленных товаров. Важное значение также отмечается у гендерного фактора. В частности, выделяются такие факторы как Эмоциональный комфорт, Зрительная форма, Динамика сенсорных переживаний, Теплота цветового тона, Новизна, Доверие, Безопасность, Зрительная форма. При этом женщины и мужчины по-разному приоритизируют данный набор факторов.

Схожее исследование в области программ кредитования проводили Урсул В. В. и соавторы [3]. Для исследования психологического восприятия цветовых решений кредитных продуктов были сопоставлены результаты

полученных цветовых ассоциаций с психологическим восприятием цвета респондентов. Значимые различия в отношении к кредитным продуктам оказались связаны с определенными цветами: зеленый, красный, коричневый и желтый. Большинство респондентов, которые ценят удобство кредитного продукта и считают его необходимым в трудной жизненной ситуации, связали с ним зеленый цвет. Этот цвет может подталкивать респондентов к принятию решения о потреблении кредита, что в свою очередь, может быть предпосылкой к его использованию в продвижении кредитных продуктов. Тот же самый эффект прослеживается на примере желтого цвета, который имеет позитивную окраску для респондентов. Результаты исследования показали, что этот цвет также ассоциируется с удобством потребления кредита.

Дополнительную психофизиологическую кодификацию дает исследование психофизиологии восприятия цвета. Например, в работе Ципящук Б. А. [4], в результате экспериментов среди контрольной группы реципиентов (студенты 1 курса) были установлены приоритеты выбора определенных предпочтительных цветов. Например, большинство юношей выбрали синий цвет первым, что говорит об их внутреннем спокойствии.

Не смотря на сложноформализуемый характер проблемы, ряд работ посвящены количественной оценке цветового восприятия. В частности, Хорунжий М. Д. [5] рассматривает метод количественной оценки цветов различий при восприятии цифровых изображений.

Использование цвета в образовательной среде, в частности, для цветового оформления учебных материалов, исследовалось Никуловой Г. А. [6]. Автор определил, что, например, прочитанное реципиентами на синем фоне не только лучше запомнилось, но и имело больший смысл и понимание. Никулова Г. А. предполагает, что увеличение времени работы с фрагментами текста на темном фоне сопровождается углублением его обработки. При этом наблюдается более детальное усвоение информации, чем при поверхностном скольжении по тексту на светлом фоне.

Заключение

Многочисленные работы, малая часть которых приведена в данном обзоре, с разных стороны подходят к проблеме изучения цвета. Вне зависимости от области применения, одной из проблем исследования цвета остается субъективность восприятия, которую нельзя рассматривать вне культурно-исторического кода реципиента и его социокультурной среды. Тем не менее, некоторые результаты позволяют судить о наличии определенных общих для всех людей (или, как минимум, для широких групп – учащихся, пенсионеров, домохозяек, представителей бизнеса и т. д.) тенденций в реакции на определенные цветовые коды и их подсознательной интерпретации.

Данное обстоятельство дает основу для дальнейших исследований в области восприятия цвета с точки зрения эффективности его использования в образовательном процессе, особенно в контексте дистанционного образования, столько актуального в наши дни.

Список используемых источников

1. Шестерина А. М., Гладких А. С. Цвет на телевидении как фактор медиавосприятия // Вестник Тамбовского университета. Серия: Общественные науки. 2018. № 14. С. 38–44.
2. Кузнецова О.А., Челидзе А.Д., Демчук Д.С. Гендерные особенности восприятия цвета в рекламе // Евразийский Союз Ученых. 2015. № 5–1 (14). С. 121–123.
3. Урсул В. В., Тимофеева Т. С., Серова О. Ф., Голубь О. В. Исследование психологического восприятия цветовых решений кредитных продуктов потребителей разных возрастных групп // Мир науки. Педагогика и психология. 2018. № 6. С. 116.
4. Ципящук Б. А. Восприятие цвета человеком // БМИК. 2017. № 6. С. 1065.
5. Хорунжий М. Д. Метод количественной оценки цветов различий при восприятии цифровых изображений // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2008. № 1. С. 136–144.
6. Никулова Г. А. Цветовое оформление учебных материалов и его влияние на восприятие информации // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2006. № 2. С. 77–83.

УДК 621.397.132
ГРНТИ 47.51.29

ПРИНЦИПЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ПУСТОТ НА ВИРТУАЛЬНОМ РАКУРСЕ, ВОССТАНОВЛЕННОМ ПРИ ПОМОЩИ КАРТЫ ГЛУБИНЫ

А. Н. Бучатский, Д. А. Татаренков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рендеринг по глубине изображения используется для получения дополнительных ракурсов в интерактивных системах 3D-видео. Однако наиболее значительная проблема DIBR состоит в том, как бороться с пустотами, образующимися в синтезированных изображениях. Основная причина их образования – окклюзия, когда два объекта находятся приблизительно на одной линии, и один объект, расположенный ближе к виртуальной камере или порту просмотра, частично или полностью закрывает видимость другого объекта. Для решения этих проблем в последние годы было предложено много алгоритмов. Одна из главных задач, которую необходимо решить при использовании DIBR – устранение образованных пустот и «трещин» в изображениях виртуального

ракурса. В этой статье рассмотрены некоторые алгоритмы синтеза виртуального вида на основе карты глубины, а также способы устранения дефектов полученных ракурсов в том числе с применением метода заполнения «inpaint».

inpaint, DIBR, карта глубины.

В настоящее время ввиду большого распространения носимых устройств с поддержкой технологий дополненной, смешанной и виртуальной реальностей (AR, MR, VR) возникает потребность в алгоритмах получения 3D-видео с неограниченным числом ракурсов. Причём эти ракурсы необходимо получать динамически в режиме реального времени. Целью исследований является поиск такого технического и алгоритмического решения, при котором пользователь имеет возможность интерактивно выбирать точку обзора и динамически синтезировать новый ракурс. Кроме того, интерактивное 3D-видео вызывает большой интерес среди исследователей вещания как перспективная технология для систем трёхмерного многокурсного телевидения (3D TV) и телевидения со свободной точкой обзора (FTV).

Многокурсовая съёмка производится на специально выполненной стереосъёмочной установке. Её основная задача – проведение фотографической съёмки совокупности сопряжённых точек 3D-объекта под различными углами видения – ракурсами. Это приводит к образованию горизонтального параллакса для двух любых сопряжённых изображений.

Камеры могут быть расположены в параллельной или конвергентной конфигурации. Один из проектов в этой области представлен в ссылке 3D Dome Studio [1] использует 51 камеру, установленную на куполе диаметром 5 м, и применяет стереотехнику для восстановления формы движущегося объекта. Те же методы были использованы в круговой установке с более чем 30 камерами для съёмки футбольного матча. Все камеры синхронизированы и указывают на одну и ту же цель под разными углами. Набор захваченных изображений для нескольких видов обрабатывается, а трёхмерная модель восстанавливается. Другой способ был предложен с применением 7 камер, которые размещены конвергентной сходимостью оптических осей в центре сцены. Камеры синхронизированы и откалиброваны. Основная цель – реконструкция и рендеринг человеческого тела с любой точки зрения и оценка его параметров движения. Альтернативный метод расположения по дуге представлен в виде установки из 12 камер расположены на потолке вокруг сцены.

Пример установки с параллельным расположением визуальных сенсоров можно увидеть в инсталляции, состоящей из шести потребительских видеокамер Fire-Wire, выровненных в два ряда [2]. Камеры разделены на стереопары, и каждая стереопара подключена к одному ПК для обработки стереозвука. 3D-система в [3] фиксирует динамические события с несколькими камерами, смещенными последовательно, и генерирует новые виды

с использованием методов интерполяции. Другой пример параллельной компоновки камеры можно увидеть в работах исследователей [4].

Одним из способов получения виртуального ракурса является технология, основанная на синтезе из карты глубины и соответствующего изображения. В основе алгоритма DIBR (*Depth image-based rendering*, рендеринг по глубине изображения) может лежать перспективное преобразование изображения [5]. В таком случае необходимо произвести совмещение проекций в мировых координатах.

Виртуальный ракурс синтезируется из цветовой текстуры и соответствующей карты глубины. Сначала координаты точки исходного изображения проецируются в мировые координаты с использованием соответствующих значений глубины. После этого эти промежуточные точки пространства проецируются в плоскость изображения «виртуальной» камеры, которая находится в требуемом положении просмотра. Этот процесс называется деформированием (*warping*) трёхмерного изображения.

На рис. (см. ниже) представлен процесс переноса точки. Произвольная точка M в трёхмерном пространстве проецируется на реальный ракурс в точку m и на синтезируемый ракурс в точку m' . Таким образом точка m левого ракурса переносится через плоскость π в соответствующее место координат точки m' на виртуальном ракурсе, где экиполярная линия через точку m' получается путём соединения m' и экиполярной e' . При условии, что мировая система координат виртуальной камеры совмещена с системой координат камеры-источника, уравнения для перспективной проекции дают:

$$\tilde{m} \cong A \cdot P_n \cdot \tilde{M}, \quad (1)$$

$$\tilde{m} \cong A' \cdot P_n \cdot D \cdot \tilde{M}, \quad (2)$$

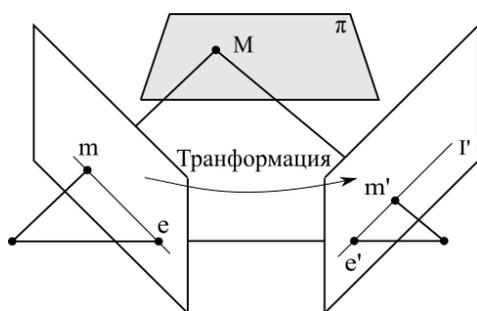


Рис. Точка m левого ракурса переносится через плоскость π в соответствующее место координат точки m' на виртуальном ракурсе

где матрица D размером 4×4 содержит матрицу поворота R и матрицу переноса T , которая преобразует трёхмерные координаты точки из системы мировых координат в систему координат камеры виртуального вида I' ; матрицы A и A' имеют размер 3×3 и определяют внутренние параметры камер соответственно; P_n – единичная матрица размером 3×4 , которая является так называемой нормализованной матрицей перспективной проекции.

После определения аффинного представления M в трёхмерных координатах, которое зависит от его значения глубины Z , а преобразования уравнений (1)

и (2), формируется аффинное уравнение диспаратности, которое представляет зависимость, зависящую от значения глубины, между корреспондирующими точками в двух перспективных видах одной и той же 3D-сцены:

$$Z' \cdot \tilde{m}' = Z \cdot A' \cdot R \cdot A^{-1} \cdot m + A' \cdot T.$$

Здесь стоит отметить, что одни и те же виды изображения 3D-объекта, полученные с ракурсов, но при различных способах съёмки (параллельных или конвергированных осях), не отличаются друг от друга на углах съёмки менее 5° [6]. Таким образом можно сформировать виртуальный ракурс без использования перспективных warp-преобразований. В экспериментальной работе предложено использование расчёта новых координат методом сдвига на величину диспаратности. Возьмём:

$$Z = Z_f + v \left(\frac{Z_n - Z_f}{255} \right),$$

где Z_f – расстояние до дальней плоскости, Z_n – расстояние до ближней плоскости, v – уровень серого и $v \in [0..255]$. Таким образом, наиболее удалённый пиксел должен иметь цвет близкий к чёрному (0), а самый близкий объект – белый (255). Тогда новые координаты для пикселя можно просчитать по формуле:

$$(x', y') = (x + \Delta x, y),$$

где x' и y' – координаты пикселя в виртуальном ракурсе, а Δx – значение диспаратности для текущего пикселя, получаемое из выражения:

$$\Delta x = \frac{Z - \Delta x_0}{255 / (\Delta x_{\max} - \Delta x_{\min})},$$

где Δx_0 – нулевой параллакс, соответствующий мнимому изображению на плоскости экрана при стереопросмотре ракурсов:

$$\Delta x_0 = \frac{255}{2} + (\Delta x_{\max} + \Delta x_{\min}) \frac{255}{2(\Delta x_{\max} - \Delta x_{\min})},$$

где Δx_{\max} – значение максимальной положительной диспаратности, Δx_{\min} – значение максимальной отрицательной диспаратности. Особое внимание здесь стоит обратить на предотвращение наложения более удалённых пикселей на ближние. Для этого предлагается составлять карту глубины для виртуального ракурса и при назначении цвета пикселю проверять записанное значение.

Однако наиболее значительная проблема DIBR состоит в том, как бороться с пустотами, образующимися в синтезированных изображениях. Основная причина их образования – окклюзия, когда два объекта находятся приблизительно на одной линии, и один объект, расположенный ближе к виртуальной камере или порту просмотра (англ. *viewport*), частично или полностью закрывает видимость другого объекта. Для решения этих проблем в последние годы было предложено много алгоритмов.

Одним из решений было бы полагаться на более сложные многомерные представления данных, такие как алгоритмы Layered Depth Image (LDI), представленные в [7, 8]. При таком подходе для компенсации недостающей информации необходимо иметь несколько слоев изображения глубины. Метод позволяет снизить количество «трещин» на генерируемом изображении, однако предполагает существенное увеличение объема передаваемых данных и требует больших вычислительных ресурсов.

Другим способом борьбы с пустотами на сформированном изображении ракурса предложено в статьях [9, 10, 11, 12], где предлагается подвергать карту глубины предварительной обработке для уменьшения размеров «трещин». Экспериментальные результаты показывают, что данный этап предварительной обработки может в некоторой степени скорректировать ошибки исходной карты глубины и уменьшить количество пустот на восстановленном изображении. Однако традиционный предварительный фильтр может привести к размытию карты глубины как областей отверстий, так и областей без отверстий. Кроме того, такое сглаживание может также вызывать геометрические искажения и появление текстурных артефактов.

Кроме того, для решения задачи используются некоторые «inpaint» – алгоритмы при постобработке деформированного изображения. В этом случае пропуски в синтезированном изображении заполняются соседними пикселями изображения, например, в качестве источника информации могут служить прилегающие точки фона [13]. Такой подход оправдан, когда необходимо заполнить сравнительно небольшие участки изображения. Другим подходом к реконструкции утраченной части изображения может быть использования алгоритма, сочетающего дифференциальное уравнение в частных производных с параметрами синтеза текстур [14]. Этот метод использует концепцию отбора проб (sampling) [15] и имеет на выходе хорошие результаты применительно к заполнению пустот на полученном ракурсе. Однако текстуры фона часто не могут распространяться на области пустот, поскольку области пустот, лежащие на переднем плане, иногда заполняются до того, как заполняются пустоты, лежащие на заднем плане, таким образом, пиксели переднего плана могут использоваться для прогнозирования. В результате образуются раздражающие артефакты. В процессе заполнения пропущенных областей использовать пиксели окружения нужно с различным приоритетом, вплоть до нуля. Однако в стандартных методах заполнение происходит на основании вновь окрашенных и пикселей источника с одинаковой степенью уверенности.

Список используемых источников

1. Kanade T., Rander P., Narayanan P.J. Virtualized reality: constructing virtual worlds from real scenes // IEEE Multimedia. 1997. Vol. 4, № 1. PP. 34–47.
2. Schirmacher H., Ming L., Seidel H.-P. On-the-Fly Processing of Generalized Lumigraphs // Computer Graphics Forum. 2001. Vol. 20, № 3. PP. 165–174.

3. Tanimoto M. Free-Viewpoint Television // Image and Geometry Processing for 3-D Cinematography / ed. Ronfard R., Taubin G. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. Vol. 5. PP. 53–76.
4. Matsuyama T., Takai T. Generation, visualization, and editing of 3D video // Proceedings. First International Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission. Padova, Italy: IEEE Comput. Soc, 2002. PP. 234–245.
5. Fehn C. Depth-image-based rendering (DIBR), compression, and transmission for a new approach on 3D-TV / ed. Woods A.J. et al. San Jose, CA, 2004. PP. 93–104.
6. Гавриков В. А., Яновский А. В. Оптимальная схема многокурсовой съемки 3D-объекта для мультиплексной голограммы // Научно-техническая конференция-семинар по фотонике и информационной оптике: Сборник научных трудов. М. : НИЯУ МИФИ. 2011. Vol. Научная сессия НИЯУ МИФИ–2011. P. 204.
7. Zitnick C. L. et al. High-quality video view interpolation using a layered representation. P. 9.
8. Müller K. et al. View Synthesis for Advanced 3D Video Systems // EURASIP Journal on Image and Video Processing. 2008. Vol. 2008. PP. 1–11.
9. Liu W. et al. An enhanced depth map based rendering method with directional depth filter and image inpainting // Vis Comput. 2016. Vol. 32, № 5. PP. 579–589.
10. Park Y. K. et al. Depth-image-based rendering for 3DTV service over T-DMB // Signal Processing: Image Communication. 2009. Vol. 24, № 1–2. PP. 122–136.
11. Wan-Yu Chen et al. Efficient Depth Image Based Rendering with Edge Dependent Depth Filter and Interpolation // 2005 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Amsterdam, The Netherlands: IEEE, 2005. PP. 1314–1317.
12. Tam W. J. et al. Smoothing depth maps for improved stereoscopic image quality. P. 4.
13. Kwan-Jung Oh, Sehoon Yea, Yo-Sung Ho. Hole filling method using depth based in-painting for view synthesis in free viewpoint television and 3-D video // 2009 Picture Coding Symposium. Chicago, IL, USA: IEEE, 2009. PP. 1–4.
14. Criminisi A., Perez P., Toyama K. Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting // IEEE Trans. on Image Process. 2004. Vol. 13, № 9. PP. 1200–1212.
15. Efros A.A., Leung T.K. Texture synthesis by non-parametric sampling // Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision. Kerkyra, Greece: IEEE, 1999. Vol. 2. PP. 1033–1038.

УДК 621.396.9
ГРНТИ 49.33.29

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В СЕТЯХ 5G NEW RADIO

А. С. Васин, А. Е. Рыжков, Э. И. Шакиров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрена организация сквозных соединений для передачи трафика в сетях NR. Представлена архитектура радиодоступа NR на основе виртуализации краевых облачных вычислительных узлов. Обсуждаются возможности реализации ядра сети NR с использованием концепции CUPS в действующих структурах сетей LTE. Приведены базовые соотношения для расчётов пропускной способности сетей NR с учётом передачи сигналов DM-RS.

сеть NR, краевые облачные структуры, концепция CUPS, пропускная способность.

Внедрение сетей New Radio (NR) в широком масштабе требует не только разработки методов их планирования, но и существенного пересмотра идеологии построения сетей мобильной связи и радиодоступа. Все стандарты сотовой связи 2–4 поколений, от GSM до LTE, функционируют в рамках жестких структур. В сетях NR сама структура сети является производной от заданной услуги и реализуется программно. Другое существенно отличие касается параметров радиointерфейса. В сетях NR взятая в качестве исходной структура радиointерфейса стандарта LTE подверглась принципиальным изменениям. Это касается как формирования транспортных блоков, так и выделения канального ресурса.

Реализация сетей 5G требует принципиальных изменений в деятельности операторов и в выборе используемых технологий, основанных на виртуализации узлов и функций подсистемы радиодоступа. Виртуализацию обеспечивает совместное использование (*sharing*) группой провайдеров услуг VWNO (*Logical/virtual wireless network operators*) слоистых структур уровней L1, L2 на основе заключенных между ними соглашений по уровню обслуживания SLA (*Service level agreement*). Сам процесс виртуализации требует применения таких технологий и структур, как программно-определяемые сети SDN, краевые облачные вычислительные узлы EC (*Edge computing*) и блокчейн, обеспечивающий необходимую сетевую безопасность. При этом провайдеры услуг могут не являться собственниками вычислительных узлов EC, в качестве которых выступают владельцы беспроводного ресурса PWRO (*Primary wireless resource owners*), имеющие, кроме того, лицензии на радиочастотный спектр. В результате возникает структура сети,

приведенная на рис. 1 [1]. В этой структуре абонентов обслуживают 2 провайдера (VWNO1 и VWNO2) на основе субаренды выбранных сетевых слоёв у трёх операторов ЕС (PWRO), владеющими тремя ЕС.

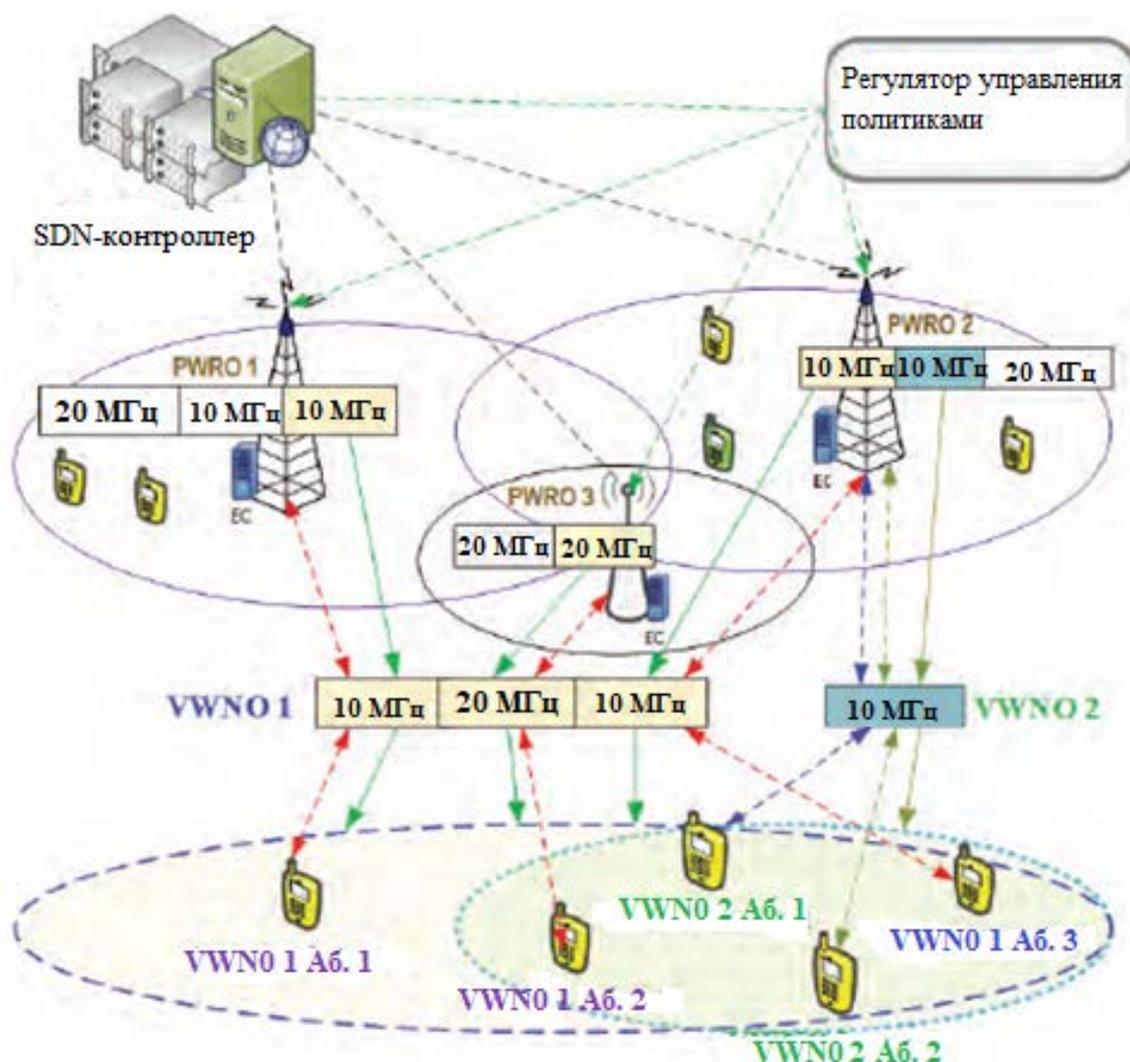


Рис. 1. Архитектура NR на основе виртуализации узлов радиодоступа

Совместное функционирование 3-х PWRO определяет регулятор управления политиками и координирует SDN-контроллер, выполняющий также функции сетевого агрегатора. Критичным является выбор сетевого слоя. Этому вопросу сейчас уделяют большое внимание, предлагая использовать возможности функционального узла NWDAF (*Network data analytic function*) [2].

Переход к структурам типа (рис. 1) потребует определённых финансовых затрат и времени. Вместе с тем многие операторы сетей LTE ввиду новых возможностей, предоставляемых сетями 5G, стремятся как можно быстрее и дешевле организовать эти сети. Одним из вариантов перехода к сетям

5G является использование концепции CUPS, разработанной для структурного изменения ядра сети LTE [3].

Концепция CUPS (*Control and User Plane Separation*) была впервые представлена в Rel.14 спецификаций LTE. Идея CUPS состоит в структурном разделении ядра сети на функциональные узлы обработки пользовательского трафика (UP) и сигнального трафика (CP). При этом узлы, через которые в классической структуре LTE проходят и трафик, и сигнализация: SGW, PGW (PDN-GW), TDF, расщепляются соответственно на узлы с индексом U (пользовательские) и C (сигнальные) (рис. 2) [3]. Пользовательские и сигнальные части узлов связаны между собой интерфейсами Sx. В результате такого разделения появляется возможность использовать для передачи абонентского трафика периферийные узлы S-GW, PDN-GW, TDF, расположенные ближе к пользователю, что позволяет улучшить качество предоставляемых услуг и удешевляет обслуживание, в то время как управление этими узлами осуществляют централизованные узлы ядра сети.

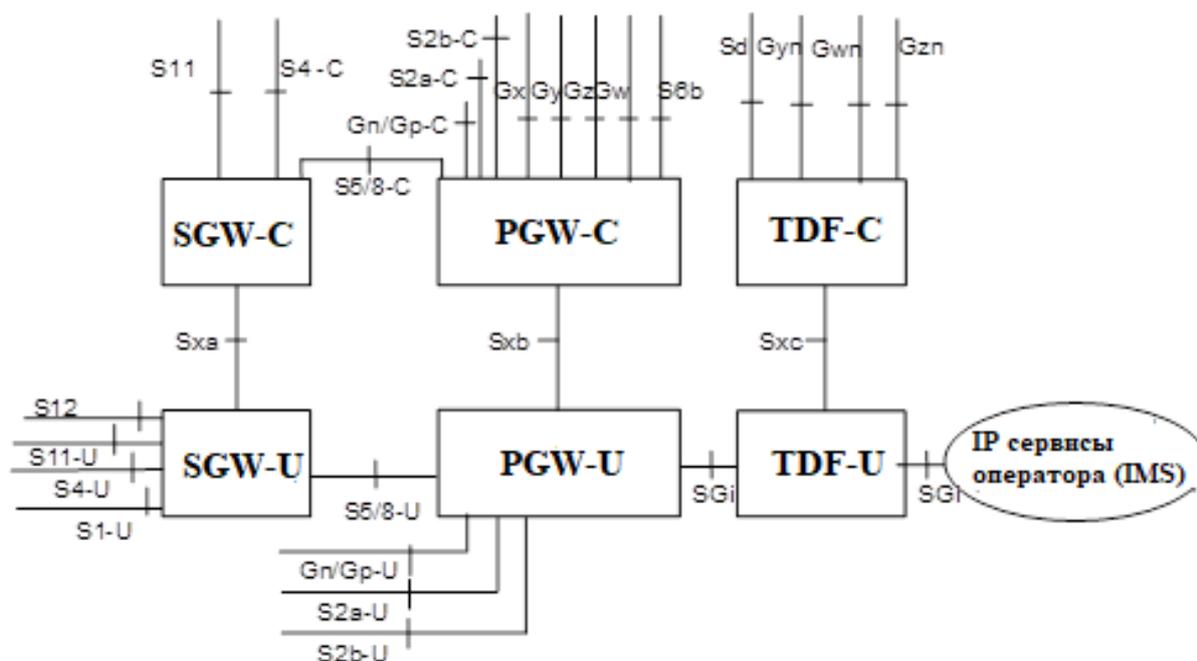


Рис. 2. Архитектура ядра сети LTE с разделением UP и CP

Поскольку в ядре сети NR должно существовать полное разделение интерфейсов передачи трафика и сигнальных сообщений, концепция CUPS позволяет плавно перейти к сети нового стандарта 5G (рис. 3, см. ниже).

Плавность перехода состоит в том, что все сетевые элементы представляют набор виртуальных сетевых функций (VNF), которые можно модернизировать изменением программного обеспечения без изменения инфраструктуры (NFVI). Элементы SGW-C и PGW-C в архитектуре сети 5G становятся единым элементом SMF (*Session and Management Function*), а SGW-U и PGW-U образуют UPF (*User Plane Function*). Интерфейс Sx переходит в интерфейс N4 между SMF и UPF в сетях 5G [4].

Канальный ресурс в физических каналах PDSCH и PUSCH во временной области выделяют внутри слотов. Слот заполняют 14 OFDM-символов независимо от расстояния между поднесущими (параметра μ) [4]. Скорость передачи данных в слоте в сети NR рассчитывают по формуле

$$B = v_{MIMO} \cdot B_{симв} \cdot R_{кода} \cdot (\log M_2) \cdot (1 - OH),$$

где v_{MIMO} – число используемых слоёв MIMO, $B_{симв}$ – символьная скорость передачи в слоте, $R_{кода}$ – скорость избыточного кодирования, $(\log M_2)$ – число бит в символе, $(1 - OH)$ – снижение скорости из-за передачи сигнальной информации (*overhead*). Символьную скорость определяют число используемых для передачи OFDM-символов в слоте L и число выделенных ресурсных блоков (РБ) $N_{РБ}$: $B_{симв} \cdot L \cdot N_{РБ}$. В зависимости от варианта предоставляемого канального ресурса минимальное число выделяемых символов в слоте L_{min} составляет 2 при передаче вниз и 1 при передаче вверх [5]. В частотной области используют 2 типа распределения канальных ресурсов. Тип 0 предоставляет возможность выделения несмежных РБ в виде групп РБ. В зависимости от используемой рабочей полосы возможны разные конфигурации размеров групп РБ, от 2 до 16 РБ в группе. Фактические номера предоставляемых абоненту групп РБ передают в битовой карте, где «1» помечают выделенные UE группы, а «0» – пропущенные. При выделении канального ресурса по типу 1, абонент получает последовательность смежных РБ.

При расчёте скоростей передачи данных и пропускной способности сетей NR необходимо учесть их снижение из-за передачи опорных сигналов демодуляции DM-RS, обеспечивающих когерентный приём и необходимые измерения при MIMO. Размещение символов DM-RS в слотах отличается

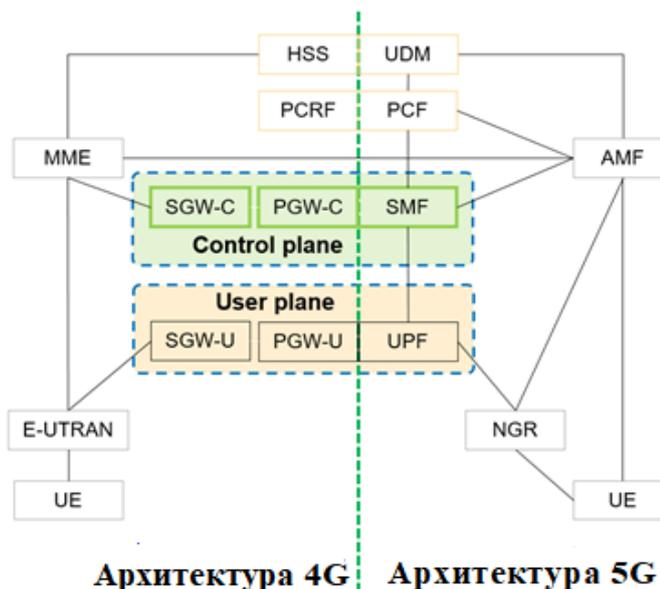


Рис. 3. Архитектура CUPS в концепции сетей 5G

многовариантностью [5]. Оно зависит от числа предоставляемых абоненту в слоте РБ. Так, если объём выделяемого канального ресурса при передаче вниз составляет 3–7 OFDM-символов, то сигналы DM-RS присутствуют в одном ресурсном блоке. Если во временной области выделяется 8–9 OFDM-символов, то возможно две конструкции с DM-RS символами: в одном ресурсном блоке, либо в двух. При выделении 10–11 OFDM-символов возможны конструкции с 1, 2 и 3 ресурсными блоками, содержащими символы DM-RS, а при 12–14 OFDM-символов 4 структуры, где символы DM-RS могут передаваться в 1, 2, 3 и 4 РБ. На рис. 4 показаны варианты размещения символов DM-RS в 1, 3 и 4 РБ.

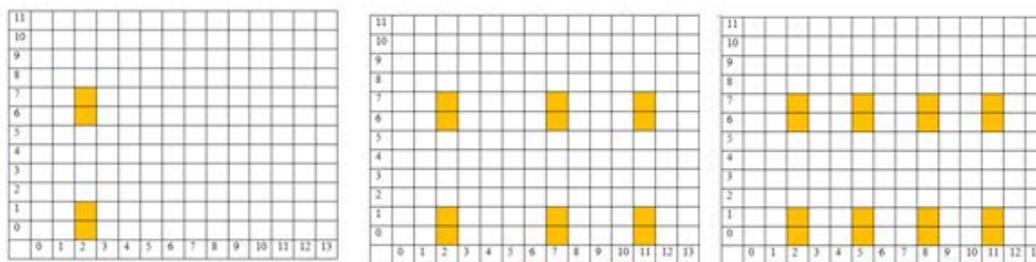


Рис. 4. Варианты размещения символов DM-RS в ресурсных блоках слота

Рост пропускной способности сетей NR в сравнении с сетями LTE обусловлен увеличением рабочей полосы (в разы) и оптимизацией формы передаваемых символов. Так, при разnose между поднесущими частотами $\Delta f = 15$ кГц (как в LTE) число РБ в NR в полосе 20 МГц составляет 106 против 100 в LTE. В частотном диапазоне FR1 (410–7125 МГц) при $\Delta f = 15$ кГц в рабочей полосе 100 МГц размещено 273 РБ, а в частотном диапазоне FR2 (24250–52600 МГц) в рабочей полосе 400 МГц при $\Delta f = 120$ кГц – 264 РБ.

Список используемых источников

1. Danda B. Rawat. Fusion of Software Defined Networking, Edge Computing, and Blockchain Technology for Wireless Network Virtualization // IEEE Communications Magazine, 2019, vol. 57, № 10. Pp. 50–55.
2. End-to-End Data Analytics Framework for 5G Architecture / E. Pateromichelakis and oth., 2019, April. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8660442> (дата обращения: 25.02.2020).
3. 3GPP TS 23.214 V16.0.0. Architecture enhancements for control and user plane separation of EPC nodes; Stage 2. 2019. 92 p.
4. Васин А. С., Рыжков А. Е. Технологии радиодоступа стандарта 5G New Radio // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ. 2019. Т. 3. С. 79–84.
5. Техническая спецификация 3GPP TS 38.211 V16.0.0. NR; Physical channels and modulation. 2019. 124p.

УДК 654.197.6
ГРНТИ 19.61.31

ЦИФРОВОЕ ВЕЩАНИЕ В ULTRA HD 4K КАЧЕСТВЕ

В. Д. Вересов, С. Л. Федоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Приводится информация о развитии цифрового телевидения в стране. Отмечается, что после перехода всей страны на цифровое вещание необходимо развивать данное направление дальше. Для выбора вектора развития был проведен социальный опрос. В статье приводятся результаты опроса. Рассматривается понятие Ultra HD 4K, сравнивается с форматом следующего поколения 8K. Анализируется современное состояние аппаратной части, предназначенной для формирования, кодирования и передачи видеоконтента формата 4K. Приводятся примеры цифрового телевизионного вещания в 4K качестве.

UHD, DVB-T2, цифровое эфирное телевидение, телевидение сверхвысокой четкости, оборудование, H.264, H.265.

В эпоху перехода стран к построению информационного общества телерадиовещание стало важнейшим средством массовой информации, влияющим на духовное развитие общества, развитие институтов гражданского общества, экономический рост и социальную стабильность. За последние 10–15 лет произошли принципиальные изменения в производстве и распространении электронных систем массовых коммуникаций и средств массовой информации. В первую очередь эти изменения коснулись телевидения. В основном это связано с переходом от аналоговых методов обработки сигнала к цифровым. Разработка систем сжатия, кодирования и мультиплексирования цифровых потоков, возникновение мультимедийных сред, интерактивных услуг, развитие сети Интернет и мобильной связи [1].

История цифрового телевидения в России берет свое начало с принятия в декабре 1999 года документа «Стратегия перехода от аналогового к цифровому телевизионному вещанию в России», а в мае 2004 года было подписано распоряжение Правительства РФ о переходе до 2015 года на цифровое эфирное телевидение в стандарте DVB-T. В 2010 году «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (РТРС) начала в России строительство сети эфирного наземного цифрового телевидения в стандарте DVB-T, первые цифровые передатчики были запущены на Дальнем востоке, так как в этом регионе значительное число населенных пунктов принимает не более двух телевизионных программ. С 19 марта 2012 года тестовое цифровое эфирное телевидение в России переведено на новый стандарт DVB-T2.

Уже 3 июня 2019 года закончился 3 этап перехода на цифровое телевидение в стандартном качестве.

Смотрят ли люди бесплатные каналы, доступные на всей территории страны? Каким образом можно развивать эфирное телевидение дальше? Чтобы это узнать, было принято решение провести онлайн-опрос с помощью платформы «Google Forms». А ссылка на опрос располагалась в группах социальной сети «ВКонтакте».

Всего 10 вопросов. В опросе участвовало 230 человек, наибольшее количество респондентов возрастом 18–24 года – 137 человек. Отношение мужчин и женщин 120 к 110. Основное образование участников опроса высшее и среднее, 104 и 77 человек соответственно. Оставшиеся 7 вопросов были направлены на отношение людей к телевидению.

Первый «телевизионный» вопрос: «Смотрите ли вы телевизор?», 56,5 % ответили положительно. Интересный факт, образование никак не влияет на отношение к телевидению. Смотрят и не смотрят телевизор примерно одинаковое количество в каждой категории в вопросе образования. Так, например, 54 человека с высшим образованием смотрят, а 50 человек нет.

На вопрос «Какое ТВ Вы используете?», 91 человек ответили, что не смотрят телевидение (хотя на прошлый вопрос таких было 100. 6 человек, из тех 9 кто ответил иначе, смотрят IP-TV, и по 1 человеку спутниковое, кабельное и эфирное ТВ.) Второе место разделили кабельное и спутниковое ТВ, 49 и 47 человек соответственно. И лишь 28 человек смотрят эфирное бесплатное телевидение, оставшиеся 15 человек пользуются новой технологией IP-TV.

Другой вопрос с несколькими вариантами ответов звучал так: «Какие программы Вы смотрите чаще всего?». В результате, 77 человек смотрят художественные фильмы, 68 – развлекательные передачи, 60 – телесериалы, 52 – новости, меньше всего смотрят 11 человек политические программы, 28 – ток шоу и столько же спортивные программы, еще 30 смотрят музыкальные каналы. Еще 8 человек смотрят мультфильмы, и программы про путешествия.

Было интересно узнать, а смотрят ли повторы телевизионных программ через сеть интернет? 164 респондента ответили положительно, из них 84 не смотрят телевизор, и оставшиеся 66 ответили отрицательно.

На вопрос «Что на Ваш взгляд должно появиться (изменится) на ТВ, чтобы аудитория начала смотреть?» можно было выбрать несколько вариантов ответов. Большинство людей, а именно 107 ответили, что отсутствие рекламы, могло изменить их отношение. 102 респондента считают, что им не хватает качественных фильмов, девятистам респондентам сериалов, и 25 респондентам научных и познавательных программ. 79 считают, что

на ТВ очень много ток-шоу, а 58 человек уверены, что некоторые программы стоит изменить. Причем 43 думают, что качество изображения очень важный фактор. Из 24 других ответов самые интересные следующие: внедрение новых технологий, интерактивность, изменение самой рекламы, так как она очень глупая, и достоверность информации.

При создании 3 мультиплекса в России, какие каналы обязательно должны присутствовать? Не удивительно, но 163 человека добавили бы в первую очередь каналы с художественными фильмами с минимумом рекламы. 80 респондентов включили в состав каналы про путешествия. От 40 до 50 человек добавили бы детские, музыкальные, спортивные и новостные телеканалы. 34 заинтересованы в местном телевидении. 27 важно качество изображения. 19 респондентов добавили бы общественно-политический канал. 4 человека религиозный.

Последний вопрос звучал так: «Какому источнику информации Вы доверяете больше всего?». 56 и 57 человек доверяют социальным сетям и новостным сайтам, телевидению доверяют лишь 13 человек, 7 человек доверяют родственникам и друзьям, и лишь один газетам. И всем источникам информации в совокупности доверяют 96 респондентов.

Результаты опроса показали, что качество изображения играет не последнюю роль в телевизионном вещании.

В указе Президента Российской Федерации от 11 августа 2014 г. № 561 «О гарантиях распространения телеканалов и радиоканалов на территории Российской Федерации» правительству РФ: необходимо обеспечить к 2021 году предоставление полос радиочастот для осуществления эфирного наземного телевизионного вещания с использованием позиций в мультиплексах. В том числе частотное планирование и проведение иных необходимых мероприятий по поэтапному переводу эфирного цифрового наземного вещания на стандарт телевидения высокой четкости (ТВЧ – HDTV) в пределах полос радиочастот, выделенных для осуществления эфирной наземной трансляции телеканалов и радиоканалов.

Так как в следующем году компания РТРС должна перейти на новый стандарт качества HDTV, далее кратко рассматривается его следующее поколение – UltraHD (телевидение сверхвысокой четкости – ТСВЧ) и возможность цифрового вещания в нем. Что же такое UltraHD, и в чем его отличие от HDTV?

ТСВЧ – разновидность телевизионных стандартов разложения, обеспечивающих чёткость изображения, многократно превышающую как телевидение стандартной, так и высокой чёткости, а также большинство современных кинематографических стандартов. Другие названия – Ultra HD (UHD) и Ultra High Definition Video (UHDTV). ТСВЧ включает в себя два цифровых стандарта – 4K UHDTV (2160p) и 8K UHDTV (4320p), предложенных «NHK

Science & Technical Research Laboratories» и принятых Международным союзом электросвязи в августе 2012 года в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р ВТ.2020 [2].

Для организации вещания в UHD качестве, можно использовать те же характеристики сигнала, что и в трансляции цифрового эфирного телевидения стандарта DVB-T2 представленные в таблице 1 [3].

ТАБЛИЦА 1. Основные параметры сигнала DVB-T2

Параметр / характеристика	Значение
Количество несущих частот	32 К
Помехоустойчивое кодирование, скорость кода	LDPC + BCH, 4/5
Модуляция	64-QAM
Величина защитного интервала OFDM	1/16
Полоса частот, МГц	8
Скорость передачи данных, Мбит/с	36,1463

Важным параметром является скорость потока, так как именно она определяет количество и качество телевизионных программ. Остальные параметры обеспечивают передачу сигнала с минимумом помех. Для передачи ТВ программ разной четкости, с учетом сжатия изображения с помощью алгоритмов H.264/AVC, требуются разные скорости цифровых потоков (табл. 2 [4]).

ТАБЛИЦА 2. Значения скорости цифровых потоков

Формат передачи	Скорость цифровых потоков, Мбит/с
Стандартная четкость	2,1 ... 2,4
ТВЧ	8 ... 12
3D	10 ... 16
ТСВЧ (4К)	24 ... 32
ТСВЧ (8К)	96 ... 128

Таким образом, для вещания 1 программы ТСВЧ 4К можно использовать алгоритм H.264/AVC. Но более лучшие результаты по сжатию ожидаются от применения кодера стандарта H.265/HEVC. Далее приводится некоторое доступное оборудование стандарта H.265/HEVC для формирования и передачи контента.

Для съемок может подойти профессиональная видеокамера CANON XF705 с поддержкой разрешения 4K UHD и нового кодека HEVC она позволяет выполнять внутреннюю запись файлов UHD HDR или создавать контент для отрасли телевидения и киноиндустрии. А передавать сигнал возможно по коаксиальному кабелю 12G-SDI на расстояние до 100 м. Затем

видеосигнал преобразуют на телестудии, и отправляют в центр формирования мультиплексов, где кодируют, например, с помощью кодера DCH-6000EC PBI. Далее с помощью трансмодулятора NDS3343CI DEXING создается мультиплекс из 4 каналов и передается на спутник. На радиотелевизионной передающей станции ресивер IRD1545 с поддержкой стандарта H.265/HEVC принимает сигнал. В рекомендациях ресивера уже подобран модулятор NetMod6420 DVB-T2. Затем сигнал поступает на цифровой передатчик (рис.).



Рис. Схема создания и передачи видео кодеком H.265

Примеры цифрового вещания в 4K качестве в России и мире. С 14 июня по 15 июля 2018 года Первый канал во время Чемпионата мира по футболу демонстрировал цифровое эфирное вещание в формате Ultra HD со спутника, по кабелю, через интернет и в тестовом режиме с Останкинской башни, также демонстрировал и «Матч ТВ», запустив телеканал «Матч Ultra HD». 1 сентября 2018 года в Узбекистане был запущен первый на территории Центральной Азии и всего постсоветского пространства круглосуточный телеканал сверхвысокой четкости 4K – Lux.TV. Во Франции в конце 2018 г. запущены 3 телеканала в UHD.

Список используемых источников

1. О Концепции развития телерадиовещания в Российской Федерации на 2008–2015 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 10 марта 2009 г. № 219. URL: http://minsvyaz.ru/common/upload/raspor_10-03-2009_219.pdf (дата обращения 20.02.2020 г.)
2. Цифровое телевизионное вещание. Везде и всегда, для всех и для каждого / Под ред. В. В. Бутенко. М. : Научно-исследовательский институт радио (НИИР), 2014. 481 с.
3. Вересов В. Д. Исследование параметров цифрового передатчика «TV-5000D» и цифрового передатчика «TOMSON»: бакалавр. работа: СПб., 2018. 116 с.
4. Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания : учеб. пособие / Под ред. М. А. Быховский. М. : Горячая линия – Телеком, 2015. 308 с.

УДК 621.391.26
ГРНТИ 47.05.17

АДАПТИВНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. Ю. Волков¹, И. Г. Шибарова²

¹АО «НПП «Радар ммс»

²Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Исследуется задача обнаружения объектов на зашумленных цифровых изображениях с использованием нескольких алгоритмов обнаружения. Основной сложностью при детектировании, в данном случае, является отсутствие полной априорной информации об объектах. В работе был использован классический детектор с интегрированием в окне, детектор с одношаговым выбором порога, для сравнения был также представлен обнаружитель с глобальным порогом. Свойства объектов определяются ограничениями по размеру и геометрии. Характеристики обнаружения получены при помощи компьютерного моделирования. Эффективность обнаружения проиллюстрирована на реальных радиолокационных изображениях.

обнаружение, адаптивная пороговая обработка, бинарное накопление, многопороговая обработка.

Задачи обнаружения, выделения, локализации и селекции объектов различной формы актуальны для радиотехнических систем (РТС). Современные РТС формируют изображения на основе полученных сигналов, что влечет за собой появление новых задач, связанных с обработкой и анализом изображений. Совершенствование уже имеющихся и разработка новых алгоритмов, методов и средств решения возникающих задач тесно связаны с развитием радиотехники.

Классическая задача обнаружения формулируется как задача проверки двух статистических гипотез: гипотезы о том, что сигнал в принятой шумовой реализации присутствует, и гипотезы об отсутствии сигнала. В реальных условиях решение задачи обнаружения осложняется множеством факторов: существенно изменяющиеся условия наблюдения, многообразие физических объектов, принимаемых за объекты интереса, наличие шума, который может содержать элементы, структурно напоминающие полезные сигналы и т. д. Все эти факторы приводят к ошибкам обнаружения и ухудшению качества обработки изображений.

В ходе работы было произведено сравнительное исследование эффективности нескольких алгоритмов обнаружения для изображения с заранее

известными размерами и геометрией, а также для реального радиолокационного изображения, сформулированы выводы по результатам работы.

Тестовое изображение содержит 49 квадратных объектов размером 16×16 пикселей (рис. 1а), которые и будем считать за объекты интереса, на фоне экспоненциального шума с отношением сигнал шум (ОСШ) равным 0,726 (рис. 1б).

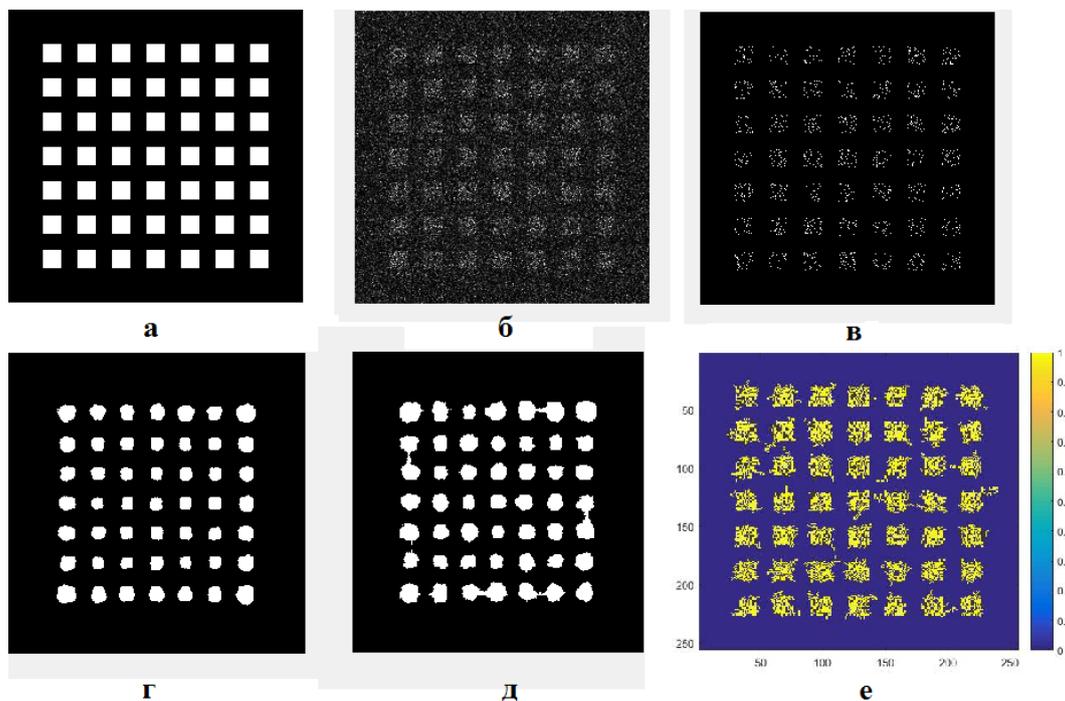


Рис. 1. Моделирование обнаружения квадратных объектов (а) на фоне экспоненциального шума (б) при помощи: глобальной пороговой обработки по методу Оцу (в), обнаружителя с бинарным накоплением (г), обнаружителя t-Detector (д) и методами многопороговой обработки (е)

Наиболее простым из представленных алгоритмов является алгоритм с глобальным порогом по методу Оцу (рис. 1в). Основная идея алгоритма заключается в том, что, если пиксели разделяются по порогу, то они должны отличаться друг от друга значениями яркости. Порог, который хорошо разграничивает классы по яркости, будет считаться наилучшим. Удобство данного алгоритма в том, что он полностью основан на вычислениях, выполняемых над гистограммой изображения, которая является легко вычисляемым массивом [1, 2]. Полученное после обработки изображение позволяет выделить все 49 объектов интереса изображения, при этом в данной реализации ложные тревоги были отсеяны практически полностью, но так как ОСШ сравнительно невелико присутствуют пропуски.

На рис. 1г продемонстрировано обнаружение знаковым обнаружителем, в котором реализован метод бинарного интегрирования [3, 4]. Обнару-

житель обладает непараметрическим свойством – он обеспечивает стабилизацию вероятности ложной тревоги (ВЛТ) при изменении вида и параметров плотности вероятности шума. При компьютерном моделировании становится очевидно, что форма объектов потеряна, но их локализация в пространстве еще возможна.

Алгоритм с адаптивным порогом t-Detector, представленный на рис. 1д, реализован при помощи окон, скользящих по изображению. Окна представляют собой сигнальную область, которая подвергается анализу и является контрольной, и помеховую (опорную), которая является обучающей [3]. Помимо основной статистики, являющейся усреднением в сигнальной области, необходимо получить еще две в помеховой: среднее арифметическое и выборочную дисперсию, а также определить пороговую константу, зависящую от объемов выборок и требуемой ВЛТ. Алгоритм t-Detector обеспечивает адаптацию по двум параметрам, а также стабилизирует ВЛТ. При обработке тестового изображения, как и в случае алгоритма с бинарным накоплением, произошла потеря формы объекта из-за сглаживания скользящим окном.

В рамках алгоритма с многопороговой обработкой (рис. 1е) происходит селекция по площади с учетом ограничений на искажения формы объектов (обработка проводится таким образом, чтобы на каждом двоичном слое число выделенных объектов было максимальным с учетом сохранения их формы, при этом каждый слой легко подвергается морфологической обработке при малых вычислительных затратах), а оптимальный порог выбирается уже по результатам ранее проведенной селекции. Основная проблема данного алгоритма состоит в том, что при низких порогах объект интереса «обрастает» шумовыми пикселями, а при высоких порогах объект «теряет» пиксели, все это приводит к искажению формы объекта, его площади и периметра [5].

Рассмотрим график эффективности обнаружения для разных алгоритмов (рис. 2).

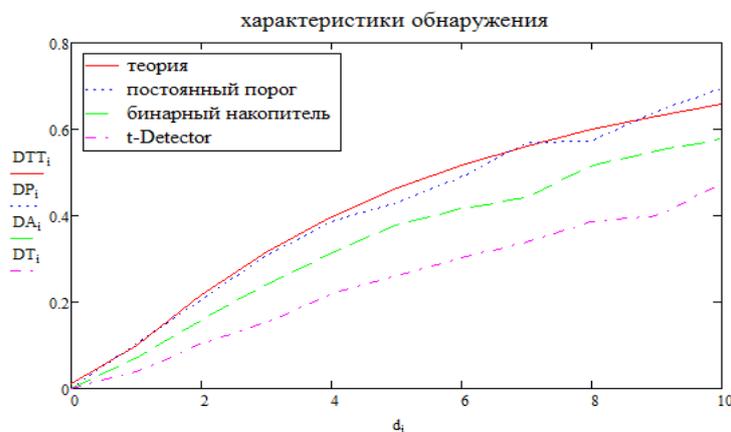


Рис. 2. График, иллюстрирующий эффективность обнаружения для разных алгоритмов обработки изображения

Для тестового изображения характеристика обнаружения с глобальным порогом практически полностью совпадает с теоретической кривой, остальные алгоритмы сильно проигрывают при обнаружении объектов заранее известной формы. Данный проигрыш является платой за адаптацию алгоритма к тем или иным условиям. Например, алгоритм *t-Detector* платит за адаптацию уменьшением вероятности правильного обнаружения примерно до 0,35–0,5 [6].

Рассмотрим работоспособность данных алгоритмов для решения задачи выделения протяженных объектов на радиолокационном изображении, представленном на рис. 3.

Результаты обработки представлены на рис. 4.



Рис. 3. Обрабатываемое радиолокационное изображение

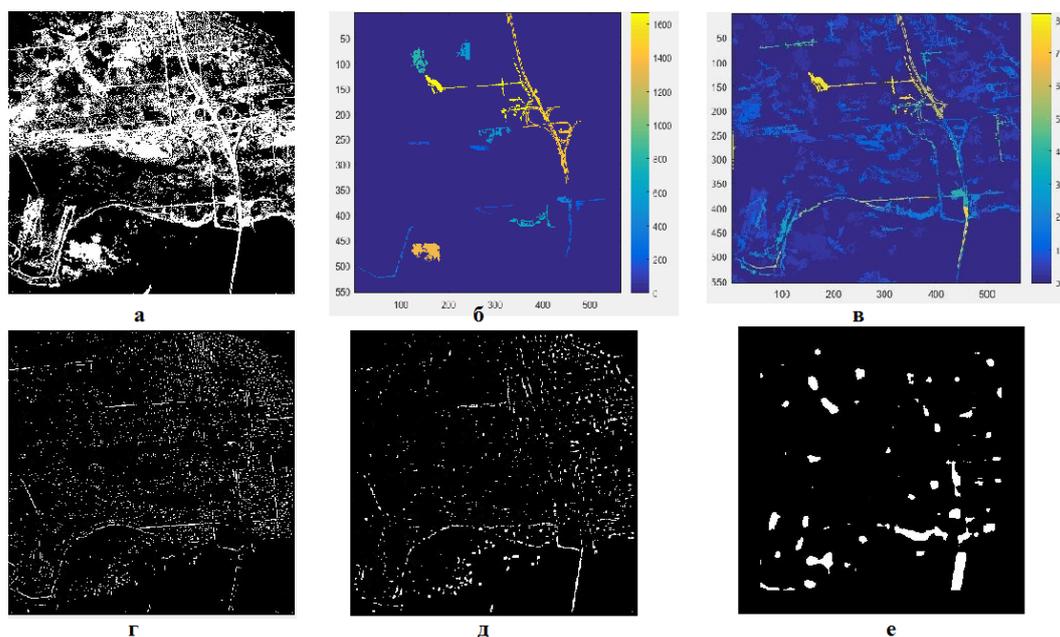


Рис. 4. Моделирование обнаружения протяженных объектов с использованием алгоритмов глобальной пороговой обработки (а), бинарного накопления (б), многопороговой обработки (в) и адаптивной пороговой обработки с использованием скользящих окон разных размеров

Результаты обработки отличны от результатов на тестовом изображении ввиду отсутствия полной априорной информации об объектах.

Краткие выводы, которые можно сделать по результатам обработки реального изображения:

- глобальный порог (рис. 4а) приводит к появлению лишних объектов на изображении и неизбежным ошибкам обнаружения;
- нестационарность и зашумленность фона при использовании бинарного накопления (рис. 4б) способствуют формированию неправильных порогов, что приводит к частичной или полной потере объектов интереса;
- использование скользящих окон (рис. 4г–4е) позволяет формировать локальные пороги для разных участков изображения, что позволяет эффективно выделять объекты интереса, но требует априорного знания размеров требуемых объектов, а неправильно подобранный размер окна приводит к потере разрешающей способности по близкорасположенным объектам;
- использование многопороговой обработки также требует априорного знания размеров объекта, но зачастую алгоритм способен самостоятельно подстраиваться в результате испытаний.

Таким образом, можно сделать вывод, что в случае обнаружения и выделения объектов известной формы наиболее эффективным можно считать алгоритм, использующий глобальный порог ввиду его вычислительной простоты и достаточно высокой вероятности обнаружения, но данный алгоритм становится практически непригодным в условиях обработки реального изображения, и ему на смену приходят более устойчивые алгоритмы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям.

Список используемых источников

1. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. 1979. Т. 9. №. 1. С. 62–66.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное. М. : Техносфера, 2012. 1104 с. ISBN 978-5-94836-331-8.
3. Волков В. Ю. Адаптивные и инвариантные алгоритмы обнаружения объектов на изображениях и их моделирование в Matlab : учеб. пособие. 2-е изд., доп. СПб. : Лань, 2014. 192 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-1656-1.
4. Клюев Н. Ф. Обнаружение импульсных сигналов с помощью накопителей дискретного действия. М. : Сов. радио, 1963. 111 с.
5. Volkov V. Y., Bogachev M. I., Markelov O. A. Multi-threshold object selection in images of remote sensing systems // Radio industry. 2019. Т. 29. С. 76–88.
6. Волков В. Ю. Адаптивные, инвариантные и робастные методы обнаружения и различения сигналов : учеб. пособие. Ч. 2. 2008. 86 с.

УДК 621.396.965.8
ГРНТИ 47.49.29

ПОДДЕРЖКА ОПЕРАТОРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКОЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ВЕРОЯТНОСТИ СРЫВОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ

А. В. Володягин, Н. В. Поваренкин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В работе рассматриваются предложения по облегчению действий операторов радиолокационных станций наблюдения за летательными аппаратами в условиях нестабильного сопровождения траекторий воздушных объектов. Описываются автоматический, автоматизированный и ручной способы выполнения допоска объектов при прекращении их автоматического сопровождения.

многофункциональная радиолокационная станция, автоматическое сопровождение, сектор обзора.

Современные радиолокаторы наземного и морского базирования, действующие в интересах освещения воздушной обстановки, представляют собой, как правило, многофункциональные комплексы с использованием пассивных или активных фазированных антенных решеток. Свойство многофункциональности позволяет в одном радиолокаторе объединять режимы обзорной станции и радара сопровождения и точного измерения координат воздушных объектов.

При реализации режимов обзора в дежурном режиме для обеспечения максимальной дальности обнаружения летательных аппаратов (ЛА) необходимо использование наиболее узкого луча диаграммы направленности (ДН) приемопередающей антенны для повышения энергетики излучаемых сигналов. Чтобы перекрыть широкий сектор объемных углов, приходится осуществлять последовательное сканирование пространства узким лучом ДН. Для обзора всей зоны действия по углам в азимутальной и угломестной плоскостях требуется достаточно большое время, поэтому в исходном состоянии (при отсутствии ранее обнаруженных ЛА и внешних координатных указаний от вышестоящих систем) целесообразно, пользуясь взаимной геометрией носителя и обнаруживаемых ЛА, осуществлять сканирование только приземного объема (рис. 1) – зоны с небольшими углами места (одна или несколько строк – в зависимости от ширины луча ДН). Это возможно

благодаря тому, что ЛА, независимо от высоты полета, появляются в зоне действия радиолокатора либо на дальности радиогоризонта (РГ), либо на дальности R_{\max} , ограниченной энергетикой радиолокационных станций (РЛС), на малых углах места.

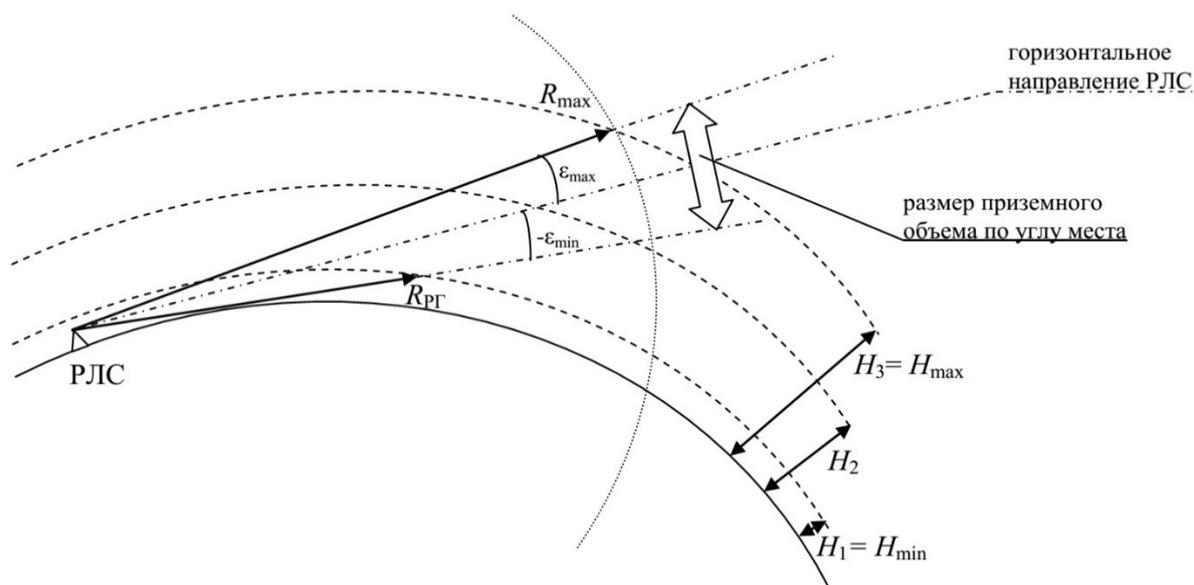


Рис. 1. Геометрия обзора воздушного пространства в угломестной плоскости

После обнаружения ЛА темп радиолокационного контакта с ним увеличивается путем принудительной установки луча в требуемые угловые положения с заданной периодичностью, он берется на автоматическое сопровождение с повышенными точностными характеристиками измерения координат [1]. Таким образом, по мере приближения ЛА и роста угла места его наблюдения, он выходит из приземного объема. Во избежание потери сопровождения луч ДН направляют в прогнозируемое положение ЛА с необходимым темпом, сохраняя заданное качество сопровождения. При этом одновременно (соблюдая приоритет работы по уже обнаруженному ЛА) обеспечивается дальнейший просмотр приземного объема.

Для работы по данным, полученным от других радиолокаторов или внешних систем, предусматриваются режимы обзора по указанию координат (кратковременный просмотр в узком угловом секторе, ширина которого зависит от точности этого указания), либо режим просмотра произвольного сектора углов [2]. Кроме того, режимы обзора с произвольными секторами сканирования может включать непосредственно оператор РЛС.

При указанных особенностях обзорного режима значительная часть временного ресурса остается свободной для решения задач сопровождения ЛА в произвольной зоне.

Комбинация этих режимов представляет собой достаточный инструментарий для обзора пространства и сопровождения ранее обнаруженных ЛА и ЛА, по которым принято координатное указание. Но при воздействии

отражений от местных предметов, в случаях маневрирования ЛА или замираний сигналов вследствие интерференции, а также при попадании в зоны слепых скоростей возможна потеря сопровождения [3]. Если при этом ЛА не находится в зоне приземного объема, для возобновления его сопровождения требуется режим допоиска в окрестности места исчезновения. Целесообразно иметь возможность как автоматической, так и ручной инициации допоиска. Преимуществом автоматической реализации является безынерционность. Достоинство ручного способа – в том, что оператор может использовать дополнительную информацию, сопоставляя характер движения ЛА, данные внешних систем, свой опыт, априорные сведения.

На первый взгляд, для восстановления сопровождения потерянного ЛА в автоматическом режиме достаточно, пользуясь данными экстраполяции, установить луч в прогнозируемую точку пространства и просканировать узкую область в окрестности этой точки – с объемом, пропорциональным ошибкам измерения координат. Однако, в реальных условиях ЛА маневрирует, делая такой метод бесполезным. Сделаем грубую оценку изменения углового положения ЛА при выполнении примитивного противорадиолокационного маневра (при использовании импульсно-доплеровской РЛС в каждом угловом положении автоматически происходит поиск во всем диапазоне дальностей, не влияя при этом на временной ресурс станции, поэтому далее речь идет лишь о поиске по угловым координатам).

Пусть в исходном положении на дальности R ЛА движется со скоростью V на РЛС с нулевым курсовым параметром. Затем он совершает маневр в горизонтальной плоскости на отворот с максимальной перегрузкой a до положения полета по орбите РЛС (изменение курса ЛА на 90°), а после этого продолжает полет по орбите. При таком полете за единицу времени угловое положение ЛА относительно РЛС меняется на максимальную величину (рис. 2, см. ниже), а также он попадает в зоны нулевого доплера, что осложняет обнаружение в помехах. На участке полета со сменой курса ЛА пролетает четверть окружности с радиусом, равным радиусу разворота r , который определяется максимально допустимым ускорением (перегрузкой), и это происходит за время t_1 :

$$r = \frac{V^2}{a}, \quad t_1 = \frac{1}{4} \frac{2\pi r}{V} = \frac{\pi V}{2a}.$$

Если затем промежуток времени t_2 ЛА пролетает с той же скоростью V , то угловое отклонение α от начального положения можно найти так:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{r + V t_2}{R - r}\right).$$

Выполняя преобразования и учитывая, что:

$$R = V t_{\text{пл}} \text{ и } t = t_1 + t_2,$$

где $t_{\text{ПЛ}}$ – подлетное время с дальности R , а t – общее время выполнения противорадиолокационного маневра, получим:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V^2/a + V(t - t_1)}{V t_{\text{ПЛ}} - V^2/a}\right) = \arctan\left(\frac{V/a + t - \pi V/2a}{t_{\text{ПЛ}} - V/a}\right) = \arctan\left(\frac{t - 0,57V/a}{t_{\text{ПЛ}} - V/a}\right).$$

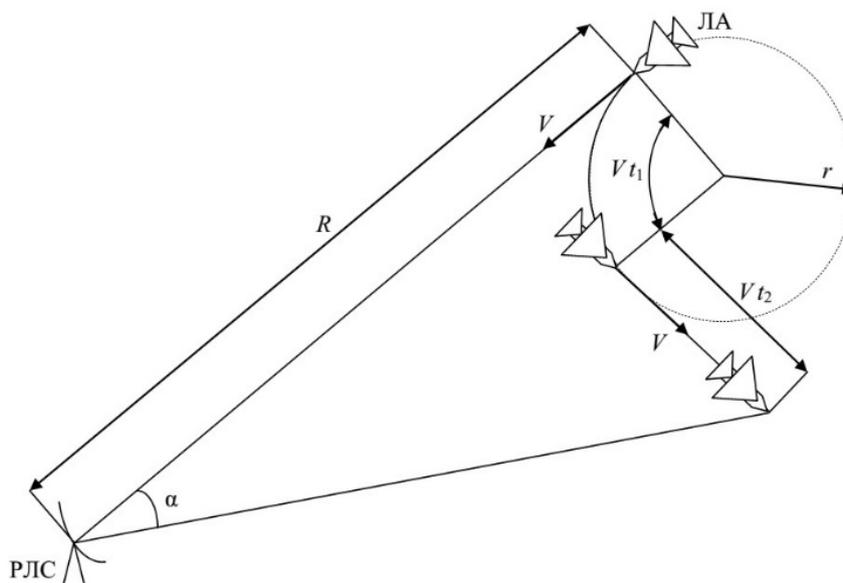


Рис. 2. Геометрия простейшего противорадиолокационного маневра

Так, например, для ЛА со скоростью 250 м/с и допустимой перегрузкой в $5g$ (50 м/с^2) за время 10 с угловое положение на дальностях 10, 20 и 40 км поменяется на $11,3^\circ$, $5,3^\circ$ и $2,6^\circ$ соответственно. Аналогичные закономерности справедливы и для угломестной плоскости. Тогда, для восстановления радиолокационных контактов с ЛА при полете на дальностях 10, 20 и 40 км необходимо устанавливать зону обзора относительно положения последнего контакта $\pm 17^\circ \times \pm 17^\circ$, $\pm 8^\circ \times \pm 8^\circ$ и $\pm 4^\circ \times \pm 4^\circ$ соответственно (знак « \pm » показывает неопределенность направления маневра). Полуторакратный запас заложен исходя из того, что вновь установленная зона сканируется не мгновенно, на завязку траектории также требуется время, при этом локатор продолжает обеспечивать и другие задачи, а за конечное время до поиска ЛА успевает пролететь дополнительное расстояние, внося прирост угловой координаты. Кроме того, стоит отметить, что здесь определен только общий подход к установке секторов до поиска в автоматическом режиме при потере ЛА. При задании логики до поиска сорванных с сопровождения ЛА необходимо учитывать специфику конкретной РЛС и особенности ожидаемых для обнаружения ЛА.

Автоматический метод до поиска сорванных с сопровождения ЛА зачастую не может быть применен. Причинами могут быть устная установка приоритетов по обслуживанию ЛА и занятость временного ресурса РЛС.

В таких ситуациях целесообразно предусмотреть автоматизированный способ, при котором на пульт РЛС выдается предложение по выполнению до поиска, требующее подтверждения оператора. Ниже (рис. 3) изображен пример поддержки оператора в принятии решения на до поиск ЛА. В данном случае на пульте РЛС по бокам от индикатора кругового обзора выводятся столбцы с номерами воздушных объектов. В случае устойчивого сопровождения объекта соответствующая ему ячейка подсвечивается зеленым цветом. При пропадании радиолокационного контакта и сопровождении ЛА по данным экстраполяции ячейка этого канала прерывисто подсвечивается желтым цветом (моргает) для привлечения внимания оператора, при этом сбоку от ячейки с номером экстраполируемой трассы ЛА выводится зона предлагаемого до поиска по пеленгу и углу места. После окончательного пропадания фактов обнаружения сигнала, отраженного объектом, и сброса его с сопровождения ячейка подсвечивается красным цветом с выводом сектора до поиска, параметры которого непрерывно пересчитываются. При принятии решения о необходимости работы по потерянному объекту оператору необходимо с помощью трекбола нажать электронную кнопку «ДПСК», в результате чего будет выполнен до поиск.

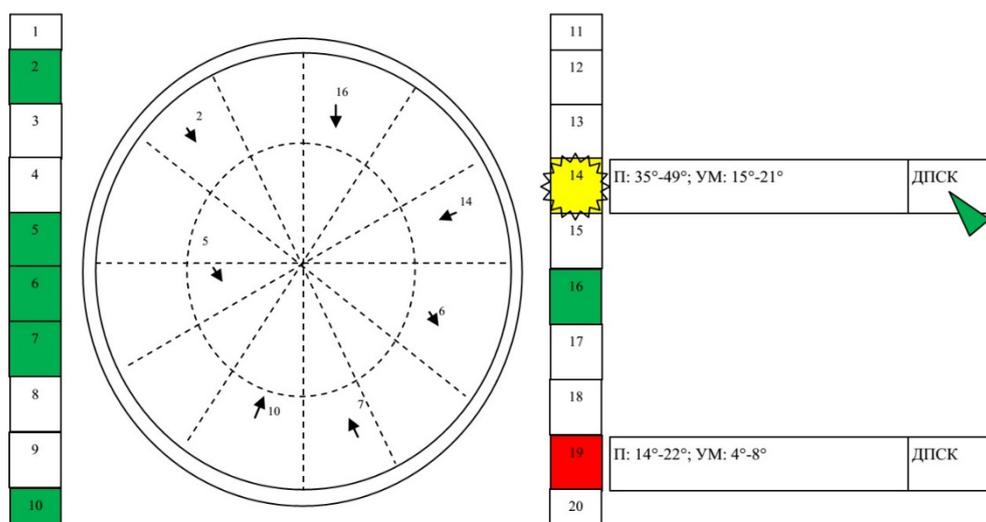


Рис. 3. Пример индикации предложений оператору о до поиске

Кроме описанной логики работы возможны ситуации, когда ЛА появляются в зоне действия РЛС вне приземного объема. Это могут быть ЛА на испытаниях после разворота над носителем на обратных галсах, палубные ЛА после взлета, собственные беспилотные ЛА и т. д. По таким объектам, как правило, существует априорная информация о грубых начальных координатах. Поэтому для выставления необходимой зоны начала их поиска необходимо предусмотреть в интерфейсе пульта РЛС некое универсальное информационное поле параметров ожидаемого объекта, предлагаемое к за-

полнению после нажатия электронной кнопки «ПЗО» (поиск заданного объекта). Поле должно содержать ячейки для ввода пеленга, угла места, дальности, высоты объекта, составляющих его скорости (тангенциальной, радиальной и вертикальной), величины его полной скорости, показателя динамичности ЛА (малоподвижный, маневренный или сверхманевренный) и т. д. При вводе минимально необходимого набора параметров (например – пеленга, дальности и высоты) должна быть рассчитана зона обзора и активироваться электронная кнопка «ВВОД», после нажатия которой режим «ПЗО» запускается, с возможностью оперативной корректировки.

Список используемых источников

1. Канащенков А. И., Меркулов В. И. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов. Т. 1: РЛС – информационная основа боевых действий многофункциональных самолетов. Системы и алгоритмы первичной обработки радиолокационных сигналов. М. : Радиотехника, 2006. 656 с.
2. Федосов Е. А. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра. М. : Дрофа, 2004. 816 с.
3. Винокуров В. И., Генкин В. А., Калениченко С. П., Киселев А. З., Щербак В. И. Морская радиолокация / Под ред. В. И. Винокурова. Л. : Судостроение, 1986. 256 с.

УДК 621.391
ГРНТИ 49.33.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДАЛЬНОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

О. В. Воробьев, Г. А. Дмитриев, В. Е. Коротин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В докладе приводятся результаты сравнительного анализа различных систем радиодоступа LPWAN в свете их применимости для организации канала связи с устройствами Интернета вещей на большой площади. Определены требования к стандарту сети радиодоступа в условиях низкой плотности терминалов и границы применимости рассматриваемых технологий. Рассмотрены основные характеристики различных систем LPWAN, их теоретический радиус зоны покрытия, а также технические решения, лежащие в основе стандартов и позволяющие их применение в исследуемых сценариях.

LPWAN, IoT, интернет вещей, сети с низкой плотностью.

С развитием беспроводных технологий возникает задача беспроводной связи с небольшим количеством сенсоров или актуаторов, размещенных на большой площади. Такой сценарий появляется, например, в сельском хозяйстве, лесничестве и смежных отраслях. В связи с этим ставится следующая задача для исследования: рассмотреть существующие технологии, провести сравнительный анализ и определить их применимость для организации канала связи с устройствами Интернета вещей на большой площади.

В настоящее время большинство беспроводных технологий не отвечают требованиям IoT, в частности в части дальности связи или срока службы аккумулятора. Чтобы добиться выполнения этих требований, необходимо учитывать скорость передачи данных, потребление энергии и дальность связи, а для достижения низкого энергопотребления требуется жертвовать скоростью передачи данных. На рис. 1 представлено сравнение различных беспроводных технологий по этим параметрам.



Рис. 1. Сравнение беспроводных технологий

Движущей силой LPWAN сейчас являются мобильные технологии, которые, очевидно, находятся вне конкуренции с точки зрения обеспечения покрытия и масштабируемости хорошо управляемой инфраструктуры. Согласно исследованию Ericsson Mobility Report, покрытие GSM составляет 90 % населенной территории планеты, сети WCDMA и LTE 65 и 40% соответственно при активно продолжающемся строительстве сетей. Шаги, принятые в рамках развития стандартов мобильной связи, в частности спецификации 3GPP Release 13 и 14 направлены как раз на достижение целевых для IoT показателей при сохранении преимуществ использования глобальной экосистемы [1].

Самыми многообещающими технологиями LPWAN, в плане простоты развертывания, переиспользования имеющейся инфраструктуры, энергоэффективности терминалов и дальности связи являются EC-GPRS (*Extended Coverage GPRS, Release 13 GSM*) и LTE Cat-NB (*Narrowband, Release 13 LTE*). Они схожи по своим характеристикам, бюджет потерь обеих технологий составляет 164 дБ, обе технологии используют e-DRX (*Extended*

Discontinuous Reception, снижение периодичности обязательных сигнальных сообщений, оптимизация интервалов приема и получения информации), обе технологии упрощают сетевую сигнализацию по сравнению с классическими сетями связи GSM и LTE [2].

Сети EC-GPRS являются расширением технологии GSM и могут работать в диапазонах частот 900/1800 МГц (в Европе и Азии). В технологии NB-IoT используют полосу шириной 180 кГц, что эквивалентно одному ресурсному блоку в LTE. Исходя из этого, возможны следующие варианты работы (рис. 2) [3]:

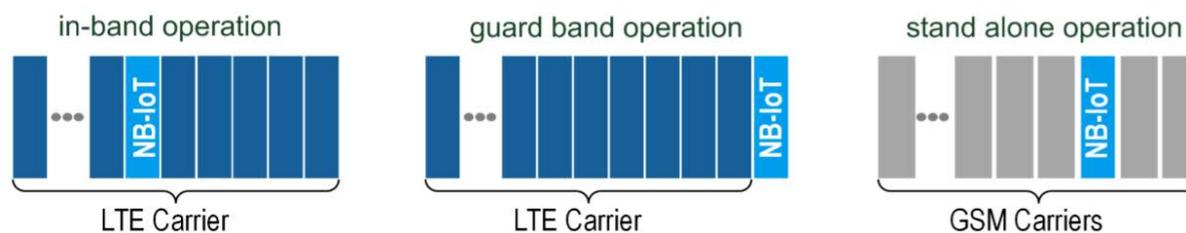


Рис. 2. Режимы работы NB-IoT

Иными словами, NB-IoT может быть развернут как в полосе частот LTE, так и занимать защитный интервал LTE или занимать один канал GSM. Изначальный Release 13 регламентировал 14 диапазонов частот в диапазонах от 699 до 2200 МГц. Release 14 и 15 добавили еще 11 диапазонов, снизив возможную используемую частоту до 450 МГц [4, 5].

Рассчитаем теоретический максимум радиуса покрытия сот EC-GPRS и LTE Cat-NB, используя эмпирическую модель распространения радиоволн. Выберем модель Эрикссона 9999, поскольку она применима в диапазоне частот от 150 до 1500 МГц [6]. Расчетная формула такова:

$$PL [dB] = a_0 + a_1 \cdot \log_{10}(d) + a_2 \cdot \log_{10}(h_b) + a_3 \cdot \log_{10}(h_b) \cdot \log_{10}(d) - 3,2(\log_{10}(11,75h_m))^2 + g(f),$$

$$g(f) = 44,49 \log_{10}(f) - 4,78(\log_{10}(f))^2,$$

где d – расстояние от БС до терминала в км, h_b – высота подвеса антенны БС (30–200 м), h_m – высота терминала (1–10 м), f – частота в МГц, a_i – коэффициенты, для сельской местности принимающие значения, указанные в таблице 1:

ТАБЛИЦА 1. Коэффициенты модели Ericsson 9999 для сельской местности

Коэффициент	a_0	a_1	a_2	a_3
Значение	45,95	100,6	–12,0	0,1

Примем допустимое затухание на трассе в 164 дБ, как максимально допустимое по стандартам EC-GPRS и LTE-NB, $h_b = 50$ м, $h_m = 1$ м. Результаты расчетов приведены в таблице 2:

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчета теоретический максимума покрытия

Технология	EC-GPRS	NB-IoT
Частота, МГц	900	450
Теоретический максимум покрытия, км	3,31	3,74

Рассчитаем радиус покрытия в зависимости от высоты подвеса антенны БС в диапазоне 50–200 м. Данные приведены на рис. 3:

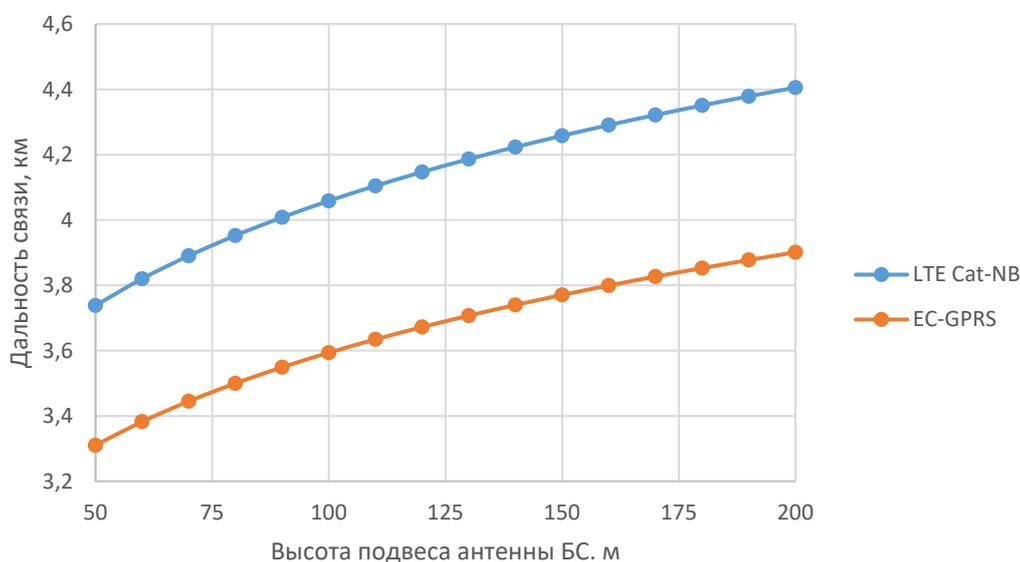


Рис. 3. Зависимость дальности связи от высоты подвеса антенны БС

Таким образом, среди беспроводных технологий для покрытия большой площади с терминалами с автономным питанием подходят сети класса LPWAN. Среди существующих технологий выделяются технологии, стандартизованные 3GPP, в частности, NB-IoT (LTE Cat-NB) и EC-EGPRS. EC-EGPRS и NB-IoT схожи по характеристикам, однако NB-IoT выигрывает по дальности связи при прочих равных условиях и использовании самого низкочастотного диапазона из возможных.

Список используемых источников

1. Сетевые технологии Интернета вещей / Блог компании Ericsson [Электронный ресурс] // Хабр [2016]. URL: https://habr.com/ru/company/ericsson_ru/blog/301494/
2. A Little dB'll Do Ya. A Survey of Low Power Wide Area Network (LPWAN) RF Technologies – Keysight Technologies. URL: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-2368EN.pdf?id=2890897>

3. Narrowband Internet of Things Rohde&Schwarz Whitepaper. URL: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma266/1MA266_0e_NB_IoT.pdf

4. 3GPP TS 36.101 V14.0.0, July 2016; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception.

5. 3GPP TS 36.101 V16.4.0, January 2020; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception.

6. ECC PT1 #41 3.4-3.8 GHz band propagation models, Electronic Communications Committee, 2012.

УДК 621.391
ГРНТИ 49.33.31

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ СЦЕНАРИЕВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 5G NR

О. В. Воробьев, А. М. Ислангириева

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрены сценарии использования сетей 5G. Проведены расчеты теоретической пропускной способности восходящей и нисходящей линий связи для каждого сценария. Для расчета используется формула, описанная в 3GPP TS 38.306, 38.101-1. Формула используется вместе с параметрами физического уровня 5G NR и другими параметрами системы, соответствующими описанным сценариям. Рассмотрено изменение значений пропускной способности при изменении одного и того же параметра в каждом сценарии использования 5G NR. Приведены графики зависимости пропускной способности от изменяемых параметров.

5G, 5G NR, сценарии использования сетей 5G.

5G NR – стандарт, описывающий возможность развертывания технологий 5G-сетей на уже существующих базовых станциях LTE.

Рекомендация 3GPP TR 38.913 определяет следующие ключевые показатели сетей 5G:

– пиковая скорость передачи данных на линии вниз 20 Гбит/с (спектральная эффективность 30 бит/с/Гц);

– пиковая скорость передачи данных на линии вверх 10 Гбит/с (спектральная эффективность 15 бит/с/Гц);

– минимальная задержка в подсистеме радиодоступа для сервисов URLLC – 0,5 мс, для сервисов eMBB – 4 мс [1].

Сценарии использования сетей 5G.

Согласно ИМТ-2020 существует три базовых сценария использования мобильной связи 5G:

– Усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB) – усовершенствованная широкополосная связь в помещениях и вне помещений, VR/AR, концепция «умной среды». Скорость внутри помещений может достигать 1 Гбит/с, а на улице – до 300 Мбит/с.

– Интенсивный межмашинный обмен (mMTC IoT, отслеживание материальных активов, удаленное наблюдение, датчики (сельское хозяйство, ЖКХ и пр.).

– Сверхнадежная передача данных с жесткими требованиями к задержке (URLLC) – автономные транспортные средства, «умные» электросети, дистанционное наблюдение за пациентами, промышленная автоматизация [2].

Для 5G NR скорость передачи данных рассчитывается следующим образом:

$$data\ rate\ (Mbps) = 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^J \left(v_{layers}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot R_{max} \cdot \frac{N_{PRB}^{BW(j),\mu} \cdot 12}{T_s^\mu} \cdot (1 - OH^{(j)}) \right),$$

где J – поддерживаемое количество агрегированных несущих; $v_{Layers}^{(j)}$ – максимальное количество потоков MIMO, согласно 3GPP 38.802: максимум 8 в DL, максимум 4 в UL; $Q_m^{(j)}$ – порядок модуляции (QPSK-2, 16QAM-4, 64QAM-6, 256QAM-8); $f^{(j)}$ – коэффициент масштабирования, обозначает степень использования несущей (1, 0.8, 0.75, 0.4); $R_{max} = 948/1024$; N_{PRB}^{BW} – максимальное количество PRB для выбранной полосы частот $BW(j)$, выбранной частоты и конфигурации несущей μ ; T_s^μ – средняя длительность OFDM-символа с нормальным циклическим префиксом;

$$T_s^\mu = \frac{10^{-3}}{14 \cdot 2^\mu},$$

где μ – номер категории конфигурации поднесущих (3GPP 38.211); OH – доля служебных данных в общем потоке:

- [0,14], для диапазона частот FR1 для DE,
- [0,08], для диапазона частот FR1 для UL [3].

Анализ зависимости пропускной способности от параметров сценариев использования 5G NR.

В процессе анализа зависимости пропускной способности от параметров сценариев использования 5G NR было проведено три расчета, в которых менялось значение одного и того же параметра в каждом сценарии.

1. Увеличение коэффициента масштабирования.

Для расчета были взяты параметры системы, соответствующими описанным сценариям.

Сценарий I (eMBB):

1. $J = 1$,
2. $Q_m = 8$,
3. $f^{(j)}$ – изменяемый параметр,
4. $N_{PRB}^{BW} = 275$,
5. $\mu = 1$.

Сценарий II (mMTC):

1. $J = 2$,
2. $Q_m = 2$,
3. $f^{(j)}$ – изменяемый параметр,
4. $N_{PRB}^{BW} = 275$,
5. $\mu = 0$.

Сценарий III (URLLC):

1. $J = 2$,
2. $Q_m = 4$,
3. $f^{(j)}$ – изменяемый параметр,
4. $N_{PRB}^{BW} = 275$,
5. $\mu = 3$.

Результаты расчетов пропускной способности каналов для разных сценариев 5G NR представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Результаты расчета пропускной способности 5G NR

$f^{(j)}$		0,4	0,75	0,8	1
Сценарий I	DL	1,9	3,5	3,8	4,7
	UL	1	1,9	2	2,5
Сценарий II	DL	7,5	14	15	18,8
	UL	4	7,6	8	10
Сценарий III	DL	0,5	0,9	0,94	1,2
	UL	0,25	0,47	0,5	0,6

Графики зависимости пропускной способности от коэффициента масштабирования приведены на рис. 1 (см. ниже).

Из графиков видно, что для разных сценариев значения пропускной способности с изменением коэффициента масштабирования увеличиваются почти в 2 раза.

2. Увеличение максимального количества выделенных физических ресурсных блоков при максимальном значении коэффициента масштабирования.

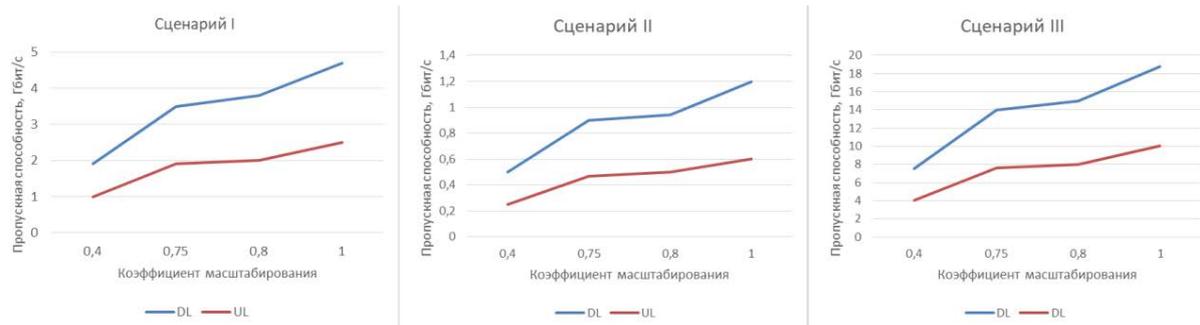


Рис. 1. Зависимость пропускной способности от коэффициента масштабирования

Для последующих расчетов были взяты те же параметры системы. В качестве изменяемых параметров выбраны:

1. N_{PRB}^{BW} , количество выделенных физических ресурсных блоков (от 24 до 275),

2. $f^{(j)} = 1$ и 0,4

Результаты расчетов пропускной способности каналов при увеличении максимального количества выделенных физических ресурсных блоков представлены в таблицах 2 и 3 (см. ниже). Графики зависимости пропускной способности от количества выделенных физических ресурсных блоков, при $f^{(j)} = 1$ и $f^{(j)} = 0,4$ приведены на рис. 2 и 3 (см. ниже) соответственно.

ТАБЛИЦА 2. Результаты расчета пропускной способности 5G NR

N_{PRB}^{BW}		24	50	125	200	275
Сценарий I	DL	0,4	0,85	2,1	3,4	4,7
	UL	0,2	0,45	1,1	1,8	2,5
Сценарий II	DL	0,1	0,2	0,5	0,85	1,2
	UL	0,05	0,1	0,3	0,5	0,6
Сценарий III	DL	1,6	3,4	8,6	13,7	18,8
	UL	0,9	1,8	4,6	7,3	10

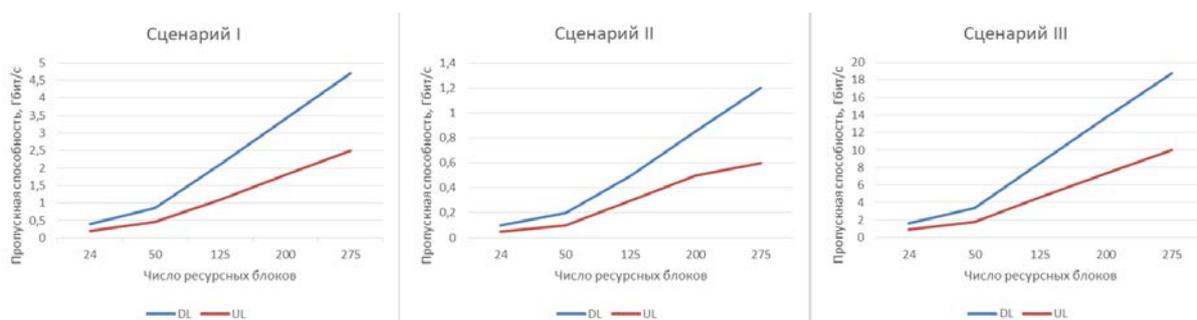


Рис. 2. Зависимость пропускной способности от количества выделенных физических ресурсных блоков, при $f^{(j)} = 1$

Из графиков видно, что с увеличением количества выделенных физических ресурсных блоков при $f^{(j)} = 1$ значения пропускной способности для каждого сценария увеличиваются в 10 раз.

3. Увеличение максимального количества выделенных физических ресурсных блоков при минимальном значении коэффициента масштабирования.

ТАБЛИЦА 3. Результаты расчета пропускной способности 5G NR

N_{PRB}^{BW}		24	50	125	200	275
Сценарий I	DL	0,16	0,34	0,85	1,36	1,9
	UL	0,08	0,18	0,5	0,73	1
Сценарий II	DL	0,04	0,08	0,2	0,34	0,47
	UL	0,02	0,046	0,1	0,18	0,25
Сценарий III	DL	0,66	1,4	3,4	5,5	7,5
	UL	0,35	0,73	1,8	2,9	4

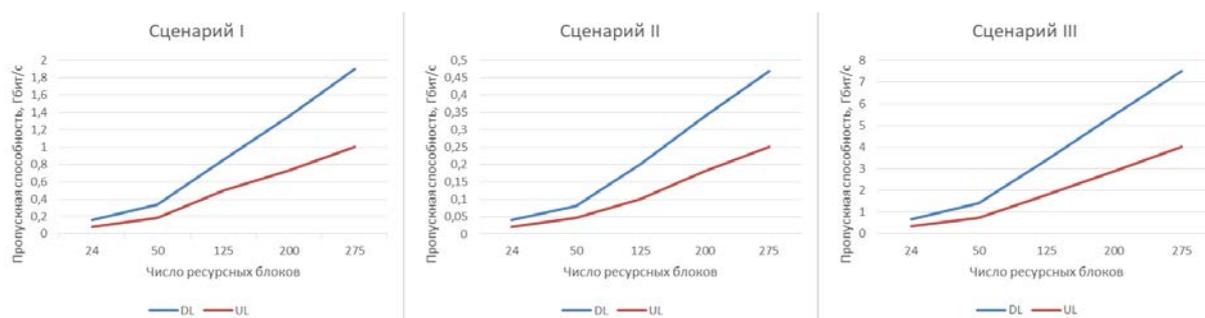


Рис. 3. Зависимость пропускной способности от количества выделенных физических ресурсных блоков, при $f^{(j)} = 0,4$

Из графиков видно, что изменение количества выделенных физических ресурсных блоков до максимального значения при $f^{(j)} = 0,4$ так же ведет к увеличению значений пропускной способности для разных сценариев почти в 10 раз.

Анализ проведенных расчетов зависимости пропускной способности от изменяемых параметров системы, соответствующим описанным сценариям, показывает, что уменьшение количества выделенных физических ресурсных блоков допускает увеличение степени использования несущей без потери пропускной способности. Так же при варьировании данных параметров возникает возможность поддержания одного уровня пропускной способности в разных сценариях использования сети 5G. В дальнейшем имеет смысл рассмотреть вопрос одновременного использования сценариев на сети 5G.

Список используемых источников

1. 3GPP TR 38.913 version 14.2.0 Release 14. 5G; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies.
2. ITU-R, “Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)”, Nov. 2017.
3. 3GPP TS 38.211 version 15.2.0 Release 15. 5G; NR; Physical channels and modulation.

УДК 621.397
ГРНТИ 49.45.37

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ПОДВОДНЫХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

О. В. Головинов¹, Н. В. Понамарев²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
²СКБ «Энергия»

В данной статье рассматриваются различные подходы к построению современных подводных систем видеонаблюдения на примере систем, информация о которых находится в открытом доступе. В список рассматриваемых систем входят системы, как зарубежных, так и отечественных компаний, занимающихся выпуском аппаратуры для подводного видеонаблюдения. Оцениваются преимущества и недостатки конкретных решений.

ТВ камера, подводное видеонаблюдение.

Освоение морских глубин началось давно, и по сей день ведется их активное изучение. Для этого используются, в том числе, системы глубоководного видеонаблюдения, которые устанавливаются на обитаемые батискафы и глубоководные роботы.

Одной из важнейших частей любой системы видеонаблюдения являются ТВ камеры. Это в полной мере справедливо и для подводных систем видеонаблюдения. В подобных системах от качества ТВ камеры зависит очень многое [1], и поэтому ей уделено основное внимание.

Перечень компаний, предлагающих свою продукцию невелик, а большая часть подводных ТВ камер, представленных на рынке не способна погружаться на глубину более 500 метров. Отечественный производитель на этом рынке практически не представлен.

Hikvision, производитель решений для сетевого видеонаблюдения, запускает новые модели IP-камер (рис. 1), предназначенных для работы под водой [2]. Предполагается, что она будет использоваться вместе со стандартными устройствами регистрации из линейки Hikvision. Основные параметры ТВ камер приведены в таблице 1.



Рис. 1. Камера DS-2XC6225G0-L

Данная подводная ТВ камера – попытка китайской компании прощупать рынок систем подводного видеонаблюдения. Исходя из внешнего вида корпуса данной ТВ камеры можно предположить, что камера способна погружаться на большую глубину, чем заявлено. Можно предположить, что при появлении спроса на данную камеру в глубоководном исполнении, Hikvision потребуется лишь провести необходимые испытания. В зависимости от результатов продаж данной ТВ камеры, можно будет судить, станет ли данная компания развивать данное направление. Если спрос будет соответствовать ожиданиям, то в скором времени можно ожидать новые ТВ камеры в данной линейке.

Норвежская Kongsberg Maritime, занимающаяся производством различной морской техники от корабельных кранов до подводных беспилотных аппаратов, предлагает глубоководную стереоскопическую мультиматную 3D-камеру Maritime OE 14-530 (рис. 2). Данная ТВ камера предназначена для управления глубоководным роботом, с её помощью оператор сможет видеть и управлять всеми имеющимися манипуляторами установки с 3D-обзором, что обеспечивает большую точность, более точное позиционирование, снижает риск аварийности и затраты времени [3].

Глубоководные ТВ системы не являются основным направлением данной компании. MacArtney Underwater Technology изготавливает различное подводное оборудование как для научных, так и для промышленных целей. Системы подводного видеонаблюдения MacArtney представлены подводными камерами (рис. 3) и осветителями.



Рис. 2. Камера Maritime OE 14-530



Рис. 3. Камера LUXUS Low Light Camera

ТАБЛИЦА. Основные характеристики камер

Название камеры	DS-2XC6225G0-L	Maritime OE 14-530	LUXUS Low Light Camera	Wide-i SeaCam WSC-4060	IP Apex SeaCam IPASC-4070	ПВК-IP-HD-1000	ПВК2-ВП	«Мольва»
Тип матрицы	КМОП 2.0 Мп	ПЗС	ПЗС	ПЗС	КМОП 8.9 Мп	КМОП	ПЗС	КМОП
Формат данных	H.265, H.264, MJPEG	PAL или NTSC	PAL или NTSC	PAL или NTSC	H.264, H.265, MJPEG	H.264	PAL	H.264, MJPEG
Разрешение	1920×1080 p	1080i	530 ТВЛ	450 ТВЛ	3840×2160 p	1280×720p	700 ТВЛ	1080 p
Угол обзора	127,6×77/ 103×58,5/ 82×46°	67×41°	8–84° по горизонтали	125×89°	72×44~3,2×1,8°	не указан	54°, 70° или 80° по горизонтали	6,9~58° по горизонтали
Фокусное расстояние	2,0/2,8/4,0 мм	не указано	не указано	не указано	3,9~46,8 мм	не указано	не указано	3,2~33,6мм
Оптический зум	отсутствует	отсутствует	10x	отсутствует	12x	10x	отсутствует	10x
Максимальная глубина погружения	до 50 м	до 3000 м	до 4000 м	до 6000 м	до 4000 м	до 1000 м	до 500 м	до 500 м

Глубоководное видеонаблюдение – основное направление Deep Sea, и как следствие перечень глубоководных ТВ камер, поставляемых данной компанией очень велик. Помимо большого количества цифровых и аналоговых ТВ камер (рис. 4) компания предлагает подсветку, устройства питания, программное обеспечение и прочие сопутствующие изделия, в том числе лазеры для наведения или измерения расстояния. Deep Sea Power & Light предлагают ТВ камеры в титановом корпусе, способные погружаться на глубину до 6 км.



Рис. 4. Камеры Wide-i SeaCam® WSC-4060 и IP Apex™ SeaCam® IPASC-4070

Стоит отметить, что многие иностранные компании, работающие в сфере глубоководных исследований, не могут поставлять продукцию в Россию под угрозой санкций.

Кроме зарубежных, на рынке присутствует несколько отечественных компаний, предлагающие глубоководные ТВ камеры.

ООО «Морские Программные Комплексы и Технологии» (ООО «МПКиТ»).

ТВ камеры (рис. 5), производимые МПКиТ хоть и позиционируются как глубоководные, но основное их применение – осмотр скважин, а глубина погружения не превышает 1000м, что в разы меньше того, что предлагают зарубежные производители. Кроме камер МПКиТ предлагает подводное освещение.



Рис. 5. Камера ПВК-IP-HD-1000 и ПВК2-ВП

«Авиационная и морская электроника» предприятие, занимающиеся морской автоматикой, предлагает глубоководный оптико-электронный модуль «Мольва» (рис. 6) на основе камеры высокого разрешения.

Стоит отметить, что в обзоре рассматривались лишь те камеры, которые представлены на рынке.

Рынок систем видеонаблюдения достаточно консервативен, а рынок подводных систем еще более консервативен. Это явно видно, исходя из того, что на рынке до сих пор представлены аналоговые ТВ камеры с низким разрешением. Однако, не смотря на консервативность, даже на этом рынке можно найти ТВ камеру с разрешением 4К, что позволяет предположить, что основное развитие рынка будет направлено на повышение разрешающей способности ТВ камер.

Другим вектором развития рынка может быть увеличение рабочей глубины ТВ камер, т. к. лишь половина камер, рассмотренных в статье, может погружаться более чем на 1000 м.



Рис. 6. Оптико-электронный модуль «Мольва»

Список используемых источников

1. Мартынов В. Л., Сударчиков В. А., Вашпанов А. Н. Подводное телевидение для морской робототехники // Точно в цель. 2007. № 1. С. 28–31.
2. Подводные камеры для обеспечения четких изображений даже глубоко под водой. Обзор камеры DS-2XC6225G0-L. URL: <https://hikvision.org.ua/ru/news/podvodnye-kamery-dlya-obespecheniya-chetkih-izobrazheniy-dazhe-gluboko-pod-vodoy-0> (дата обращения 20.01.2020).
3. Kongsberg Maritime OE14-530, 3D-камера для 3000-м глубин. URL: <https://total3d.ru/photo-video/114842/> (дата обращения 20.01.2020).

Статья представлена доцентом кафедры ТВиМ СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом О. В. Украинским.

УДК 621.396.9
ГРНТИ 49.33.29

РАЗВИТИЕ УСЛУГ НА ЭТАПЕ ПЕРЕХОДА К СЕТЯМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ 5-ГО ПОКОЛЕНИЯ

А. А. Голубева, А. Е. Рыжков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Обсуждается развитие сетей LTE в направлении повышения скоростей передачи информации. Представлены данные о развёртывании сетей общественно безопасности

на основе стандарта LTE. Рассмотрены тенденции в развитии Интернета вещей с использованием технологий LTE-M, NB-IoT и сетей NR. Приведены численные оценки пропускной способности этих сетей.

LTE, NR, общественная безопасность, Интернет вещей, пропускная способность.

Современный этап состояния сетей мобильной связи характеризует продолжающееся расширение сетей 4-го поколения (LTE) и появление новых по структуре и управлению сетей 5-го поколения (*New Radio*). Разработчики стандарта LTE и производители аппаратуры всё более увеличивают возможности абонентов в получении высокоскоростного трафика. В 2019 г. был специфицирован класс *F* агрегации частотных полос, что позволяет расширить суммарную полосу принимаемых абонентской станцией сигналов до 100 МГц [1]. Быстро растёт выпуск абонентской аппаратуры (смартфонов) категорий передачи вниз от 16 и выше. В таблице 1 представлены данные GSA на сентябрь 2019 г. [2].

ТАБЛИЦА 1. Выпуск мобильных станций LTE категорий передачи вниз 16 и выше

Категория UE вниз	Макс. скорость вниз, Гбит/с	Число образцов
16	1,05	66
18	1,2	91
19	1,6	6
20	2,0	22
21	1,4	17

В таблице 2 приведены сведения на декабрь 2019 г. об операторах, реализующих в сетях LTE передачу данных вниз со скоростями более 1 Гбит/с [3].

ТАБЛИЦА 2. Операторы, реализующие в сетях LTE скорости более 1 Гбит/с

Оператор	Страна	Макс. скорость вниз, Гбит/с
MegaFon	Россия	1,6
KDDI	Япония	1,2
SK Telecom	Ю.Корея	1,2
Swisscom	Швейцария	1,2
Telus	Канада	1,2
Turkcell	Турция	1,2
KT	Ю.Корея	1,167
China Unicom	Китай	1,156

Оператор	Страна	Макс. скорость вниз, Гбит/с
Bell Mobility	Канада	1,15
Hong Kong Singtel	Китай	1,1

Знаковым событием стало развёртывание с 2017 г. в США первой сети общественной безопасности FirstNet. Сеть работает в диапазоне 700 МГц (14 диапазон LTE) и обслуживает сотрудников «оперативного реагирования»: полицейских, пожарных, работников скорой помощи, соединения с которыми имеют высший приоритет и не могут быть прерваны. При разработке сетей FirstNet были определены требования к пропускной способности сети для различных пользователей. Типовой вариант представлен в таблице 3 [4].

ТАБЛИЦА 3. Требования к пропускной способности для разных профилей пользователей

	Исходные данные для расчётов		Средняя скорость передачи данных (кбит/с)	
			вниз	вверх
1	Кол-во противопожарных устройств и транспортных средств	20	2,37	1,81
2	Кол-во тактических камер и датчиков	12	60	386
3	Количество устройств и транспортных средств скорой помощи	154	19,39	9,99
4	Количество устройств и транспортных средств полицейской службы	484	69,25	50,65
5	Количество устройств коммунальных, муниципальных, государственных служб и транспортных средств	1320	19,1	39,7
	Всего:		110,2	102,55
6	Естественный рост количества устройств (за год), %	3	4,19	3,9
7	Рост спроса от новых приложений, %	5	7,66	7,13
8	Рассматриваемая площадь (кв. км)	630		
9	Радиус соты (км)	2	Средняя скорость передачи данных на сектор (кбит/с)	
10	Количество секторов в соте	3		
	Площадь, обслуживаемая одним сектором (кв. км)	4,2	811	755

В сети предусмотрена передача видео, включая оперативное видео, данных мониторинга транспорта и основных показателей жизнедеятельности, SMS, MMS, электронной почты и, разумеется, телефонии. При планировании ТФ трафика в сети LTE следует исходить из того, что каналный

ресурс выделяют в виде ресурсных блоков (РБ) и минимальный ресурс (1 РБ) составляет 168 символов. В зависимости от состояния радиоканала на один ТФ канал в кадре длиной 10 мс может быть выделено от одного РБ (передача с модуляцией 16-QAM) до 4 РБ (передача с модуляцией 4-QM). Применять модуляцию 64-QAM для передачи ТФ в LTE нецелесообразно ввиду неэффективного использования канального ресурса и ограничений по дальности связи из-за высоких требований к отношению сигнал/помеха.

Вторая тенденция развития услуг состоит во взрывном росте мобильных сетей Интернета вещей и объемов передаваемой по этим сетям информации. При этом появились *частные сети* 4-го и 5-го поколений и происходит быстрое увеличение их числа. Частные сети обеспечивают:

- безопасность данных и систем управления,
- хороший доступ к услугам, в том числе в местах, где трудно организовать доступ из общественных сетей,
- гибкость сети, лёгкость перемещения узлов сети,
- повышение качества услуг, включая настройку сети для обеспечения специфических параметров, установленных заказчиком,
- потенциальную возможность подключения к общественным сетям.

По оценке фирмы Nokia сейчас есть запросы на организацию более 15 миллионов сайтов частных сетей (табл. 4) [5].

ТАБЛИЦА 4. Потенциальные запросы на развёртывание сайтов частных сетей

Организации и производства	Число сайтов
Транспортные узлы и порты	50000
Военные базы	10000
Склады	3300000
Производство (промышленность)	10710000
Нефть и газ	8000
Водоснабжение	140000
Добыча ископаемых, в т. ч. шахты	54000
Больницы и лаборатории	54000
ВСЕГО	14582600

При построении беспроводных сетей Интернета вещей всё большее место занимают сети стандартов LTE-M и NB-IoT. Данные GSA о развитии этих сетей на сентябрь 2019 г. приведены в таблице 5 [6].

ТАБЛИЦА 5. Состояние сетей LTE-M и NB-IoT на сентябрь 2019 г.

Число операторов LTE	LTE-M	NB-IoT
Инвестирующих в сети	65	153
Запустивших сети	41	101
Планирующих ввод сетей	13	29
Проводящих испытания сетей	11	23

В [7] при анализе технологии NB-IoT был предложен метод оценки пропускной способности сетей Интернета вещей, основанный на определении числа передаваемых сообщений (пакетов) в секунду. Для определения средней длины пакетов (математического ожидания $M[x]$) использована статистика трафика в Интернете, основанная на распределении Парето с ограничениями.

В таблице 6 представлены результаты расчётов числа передаваемых пакетов в секунду вверх при следующих параметрах: I_{MCS} – номер используемой модуляционно-кодирующей схемы, ρ – загрузка канала, N_{mes} , N_{mes2} , N_{mes4} – число передаваемых пакетов при единичной передаче сообщения, одном повторе и 3-х повторах сообщения.

ТАБЛИЦА 6. Пропускная способность вверх сети NB-IoT

$M[x]$, байт	41			21			14		
I_{MCS}	10	7	5	11	6	2	8	4	0
$\rho=0,5$									
N_{mes}	213	142	106	425	213	106	425	213	85
N_{mes2}	106	71	53	213	106	53	213	106	43
N_{mes4}	53	35	27	106	53	27	106	53	21
$\rho=0,7$									
N_{mes}	298	198	149	595	298	149	595	298	119
N_{mes2}	149	99	74	298	149	74	298	149	60
N_{mes4}	74	50	37	149	74	37	149	74	30

В сетях 5-го поколения появляется возможность реализации услуг класса URLLC (*Ultra-reliable low latency communication*). Это связано с выделением канального ресурса в сетях NR на слот и возможностью передавать сообщения в течение короткого времени: одного или двух OFDM-символов. Структура ресурсных блоков при такой передаче показана на рис., где залиты ресурсные элементы для размещения опорных сигналов демодуляции DM-RS [8].

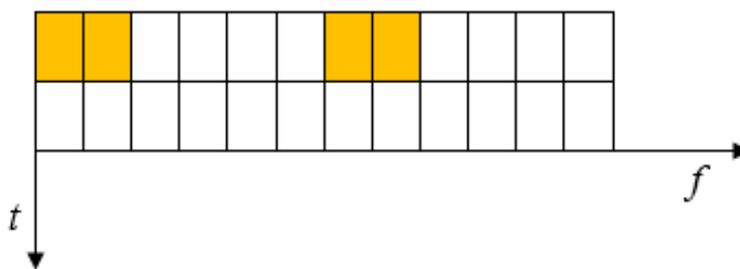


Рис. Вариант выделения канального ресурса в NR

Результаты расчёта пропускной способности при передаче вверх сообщений длиной в 1 байт в одном OFDM-символе приведены в таблице 7. Число размещаемых в рабочей полосе сообщений определяет возможное количество повторов передачи информации, что является основным способом повышения надёжности функционирования сетей Интернета вещей.

ТАБЛИЦА 7. Пропускная способность вверх (вариант URLLC)

Индекс MCS	Модуляция	R _{кода}	Число сообщений в полосе		
			10 МГц	20 МГц	40 МГц
4	4-ФМ	0,300	4	9	18
6	4-ФМ	0,438	6	13	27
8	4-ФМ	0,587	8	17	36
11	16-КАМ	0,369	10	22	45
13	16-КАМ	0,478	14	28	59
15	16-КАМ	0,602	17	36	74
17	64-КАМ	0,455	20	41	84
19	64-КАМ	0,554	24	50	102
21	64-КАМ	0,650	28	59	120
23	64-КАМ	0,754	33	68	139

Список используемых источников

1. 3GPP TS 36.101 V16.4.0. User Equipment (UE) radio transmission and reception. 2019. 1868 p.
2. Status of the LTE Ecosystem. 2019, September. URL: <https://gsacom.com/paper/status-lte-ecosystem-report-5614-lte-devices-announced-455-suppliers/> (дата обращения 25.02.2020).
3. Gigabit LTE: Global Status. 2019, December. URL: <https://gsacom.com/paper/gigabit-lte-global-status-december-2019/> (дата обращения 25.02.2020).
4. Bandwidth Requirements for Day-to-Day Operations on Canada's 700 MHz Public Safety Broadband Network // C. Lucente and oth. 2017. URL: https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc273/p805324_A1b.pdf/ (дата обращения 25.02.2020).

5. 10m factories, 3m warehouses, 50k mines – Nokia counts out its new industrial targets. 2019. URL: <https://enterpriseiotinsights.com/20190129/channels/news/nokia-weighs-up-industrial-targets/> (дата обращения 25.02.2020).
6. NB-IoT and LTE-M: Global Ecosystem and Market Status. 2019. September. URL: <https://gsacom.com/> (дата обращения 25.02.2020).
7. Рыжков А. Е. Развитие технологии NB-IoT // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 4. С. 93–100.
8. 3GPP TS 38.211 V16.0.0. NR; Physical channels and modulation. 2019. 124 p.

УДК 621.396
ГРНТИ 47.47.31

ОЦЕНКА НАЧАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА В ПРИЕМНИКЕ СТАНЦИИ МЕТЕОРНОЙ РАДИОСВЯЗИ

И. А. Горобцов, Д. Д. Капралов, Д. И. Кирик

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Полезный сигнал, отраженный от метеорного следа, является нестационарным случайным процессом, поэтому для корректной работы демодулятора станции метеорной радиосвязи предлагается проводить оценку начальных значений параметров сигнала и помехи и принимать решение о наличии или отсутствии полезного сигнала в принимаемой смеси. В работе предлагается подход для решения данной задачи.

метеорная радиосвязь, демодулятор, нестационарный случайный процесс.

При синтезе алгоритмов приема сигналов решается задача обработки принятой реализации, поступающей на вход демодулятора. При этом необходимо располагать сведениями о характере изменения сигнала и помехи, а также о распределениях начальных значений параметров. Эти сведения задаются моделью канала, которая описывает характер изменения сигнала и помехи на входе демодулятора и распределения начальных значений параметров сигнала и помехи.

В статье рассмотрена задача синтеза алгоритма приема с использованием разработанной в [1] модели непрерывного радиоканала метеорной связи. При появлении пригодного для связи метеорного следа [2, 3], значение квадратурной составляющей сигнала мгновенно возвращается в некото-

рую точку, соответствующую начальному значению квадратурной составляющей сигнала, отраженного от пригодного для связи метеорного следа, после чего в соответствии с моделью [1] происходит изменение квадратурной составляющей сигнала. Описанный процесс является марковским. Однако при попытке применения прямого уравнения Колмогорова встречается трудность, обусловленная тем, что переходы из одного состояния в другое не являются локальными. В течение малого временного интервала значение начального значения отраженного сигнала может быть достигнуто не только из какой-либо близко расположенной точки, но также и из точки, расположенной на границе, т. е. отсутствует локальность переходов из одного состояния в другое. Именно последнее обстоятельство нарушает непрерывный характер движения и делает неправомерным непосредственное использование прямого уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. Обратное уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова не изменит своего вида. Однако применение обратного уравнения при синтезе демодулятора не имеет, очевидно, практического смысла.

Во-вторых, при применении известных методик синтеза алгоритма нелинейной фильтрации [4] необходимо задавать начальные распределения параметров, входящих в уравнения состояния и уравнение наблюдения. Как правило, начальные распределения параметров задаются весьма приблизительно. Это оправдано, когда случайный процесс, описывающий сигнал, является стационарным, потому что с течением времени даже при не точно заданных начальных значениях параметров синтезированный алгоритм сходится, и фильтруемые параметры достигают значений своих математических ожиданий. В модели [1] описывают нестационарный случайный процесс, характеризующий изменения квадратурной составляющей отраженного сигнала на длительности следа, при этом изменяется как математическое ожидание, так и дисперсия случайного процесса. Поэтому для применения известных методик синтеза алгоритма нелинейной фильтрации необходимо дополнительно оценивать начальные значения параметров.

Таким образом, на первом этапе осуществляется обнаружение и фильтрация параметров помехи, а также обнаружение и оценивание начальных значений параметров и случайной задержки сигнала, отраженного от метеорного следа. На втором этапе осуществляется фильтрация параметров сигнала и помехи, а также производится оценка дискретного информационного параметра. Рассмотрим подробнее этап оценки параметров.

На первом этапе полагается, что зондирование канала осуществляется заранее известным сигналом, например, последовательностью чередующихся $\{0, 1\}$, тогда, поступающая на вход приемника смесь сигнала $S(t, \vec{\mu}, \tau)$, помехи $P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi})$, и флуктуационного шума $n(t)$ имеет вид:

$$y(t) = \gamma S(t, \vec{\mu}, \tau) + \chi P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi}) + n(t),$$

причем $n(t)$ обладает свойствами:

$$\langle n(t) \rangle = 0, \langle n(t)n(t + \tau) \rangle = 0,5N_0\delta(\tau).$$

Сигнал $S(t, \vec{\mu}, \tau)$ прошедший метеорный канал описывается выражением:

$$\gamma S(t, \vec{\mu}, \tau) = \gamma g(t - \tau) [\mu^c(t) \sin(\omega_1 t + \phi(t)) + \mu^s(t) \cos(\omega_1 t + \phi(t))],$$

где γ – индикаторная переменная, принимающая значение 0 и 1, показывающая наличие или отсутствие полезного сигнала в принимаемой смеси, $g(t - \tau)$ – форма огибающей элемента сигнала, ω_1 – меньшая из угловых частот сигнала, $\mu^c(t)$ и $\mu^s(t)$ – квадратурные составляющие сигнала. При обнаружении отраженного сигнала метеорный след находится в начальной стадии образования, поэтому отраженный сигнал не является суммой множества сигналов, отраженных от различных частей следа, следовательно, случайные флуктуации амплитуды будут отсутствовать. Таким образом, отраженный от следа сигнал можно представить в виде квазидетерминированного процесса, изменение которого обусловлено изменением объемной электронной плотности самого следа во времени. Исходя из этого, используется упрощенная модель сигнала, отраженного от метеорного следа, не учитывающая формирующий шум [1]:

$$\frac{d\mu^{(i)}}{dt} = -\alpha_c \mu^{(i)} - \mu_{cp}^{(i)}, \quad \frac{d\mu_{cp}^{(i)}}{dt} = -\beta \mu_{cp}^{(i)} - D\mu_1^{(i)}, \quad \frac{d\mu_1^{(i)}}{dt} = -(\beta + D)\mu_1^{(i)},$$

где $i = c, s$ – индексы квадратурной и синфазной составляющих сигнала, прошедшего метеорный канал связи. При обнаружении полезного сигнала необходимо провести оценивание начальных значений параметров сигнала: $\mu_0^c, \mu_0^s, \mu_{cp0}^c, \mu_{cp0}^s, \mu_{10}^c, \mu_{10}^s$, а также постоянные на длительности следа, но неизвестные значения параметров: τ – случайная задержка сигнала, α_c – величина, определяющая ширину спектра флуктуаций квадратурной составляющей $\alpha_c = 1/\tau_c$, где τ_c – время корреляции квадратурной составляющей. Так как начальные значения параметров отраженного сигнала не изменяются, как и параметр α_c , то дифференциальные уравнения для них запишем в следующем виде:

$$\frac{d\mu_0^{(i)}}{dt} = 0, \quad \frac{d\mu_{cp0}^{(i)}}{dt} = 0, \quad \frac{d\mu_{10}^{(i)}}{dt} = 0, \quad \frac{d\alpha_c}{dt} = 0.$$

где $i = c, s$ соответственно квадратурная и синфазная составляющие.

Таким образом, при решении задачи первого этапа вектор параметров сигнала, подлежащих оцениванию, состоит из восьми параметров:

$$\vec{\beta} = \{\mu_0^c, \mu_0^s, \mu_{cp0}^c, \mu_{cp0}^s, \mu_{10}^c, \mu_{10}^s, \alpha_c, \tau\}.$$

Помеху $\chi P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi})$ представим в виде:

$$\chi P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi}) = \chi A \cos(\omega_{\Pi} t + \Phi_{\lambda}(t)), \quad (1)$$

где A – неизвестное значение амплитуды частотно-модулированной помехи; ω_{Π} – неизвестное значение частоты несущей помехи. Параметр $\Phi_{\lambda}(t)$ описывает составляющую помехи, обусловленную модуляцией, которая определяется дифференциальным уравнением:

$$\frac{d\Phi_{\lambda}}{dt} = g_{\chi} \lambda. \quad (2)$$

Здесь g_{χ} – индекс частотной модуляции. В качестве модели модулирующего процесса $\lambda(t)$ будем использовать случайный процесс, описываемый системой дифференциальных стохастических уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d\lambda}{dt} = \lambda_1 \\ \left(\frac{d\lambda_1}{dt} = -2\alpha_{\Pi} \lambda_1 - v^2 \lambda + v^2 n_{\lambda}(t) \right) \end{cases}, \quad (3)$$

где $n_{\lambda}(t)$ – гауссовский шум со свойствами:

$$\langle n_{\lambda}(t) \rangle = 0, \langle n_{\lambda}(t) n_{\lambda}(t + \tau) \rangle = 0,5 N_0 \delta(\tau),$$

δ – символ Кронекера; $N = 4A\alpha_{\Pi}$, α_{Π} – ширина одностороннего энергетического спектра модулирующего сигнала; A – дисперсия процесса $\lambda(t)$, равная средней мощности помехи; v – основной тон, который примем равным 1000 Гц.

Постоянные, но неизвестные амплитуда A и частота помехи ω_{Π} определяются из соответствующих областей неопределенности [3] $A(i) \in [A(1), A(k)]$ и $\omega_{\Pi} \in [\omega(1), \omega(l)]$. Так как параметры помехи, описывающие модулирующую составляющую, имеют время корреляции, сравнимое с длительностью информационного элемента сигнала T , то они образуют вектор параметров $\vec{\lambda} = \{\Phi_{\lambda}, \lambda, \lambda_1\}$.

На втором этапе принимаемая смесь сигнала $S(t, \vec{\vartheta}, \vec{\mu})$ помехи $\chi P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi})$ и флуктуационного шума $n(t)$, поступающая на вход приемника, описывается уравнением:

$$y(t) = S(t, \vec{\vartheta}, \vec{\mu}) + \chi P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi}) + n(t).$$

Пусть сигнал $S(t, \vec{\vartheta}, \vec{\mu})$ отраженный от метеорного следа, описывается выражением:

$$S(t, \vec{\vartheta}, \vec{\mu}) = g(t - \tau) * [\mu^c \cos(\omega_1 t + \phi(t, \vec{\vartheta})) + \mu^s \sin(\omega_1 t + \phi(t, \vec{\vartheta}))],$$

где $g(t - \tau)$ – форма огибающей элемента сигнала, ω_1 – меньшая из угловых частот сигнала, $\mu^c(t)$ и $\mu^s(t)$ – квадратурные составляющие сигнала,

$\phi(t, \vec{\vartheta})$ – функция, описывающая изменение фазы сигнала в зависимости от значения вектора дискретных параметров $\vec{\vartheta} = \{\Sigma_k, \Theta_k\}$. На длительности T k -ой информационной посылки $t \in [kT, (k+1)T]$ функция $\phi(t, \vec{\vartheta})$ описывается следующим выражением:

$$\phi(t, \vec{\vartheta}) = \Sigma_k + \Theta_k \frac{\pi}{T} (t - kT), \quad (4)$$

Θ_k – дискретный информационный параметр, принимающий значение 0 или 1 с равной вероятностью на k -ой информационной посылке; $\Sigma_k = \pi \sum_{q=1}^{k-1} \Theta_q$ – начальная фаза сигнала на k -м тактовом интервале, равная фазовому набегу за счет манипуляции частоты сигнала на предыдущих $k-1$ интервалах [4].

Необходимо на длительности каждой k -ой информационной посылки оценивать значение дискретного информационного параметра Θ_k , значение которого, а также начальное значение фазы на k -ой информационной посылке Σ_k , и определяют в соответствии с (4) характер изменения фазы на k -ой информационной посылке.

Квадратурные составляющие сигнала отраженного от метеорологического следа описываются уравнениями в [1], при этом постоянные, но неизвестные параметры сигнала α_C , τ , а также начальные значения квадратурных составляющих и вспомогательные параметры $\mu_0^C, \mu_0^S, \mu_{ср0}^C, \mu_{ср0}^S, \mu_{10}^C, \mu_{10}^S$ считаются известными и равными оценкам, полученным при решении задачи первого этапа, образующие вектор $\vec{\beta} = \{\mu^C, \mu^S, \mu_{ср}^C, \mu_{ср}^S, \mu_1^C, \mu_1^S\}$ параметры которого имеют время корреляции, значительно превышающее длительность элемента сигнала T .

Помеху $\chi P(t, \vec{\lambda}, \omega_{\Pi})$ представим в виде (1). Параметр помехи $\Phi_{\lambda}(t)$ описывается уравнениями (2) и (3), а постоянные, но неизвестные амплитуда помехи A и частота помехи ω_{Π} считаются известными и равными оценкам, полученным при решении задачи первого этапа. Параметры помехи, описывающие модулирующую составляющую, имеют время корреляции, сравнимое с длительностью информационного элемента сигнала T , и образуют вектор параметров $\vec{\lambda} = \{\Phi_{\lambda}, \lambda, \lambda_1\}$.

Таким образом, для синтеза алгоритма совместного обнаружения сигнала, сначала необходимо оценить начальные и постоянные неизвестные значения параметров сигнала, тактовой синхронизации, а также фильтрации параметров помехи и ее компенсации, после чего необходимо синтезировать алгоритм совместной фильтрации параметров помехи, сигнала и оценки дискретного информационного параметра.

Список используемых источников

1. Капралов Д. Д., Кирик Д. И. Стохастическая модель метеорного радиоканала // Труды учебных заведений связи. 2018. Т. 4. № 3 С. 54–64.
2. Аронэ М. Н. Метеорная радиосвязь. М. : Воениздат, 1960. 108 с.
3. Метеорная радиосвязь на ультракоротких волнах // Сборник статей под ред. А. Н. Казанцева. М. : Иностранная литература, 1961. 288 с.
4. Тихонов В. И., Харисов В. Н., Смирнов В. А. Оптимальная фильтрация дискретно-непрерывных процессов // Радиотехника и электроника. 1978. Т. 28. № 7. С. 1441–1452.

УДК 504.75.05
ГРНТИ 87.15.21

АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

К. Б. Греков, Ю. Д. Федоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе представлена информация об организациях, осуществляющих радиационный контроль в Санкт-Петербурге. Для получения информации о степени изменений радиационной обстановки и выявление мест повышенного радиационного фона проведен анализ данных по радиационной обстановке, представленных в докладах об экологической ситуации в Санкт-Петербурге. Проанализированы данные радиационно-гигиенических паспортов территорий. Выполнен анализ изменения активности радиоактивных веществ в различных средах (почве, атмосферном воздухе, воде открытых водоемов и воде источников питьевого водоснабжения, а также пищевых продуктах).

радиационная обстановка, экологический мониторинг.

Радиационная обстановка на территории Санкт-Петербурга характеризуется радиационным облучением естественных, а также техногенных компонентов окружающей среды. Наибольшую часть облучения население Санкт-Петербурга получает от естественных источников, представленных продуктами распада радона. Это связано с особенностями расположения города. Как показывает, например, космогенная карта северо-западной части Русской равнины, составленная И. Л. Кузиным [1], для этой территории характерны многочисленные трансрегиональные, региональные и локальные тектонические разломы. Наличие подобных разломов и обуславливает выход на поверхность радона и продуктов его распада. В наибольшей степени эта опасность присуща для южной части Санкт-Петербурга и затрагивает территории таких, например, районов как Пушкинский и Красносельский. Для этих территорий также характерно

и повышенное содержание урана в подземных водах (в отдельных местах – до 20–50 мкг/л.

Главными техногенными объектами, представляющими радиационную опасность для жителей Санкт-Петербурга, считаются: Ленинградская атомная электростанция (ЛАЭС), экспериментальный реактор Центрального НИИ имени Крылова, транспортные атомные энергоустановки Балтийского завода. В настоящий период времени в Санкт-Петербурге установлено 967 организаций (компаний) и учреждений, использующих источники ионизирующего излучения в промышленных, медицинских, научно-экспериментальных, а также медико-биологических целях [2].

Главным документом, сосредоточенным на обеспечение радиационной безопасности на территории Санкт-Петербурга, является Перечень мероприятий по обеспечению радиационной, химической и биологической безопасности населения Санкт-Петербурга на 2016–2020 годы, принятый постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 14.09.2016 № 59-рп [3].

Для выполнения экстренной дезактивации в случае раскрытия радиоактивных загрязнений либо неконтролируемых источников ионизирующего излучения на местности сформирована специальная аварийно-диспетчерская служба, работающая на основе ГУП «Экострой». Данное предприятие оборудовано дозиметрической техникой, специальными автомобилями с целью транспортировки радиоактивных отходов, передвижным санпропускником, средствами дезактивации, средствами индивидуальной защиты для исполнения работ по детализации, а также дезактивации радиоактивных загрязнений. Помимо этого, ГУП «Экострой» обладает специальным участком для селективной переборки радиоактивно загрязненных объектов окружающей среды.

На территории Санкт-Петербурга действует наблюдательная сеть постов контролирования радиационной обстановки, представляющая собой совокупность взаимодействующих технических и программных средств, информативных ресурсов, а также организационных операций, требуемых для выполнения постоянного контроля. В настоящее период времени данная сеть состоит из стационарных автоматических постов контроля радиационной обстановки, встроенных в состав станций мониторинга атмосферного воздуха, находящихся во всех районах Санкт-Петербурга.

Контроль за радиационной обстановкой на территории Санкт-Петербурга, а также работы по обеспечению функционирования постов контроля радиационной обстановки проводит специализированная организация, осуществляющая государственный экологический мониторинг на территории Санкт-Петербурга, – ГГУП «СФ «Минерал» [4].

Анализ данных, показанных в радиационно-гигиеническом паспорте Санкт-Петербурга [2], демонстрирует то, что основная значимость в струк-

туре доз облучения населения по-прежнему остается за естественными источниками ионизирующего излучения (более 83 % годовой эффективной коллективной дозы облучения населения), в основном из-за облучения радоном и его дочерними продуктами распада, а также внешнего гамма-излучения. Наименьший вклад (5,1 %) в структуре естественного облучения сформировывают содержащиеся в продуктах питания, а также питьевой воде (в абсолютном значении – 1081 чел.·Зв/год, при средней индивидуальной дозе на жителя 0,2 мЗв/год), при данной дозе облучения населения в результате потребления питьевой воды не превышает 0,1 мЗв/год.

Радиационный фон на территории Санкт-Петербурга в промежутке с 2015 г. согласно 2018 года был в границах 0,09–0,18 мкЗв/ч (в среднем 0,13 мкЗв/ч), что отвечает средним значениям природного радиационного фона в Санкт-Петербурге. Среднегодовые значения суммарной бета-активности атмосферного воздуха представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Среднегодовое значение суммарной бета-активности атмосферного воздуха [2, 5, 6, 7]

Год	Среднее значение суммарной бета-активности атмосферного воздуха, Бк/м ³
2015	$8,0 \cdot 10^{-5}$
2016	$5,8 \cdot 10^{-5}$
2017	$8,0 \cdot 10^{-5}$
2018	$7,2 \cdot 10^{-5}$

Динамика исследований проб почвы на содержание естественных, а также техногенных радионуклидов в стационарных мониторинговых точках говорит о отсутствии в Санкт-Петербурге гигиенически важного техногенного радиоактивного загрязнения почв.

Динамика исследований репрезентативных выборок проб почвы на содержание техногенных радионуклидов демонстрирует устойчивость характеристик плотности загрязнения почвы цезием-137 с небольшими колебаниями (0,63–0,71 кБк/м²).

Исследования содержания радионуклидов радий-226, торий-232, а также калий-40 в почвах Санкт-Петербурга за минувшие 4 года говорит о стабильном, сравнительно низком содержании естественных радионуклидов в поверхностных грунтах (удельная эффективная активность естественных радионуклидов составляла от 50 Бк/кг до 150 Бк/кг). В воде открытых водоемов (река Нева, прибрежная часть Финского залива) концентрация радионуклидов цезий-137, а также стронций-90 пребывает на уровне, находившемся до катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции: ¹³⁷Cs – менее 0,01 Бк/л, ⁹⁰Sr – менее 0,03 Бк/л.

Качество питьевой воды согласно радиологическим показателям, включая содержание естественных радионуклидов в воде подземных водосточников, за минувшие 4 года остается устойчивым [2, 5, 6, 7].

Продемонстрированные сведения дают возможность сделать заключение о устойчивости радиационной обстановки в Санкт-Петербурге. Радиационный фон отвечает среднегодовым показателям природного радиационного фона в Санкт-Петербурге за минувшие 5 лет.

Список используемых источников

1. Кузин И. Л. Геоморфологические уровни северо-запада Русской равнины // Изв. РГО. 2004. Т. 136. Вып. 6. С. 9–30.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге за 2018 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/08/12/42/doklad_za_2018_EKOLOGIA2019.pdf (дата обращения 14.03.2020).
3. Перечень мероприятий по обеспечению радиационной, химической и биологической безопасности населения Санкт-Петербурга на 2016–2020 годы, утвержденный распоряжением Правительства Санкт-Петербурга от 14.09.2016. № 59-рп.
4. Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма Минерал» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sc-mineral.ru/> (дата обращения 14.03.2020).
5. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге за 2015 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2016/06/28/Doklad_2015.pdf (дата обращения 14.03.2020).
6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге за 2016 год [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2017/07/10/doklad.pdf> (дата обращения 14.03.2020).
7. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге за 2017 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2018/06/29/Doklad_EKOLOGIA2018.pdf (дата обращения 14.03.2020).

УДК 504.06
ГРНТИ 87.53.91(02)

О СИСТЕМЕ ОБРАЩЕНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ОТХОДАМИ

К. Б. Греков, Л. А. Югай

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе проведен анализ источников образования и особенности обращения с отходами электрического и электронного оборудования в России и в Санкт-Петербурге. Анализ действующего законодательства Российской Федерации, а также законодательства других стран и международных соглашений и конвенций позволил выявить

наиболее эффективные механизмы управления электронными отходами. В работе рассмотрены также основные методы переработки электронных отходов. Показана необходимость создания системы обращения с отходами этого вида в рамках существующего экологического законодательства.

отходы электронного и электротехнического бытового оборудования, отходы в России, динамика роста отходов ОЭЭО.

Ежегодно в России наблюдается рост отходов. Так за 15 лет количество отходов увеличилось в 3 раза. Данная проблема является одной из наиболее важных и актуальных для государства на данный момент.

По оценкам разных экспертов отходы электронного и электрического оборудования (ОЭЭО) составляют от 5 до 20 % от состава твердых коммунальных отходов. Таким образом, наряду с общим ростом объемов образующихся отходов происходит еще более интенсивный рост образования электронных отходов. На 2016 год по всему миру было образовано около 44,7 млн тонн ОЭЭО. Так же некоторые эксперты прогнозируют рост данного вида отхода в период с 2016 по 2021 год на 7,5 млн тонн (рис.) [1, 2, 3].



Рис. Объем произведенных в мире электронных отходов

Согласно последним данным Университета Организации Объединённых Наций (УООН) в 2016 году в России на одного человека приходилось около 9,7 кг, что соответствует 1,42 млн. тонн в год ОЭЭО. Эта оценка произведена исходя из численности населения России на 2016 год и удельного веса данного отхода на душу населения. При этом наблюдается рост объемов образующихся отходов только за последние два года на 13,6 %, или на 200 тыс. тонн, а на душу населения было собрано лишь 0,6 кг данного

вида отхода, что составляет приблизительно 6 % от общего объема ОЭЭО. Для сравнения в Норвегии этот показатель выше более чем на порядок, а для стран ЕС – в среднем почти в 6 раз [2, 3, 4].

Опасность ОЭЭО обусловлена не только его ежегодным ростом по всему миру, но и их составом. Так, по данным швейцарской федеральной лаборатории естественных наук и технологий (EMPA) в состав электронной техники входят вещества 1 класса опасности в разном количестве в зависимости от вида техники (табл.) [5].

ТАБЛИЦА. Опасные вещества в составе электронных приборов

Материалы	Крупная Бытовая техника	Малая Бытовая техника	Потребительская электроника	Лампочки
Свинец, г/ед	1,6	0,57	0,29	0
Кадмий, г/ед	0,0014	0,0068	0,018	0
Ртуть, г/ед	0,000038	0,000018	0,00007	0,02
Бромированный пластик, г/ед	0,29	0,75	18	1,7

Разница в количестве переработанных отходов электроники и электронного бытового оборудования Европы и России обусловлена различиями в законодательстве, так в странах ЕС действуют 2 основных документа регулирующие все отношения производства и переработки электронного оборудования [6].

Директива WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*), которая устанавливает принцип ответственности производителей и поставщиков (распространителей) электрического и электронного оборудования за сбор, переработку и утилизацию этого оборудования в конце его жизненного цикла. Также данная директива определяет объем в части переработки и восстановления электрического и электронного оборудования на душу населения.

Директива WEEE устанавливает в общей сложности 10 категорий WEEE для целей отчетности: крупные бытовые приборы, мелкие бытовые приборы, ИТ и телекоммуникационное оборудование, бытовая техника, осветительное оборудование, электрические и электронные инструменты, игрушки, досуг и спортивное оборудование, медицинское оборудование, измерительные приборы, автоматы торговые и раздаточные [5, 6].

Директива по ограничению содержания опасных веществ 2011/65/EU (RoHS2) устанавливает требования по обязательному контролю содержания опасных и вредных для человека и окружающей среды веществ в электрооборудовании в рамках обязательной сертификации и маркировки продукции для европейского рынка [5, 6].

Законодательная база Российской Федерации области обращения с отходами представлена в федеральном законе №89 «Об отходах производства и потребления», однако в данном федеральном законе отсутствуют пункты, которые регулировали бы отношения в области обращения с ОЭЭО. На данный момент законодательная база в отношении ОЭЭО придавлена рядом постановлений и требований в области обращения с драгоценными металлами, которые не редко встречаются в составе электронного оборудования.

Несмотря на отсутствие регламентирующих документов в обращении с ОЭЭО в некоторых регионах существует некая система обращения с ОЭЭО. Так, например, в Санкт-Петербурге в целях улучшения экологической и санитарной обстановки в 2018 году были проведены работы [7]:

- по бесперебойному функционированию 7 мобильных пунктов приема опасных отходов от населения (экомобилей);
- установке и бесперебойному функционированию 381 специализированного контейнера для отдельного сбора опасных отходов от населения;
- сбору опасных отходов, собранных с установленных специализированных контейнеров, расположенных на территории Санкт-Петербурга;
- транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию 65 тонн принятых опасных отходов, собранных посредством установленных специализированных контейнеров и мобильных пунктов приема опасных отходов;
- информационному обеспечению населения Санкт-Петербурга об экологически грамотных способах отдельного сбора опасных отходов из состава твердых коммунальных отходов.

Исходя из данной информации можно отметить положительную динамику в области обращения с электронными отходами в Санкт-Петербурге, однако этого недостаточно для создания полноценной системы обращения с отходами электрического и электронного бытового оборудования.

Помимо создания эффективно функционирующей системы сбора ОЭЭО еще одной важной проблемой является организация их вторичной переработки. На сегодняшний день реализуются в основном два технологических направления: механическая переработка, заключающаяся в дроблении и перемалывании с последующим отделением металлических фракций, и химическая переработка, к которой относятся пиролиз, гидро- и биометаллургические процессы, газификация. Но еще очень важно не только правильное построение всей технологической цепочки и выбор наиболее совершенных и максимально эффективных процессов, но и наличие в структуре перерабатывающего предприятия таких подразделений, которые могли бы обеспечить комплексную переработку различных видов ОЭЭО с учетом их сложного состава (различные металлы – цветные, благородные и редкоземельные, пластики разного вида, стекла и т. д.). Мелкие частные организации не способны справиться с такой задачей. В качестве положительного

примера можно привести появление в нашей стране корпорации «ЭКОПОЛИС», включающей в себя завод «Экотехпром» по переработке отходов электронного и электрического оборудования производительностью 75 000 тонн в год, завод «Экопласт» по переработке пластиков производительностью 40 000 тонн в год и завод «Аурус» по переработке печатных плат производительностью 12 000 тонн в год. Комплекс предприятий корпорации «ЭКОПОЛИС», обеспечивающий максимальное вовлечение продукции их переработки в дальнейшее производство, будет способствовать активному развитию данной отрасли [1].

В ходе проведенного исследования были выделены основные проблемы в области обращения с ОЭЭО: отсутствие специализированной законодательной базы в области электронных отходов; малое количество предприятий по переработке таких отходов; недостаточная информированность населения о важности передачи данного отхода на переработку и о местах сбыта отработавшей техники, малое количество пунктов приема ОЭЭО, недостаточная заинтересованность бизнеса в развитии данной сферы.

Для создания эффективно функционирующей системы обращения с ОЭЭО необходимо: внести корректировки в законодательство РФ в области обращения с отходами, позволяющие сформировать специализированную систему обращения с ОЭЭО, определить ответственных за обращение с ОЭЭО (региональный оператор, надзорный орган), четко распределить ответственность между всеми участниками процессов, связанных с обращением ОЭЭО как на общегосударственном, так и на региональном уровнях, разработать экономические механизмы стимулирования предприятий по переработке отходов, оказывать государственную поддержку при реализации проектов по переработке ОЭЭО.

Список используемых источников

1. Греков К. Б. Электронные отходы и проблемы безопасности : монография, СПбГУТ. СПб., 2018. 160 с.
2. Обзор ситуации по переработке ОЭЭО в России // Организация объединённых наций по промышленному развитию 03.04.2012.
3. The global e-waste statistic partnership [Электронный ресурс] // Карта мира электронных отходов на душу населения <https://globalewaste.org/map/> (дата обращения 05.01.2020).
4. Отходы производства и потребления. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (дата обращения 04.01.2020).
5. Балде К. П., Форти В., Грей В., Кюр Р., Стегманн П. Глобальный мониторинг электронных отходов, 2017 год. Федеральное министерство экономического сотрудничества и развития Германии 2017. 116 с.
6. Исследование «Оценка потенциала Кыргызской Республики в области обращения с отходами электрического и электронного оборудования». Бишкек, 2017. 54 с.
7. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М. : Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

УДК 543.42
ГРНТИ 47.05.17

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМА ВЫБОРА МЕТОДА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

П. А. Григорьев, О. А. Михалев

Военная академия связи

В статье ставится задача разработке методов спектрального анализа и алгоритма их автоматизированного выбора на базе отладочной платформы ADALM PLUTO SDR. Также в статье были рассмотрены разного рода анализаторы спектра, их преимущества и недостатки. Исходя из преимуществ и недостатков этих анализаторов спектра были предложены три метода анализа спектральной области, составлен алгоритм их автоматизированного выбора в зависимости от входных данных.

анализатор спектра, спектр, время анализа, методы анализа спектра.

Известно, что сигнал можно представить в двух областях: временной и частотной. Если необходимо пронаблюдать изменение сигнала во временной области, то для этого используется устройство осциллограф.

Для наблюдения сигнала же в частотной области служит такое устройство как анализатор спектра.

Задачи:

– разработка методов и алгоритма автоматизации выбора метода анализа.

В современном мире существует множество разнообразных видов спектроанализаторов, их классификация и основные характеристики описаны ниже.

Спектроанализатор с разверткой строится на основе стандартной схемы. Изначально в таких анализаторах использовались только аналоговые элементы, но спустя некоторое время в них начали использовать цифровые базовые элементы, а, следовательно, и методы ЦОС [1, 2, 3].

Спектроанализаторы БПФ основаны на использовании алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ), представляющий собой мощный вычислительный инструмент [4].

Для устранения недостатка спектроанализатора с БПФ был разработан своего рода гибрид спектроанализатора с разверткой и спектроанализатора с БПФ, так называемые векторные анализаторы спектра. Такой гибрид позволил отдельно от процесса захвата сигнала выполнять демодуляцию сложных сигналов во времени и хранить информацию о фазе и амплитуде сигнала.

Спектроанализаторы реального масштаба времени основаны на использовании обработки БПФ с перекрытием без пропусков, что позволяет отображать активный частотный спектр в реальном времени [5]. Методы анализа спектра. Исходя из поставленных задач и опираясь на комплекс всех ранее вышперечисленных и упомянутых видов спектроанализаторов, были использованы три метода анализа спектра:

- метод перестройки синтезатора с петлей фазовой автоподстройкой частоты (далее ФАПЧ);
- метод БПФ;
- метод преобразования Фурье (далее ПФ).

При использовании трех методов анализа спектра важно правильно поставить критерий, по которому будет выбираться тот или иной метод. В данном случае таким критерием будет время анализа.

Для реализации спектроанализатора с тремя методами анализа была взята отладочная платформа ADALM PLUTO SDR [6, 7].

Метод перестройки синтезатора с петлей ФАПЧ и вычисления среднеквадратического значения. Суть первого метода заключается в перестройке синтезатора с петлей ФАПЧ по всем полученным заранее коэффициентам частоты в заданной ширине полосы обзора (далее SPAN) и фиксированной полосой разрешения фильтра (RBW), выделяя фильтром разные гармоники и считая их среднеквадратическое значение, тем самым получая спектр. Суть метода показана на рис. 1.

Время анализа первого метода состоит из: времени перестройки синтезатора, времени фильтрации и вычисления среднеквадратического значения (далее СКЗ) N раз.

Время перестройки синтезатора имеет примерное значение, равное $t_{\text{пер}} = 60$ мкс [7]. Время фильтрации зависит от порядка фильтра. Чем выше порядок, тем больше время.

Время фильтрации будет определяться так: $t_{\text{фильтр}} = t_{\text{задерж}} * N_{\text{порядок}}$, где $N_{\text{порядок}}$ – порядок фильтра. Для вычисления СКЗ сигнала необходимо чтобы прошел хотя бы один период частоты, соответствующее полосе разрешения (RBW) $t_{\text{скз}} = 1/RBW$. Само же время вычисления СКЗ после фильтрации мало, потому что современные вычислители имеет огромную вычислительную мощность, поэтому этим временем можно пренебречь. Число точек на спектрограмме соответствует числу перестроек синтезатора.

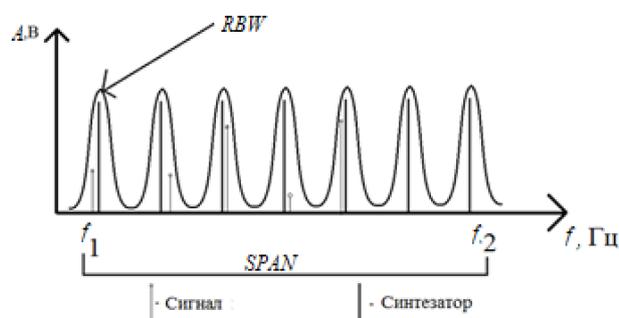


Рис. 1. Суть первого метода

Тогда время анализа на заданном интервале ширины полосы обзора (SPAN) с фиксированной полосой разрешения (RBW) можем посчитать по формуле:

$$t_{\text{анализа1}} = t_{\text{пер}} \cdot N_{\text{пер}} + t_{\text{фильтр}} \cdot N_{\text{точек}} + t_{\text{СКЗ}} \cdot N_{\text{пер}}$$

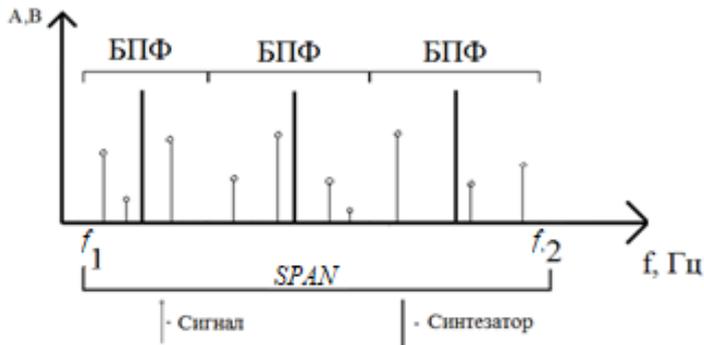


Рис. 2. Суть второго метода

Метод БПФ. Суть использования метода с БПФ содержится в том, что вся ширина полосы обзора (SPAN) делится на интервалы, кратные частоте дискретизации. В каждом интервале с помощью синтезатора с петлей ФАПЧ встаем в середину интервала, колим столько отсчетов

из временной области сколько нужно полосе разрешения (RBW), после чего выполняем БПФ и получаем спектр. Суть метода показана на рис. 2.

Время анализа метода с БПФ состоит из: времени перестройки синтезатора, времени вычислений БПФ ($Tfft$).

Тогда время анализа второго метода можно вычислить по формуле:

$$t_{\text{анализа2}} = t_{\text{пер}} \cdot N_{\text{sub}} + Tfft \cdot N_{\text{sub}}$$

где $N_{\text{sub}} = SPAN/f_d$ – количество интервалов, кратных частоте дискретизации, $Tfft = (6 * Nfft * \log_2(Nfft)) / f_d$, $Nfft = f_d / RBW$ – длина последовательности.

Метод ПФ. Задача этого метода заключается в использовании преобразования Фурье. Так же, как и в методе с БПФ ширина полосы обзора делится на интервалы кратные частоте дискретизации. Отличие состоит в том, что используются не все отсчеты, а только интересующие с определенным шагом (рис. 3).

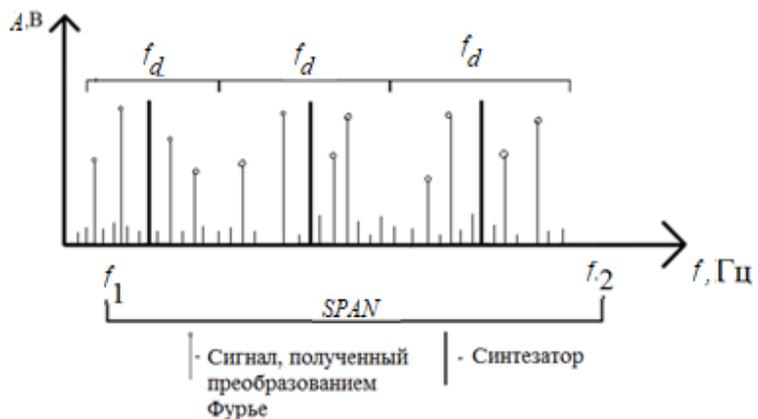


Рис. 3. Суть третьего метода

Сигнал будет формироваться с помощью отсчетов синфазной и квадратурной составляющих. Известно, что любой сигнал можно представить суммой ряда Фурье, а, следовательно, найти амплитудный и фазовый спектр сигнала [1]. Время анализа такого метода состоит из времени перестройки синтезатора и времени вычисления ПФ (Tft).

Общее время анализа можно представить формулой:

$$t_{\text{анализа3}} = t_{\text{пер}} \cdot N_{\text{sub}} + T_{\text{fft}} \cdot N_{\text{точек}},$$

где $T_{\text{fft}} = (6 \cdot N_{\text{fft}}) / f_d$, $N_{\text{точек}}$ – это общее число точек на спектрограмме.

Главным критерием выбора метода является время анализа и время построения спектрограммы. Тогда исходя из вышеперечисленного, можно составить некую блок-схему выбора того, или иного метода (рис. 4).

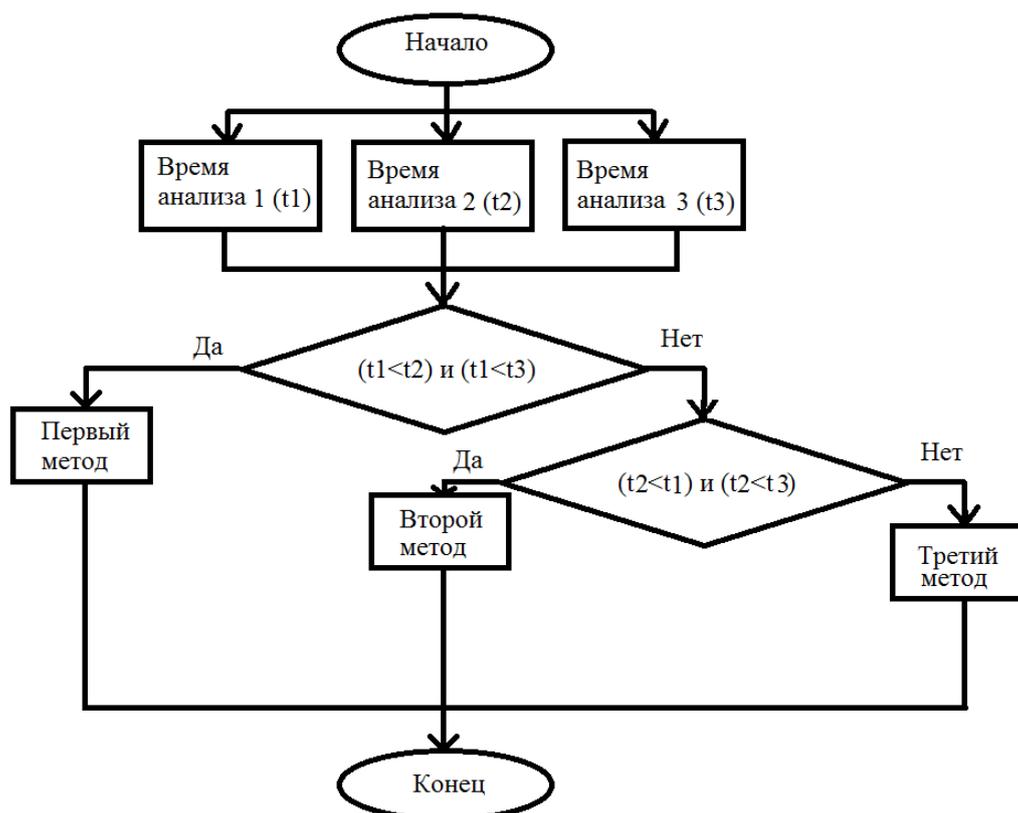


Рис. 4. Блок-схема выбора метода анализа и построения спектрограммы

Выполним некоторые расчёты с использованием формул. Входными данными будут: частота дискретизации f_d , RBW, SPAN и число перестроек.

Различные входные данные и результаты времени анализа сведены в таблицу.

Анализ таблицы следует вывод, что в случае больших значений ширины полосы обзора выигрывает первый метод, однако на малых значениях ширины полосы обзора выигрывает второй метод. Третий метод выиграл на небольшой полосе обзора и довольно большой полосой разрешения (RBW). Второй и третий метод имеют некоторое преимущество по сравнению с первым. К примеру, нужен спектр на частоте 2504 МГц и «встать» точно в эту частоту не представляется возможным. Тогда, используя преобразование Фурье можно немного отклониться от нужной частоты, выполнить ПФ на этой частоте и получить спектр уже на необходимой частоте.

ТАБЛИЦА. Результаты расчетов

№ метода	RBW = 10 Гц SPAN = 1 ГГц $N_{\text{точек}} = 100$	RBW = 100 Гц SPAN = 1 ГГц $N_{\text{точек}} = 500$	RBW = 10 кГц SPAN = 0,2 ГГц $N_{\text{точек}} = 500$	RBW = 100 кГц SPAN = 0,5 ГГц $N_{\text{точек}} = 100$
1 метод	10 с	5 с	83 мс	7,5 мс
2 метод	660 с	70,78 с	68 мс	16,9 мс
3 метод	60 с	30 с	300 мс	7,49 мс

Список используемых источников

1. Васюков В. Н. Общая теория связи: учебник. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. 580 с.
2. Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи: учебник. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. 292 с.
3. Иванов С. А., Иванов Н. А., Лапшин Б. А., Политыкин Р. В., Смирнов И. Ю. Способ моделирования линии связи с распределенными параметрами. Патент на изобретение RU 2583740 С1, 10.05.2016. Заявка № 2015100724/08 от 12.01.2015.
4. Щелбанин А. В., Зинченко Л. А. Алгоритмы преобразования Фурье и их применение при анализе звуковой информации // Молодой ученый. 2016. №20. С. 29–34.
5. Харкевич А. А. Спектры и анализ. Изд. 5-е. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 240 с. (Классика инженерной мысли: радиотехника).
6. Product data sheet. AD9363 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-heets/ad9363.pdf>, свободный. 32 с.
7. Product data sheet adalm pluto sdr schematic revb [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yadi.sk/i/276lthwStPsq4w>, свободный. 9 с.

УДК 621.397.13
ГРНТИ 49.45.29

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОДНОЧАСТОТНОЙ СЕТИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

О. А. Гузенко, С. П. Куликов, С. Л. Федоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Осенью 2019 года в Российской Федерации окончательно завершился процесс перехода на цифровое эфирное телевизионное вещание. В результате данного перехода телезрители получили возможность принимать 20 обязательных общедоступных телевизионных программ. Для бесперебойной, безаварийной и качественной трансляции сигнала необходим постоянный контроль за состоянием телевизионной сети. В данной

статье рассматриваются существующие методы контроля одночастотной сети цифрового телевидения в стандарте DVB-T2, проведены измерения времен распространения сигналов от T2-шлюза регионального центра формирования мультиплекса до входа цифровых передатчиков Ленинградской области и обозначены параметры, однозначно указывающие на нарушение одночастотной сети.

DVB-T2, цифровое телевидение, одночастотная сеть, SFN, методы контроля, метки времени.

Процесс перехода России на цифровое эфирное вещание начался в 2009 году принятием федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2015 годы» (после продления – «на 2009–2018 годы») и занял почти десять лет. Первоначально предполагалось производить вещание обязательных общедоступных программ в стандарте цифрового эфирного телевидения первого поколения, но в июле 2011 года Правительственная комиссия по развитию телерадиовещания одобрила внедрение в России нового стандарта цифрового эфирного телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2) в режиме одночастотной сети. Одночастотная сеть (SFN) – это совокупность цифровых передатчиков, территориально расположенных для гарантированного взаимного перекрытия зон обслуживания, имеющих сплошную зону покрытия и работающих в синхронном режиме по частоте и системному времени [1].

В Ленинградской области действуют 6 одночастотных зон цифрового эфирного телевизионного вещания (рис. 1).

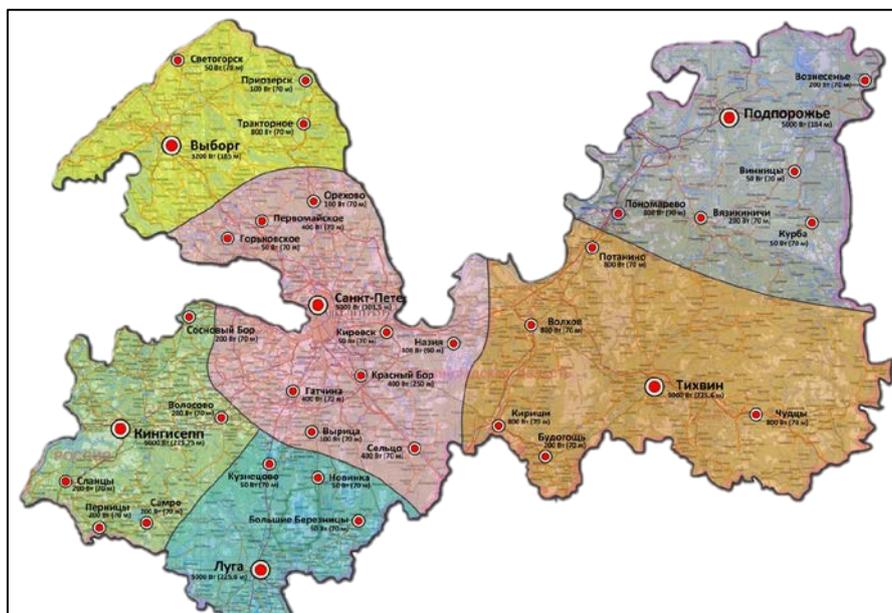


Рис. 1. Одночастотные зоны DVB-T2 Ленинградской области

Для бесперебойной, безаварийной и качественной трансляции сигналов цифрового эфирного телевидения необходим постоянный контроль

и измерения состояния одночастотной сети. На основании внутренних нормативных документов вещателей цифрового эфирного телевидения на территории Российской Федерации измерения производятся в несколько этапов.

На первом этапе обслуживающий персонал непосредственно выезжает на объекты, в которых установлено передающее оборудование. При прибытии на объект необходимо выполнить следующие измерения:

- измерение выходной мощности передатчика;
- измерение отклонения центральной частоты спектра передатчика от центральной частоты;
- проверка установленных значений времени задержки излучаемого сигнала (*static delay*);
- проверка соответствия идентификаторов зоны одночастотной сети (CELL ID) и частоты L1-сигнализации в настройках передатчика, формирующего одночастотную сеть.

В случае, если измерения на объекте не подтверждают некорректность настройки или работы оборудования, то переходят ко второму этапу проведения измерений. На этом этапе организуют выезд в место гарантированного перекрытия зон обслуживания передатчиков, где производят измерения напряженности электромагнитного поля и проверку расположения спектров передатчиков в границах защитного интервала.

Как правило, с момента поступления жалобы от телезрителей об ухудшении приема сигналов в зоне действия одночастотной сети до окончания измерений, относящихся ко второму этапу, проходит более пяти часов. Для значительного сокращения времени устранения неисправности оборудования и экономии материальных средств вещателей коллективом авторов предложено оптимизировать методику измерения одночастотной сети. Для оптимизации методики измерения необходимо добавить дополнительный этап – дистанционного контроля.

На этом этапе, с помощью существующих систем дистанционного контроля и управления, требуется проверить установленное значение времени задержки излучаемого сигнала (*static delay*), соответствие идентификатора зоны одночастотной сети (CELL ID) и частоты L1-сигнализации в настройках передатчика, формирующего одночастотную сеть. Также на основании статистики неисправностей оборудования [2], установленного в трактах формирования и распространения сигналов цифрового эфирного телевидения, необходимо сравнить динамическую (общую) задержку сигнала в передатчике (рис. 2) с эталонной.

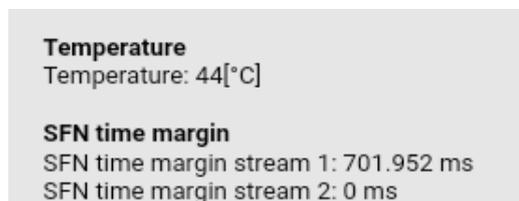


Рис. 2. Скриншот системы дистанционного контроля: общая задержка сигнала на передатчике Elti Sky 1000

Время задержки сигнала на передатчике рассчитывается на основании приходящих меток времени «t2-timestamp», формирующихся на T2-шлюзе и сигналов в 1 PPS (импульс в секунду). Можно выделить следующие типы задержек (рис. 3):

- сетевая – задержка сигнала от выхода T2-шлюза до входа передатчика;
- задержка при обработке – время обработки сигнала в модуляторе передатчика;
- динамическая – время, на которое искусственным образом задерживается обработка сигнала для достижения требуемого времени передачи;
- общая (итоговая) – сумма значений задержки при обработке и динамической задержки сигнала;
- статическая – задержка сигнала, необходимая для корректировки расположения спектров передатчиков в границах защитного интервала;
- максимальная – время необходимое для прохождения сигнала от T2-шлюза до его излучения на самом дальнем передатчике в одночастотной сети.

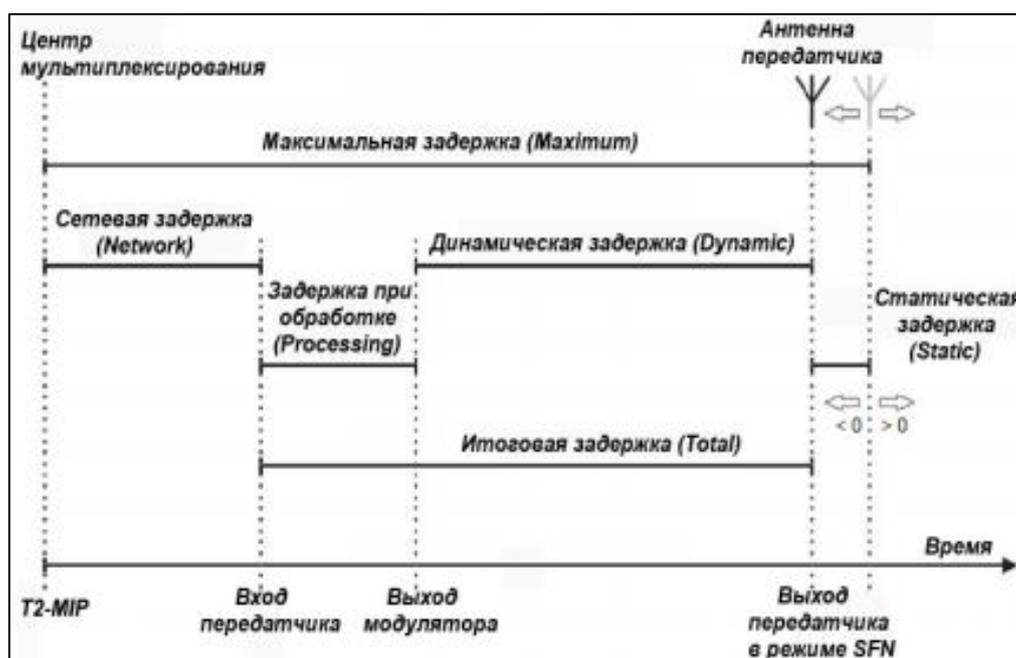


Рис. 3. Виды задержек сигнала DVB-T2

Так как тракт формирования и распределения сигналов цифрового эфирного телевидения в штатном режиме работы остается неизменным, то и задержки сигналов должны быть постоянными или изменяться в незначительных пределах. В результате проведенного исследования были получены значения общих задержек сигналов на передатчиках в Ленинградской области (табл.), работающих в зоне 35 телевизионного канала.

ТАБЛИЦА. Измеренные общие задержки сигналов на передатчиках
в Санкт-Петербурге и Ленинградской области

Место установки передатчика	Общая задержка сигнала, мс
Санкт-Петербург	1257,435
Горьковское	701,774
Первомайское	701,693
Орехово	701,671
Кировск	702,074
Назия	724,894
Красный Бор	724,907
Гатчина	701,952
Сельцо	704,045

При исправном функционировании оборудования общая задержка сигнала на передатчике пакета программ РТРС-1 в Санкт-Петербурге и Ленинградской области должна совпадать с эталонной общей задержкой, указанной в таблице.

Список используемых источников

1. Правила технической эксплуатации сети цифрового эфирного телевизионного вещания в стандарте DVB-T2. М. : 2018. 226 с.

2. Бучатский А. Н., Гузенко О. А., Куликов С. П. Применение интерактивных устройств в системах цифрового эфирного телевидения для повышения стабильности прием а// Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2019. Т. 3. С. 66–69.

УДК 621.397.132.59

ГРНТИ 47.51.29

ВИДЕОСИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРА

Ю. П. Гультияев, Л. А. Иванова, В. С. Ковальчук

Научно-исследовательский институт телевидения

Рассмотрен способ определения дыма и пламени по видеопоследовательности кадров противопожарного мониторинга территории цветной ТВ камерой в видимом

диапазоне на основе принципа спектрально-пространственной фильтрации изображения в мутных средах, обоснован алгоритм его обработки для детектирования дыма и пламени.

извещатель, видеодетектор, пожар, дым, пламя, изображение, спектрально-пространственная фильтрация.

Любая система пожарной сигнализации должна удовлетворять в первую очередь двум очевидным требованиям: насколько возможно более ранняя регистрация начальной фазы развития пожара и низкая вероятность ложных срабатываний [1].

Перспективными средствами для определения возгораний на открытых пространствах могут быть видеосистемы, состоящие из ТВ камер и, при необходимости, осветителей [2]. Такие системы осуществляют видеомониторинг дистанционно, что исключает агрессивное воздействие факторов пожара на аппаратуру и позволяет обнаруживать задымлённость в начальной стадии, открытое пламя – до повышения температуры окружающей среды, а также определять координаты места возгорания [3].

Следует различать программные средства анализа видеопотока, используемые в любой системе видеонаблюдения, и пожарные видеодетекторы, то есть сертифицированные устройства, требования к которым изложены в международном стандарте [4].

Применение подобных видеосистем требует простых, эффективных алгоритмов аналитики. Наиболее проработаны подходы на основе метода анализа образа начальной фазы развития пожара (НФРП) в реальном времени и метода вычисления по яркостной характеристике динамического сценария НФРП [1].

Для анализа мерцания и определения динамики изменения границ пламени и дыма применяется межкадровая обработка изображения [5].

К недостаткам существующих алгоритмов определения НФРП можно отнести большое время реакции (десятки секунд) и низкую эффективность обучения на выборке видеозаписей.

Другой подход предложен в «Способе преобразования изображения дыма и пламени» [6], который реализует спектрально-пространственную фильтрацию изображения с целью подавления статического и динамического фона, а также учитывает динамику факторов возгорания.

На рис. 1 (см. ниже) представлена структурная схема алгоритма на основе указанного способа. Цифрами обозначены: 1 – фотопреобразователь; 2, 3, 4 – блоки фильтров Гаусса; 5, 6, 7 – блоки умножения на коэффициент; 8, 9 – блоки вычитания; 10, 11 – блоки нормализации размаха; 12, 13 – блоки получения межкадровых разностей; 14, 15 – блоки накопления; 16, 17 – блоки сравнения с порогом; 18, 19 – блоки преобразования в звук; 20 – блок активации сигнала тревоги.

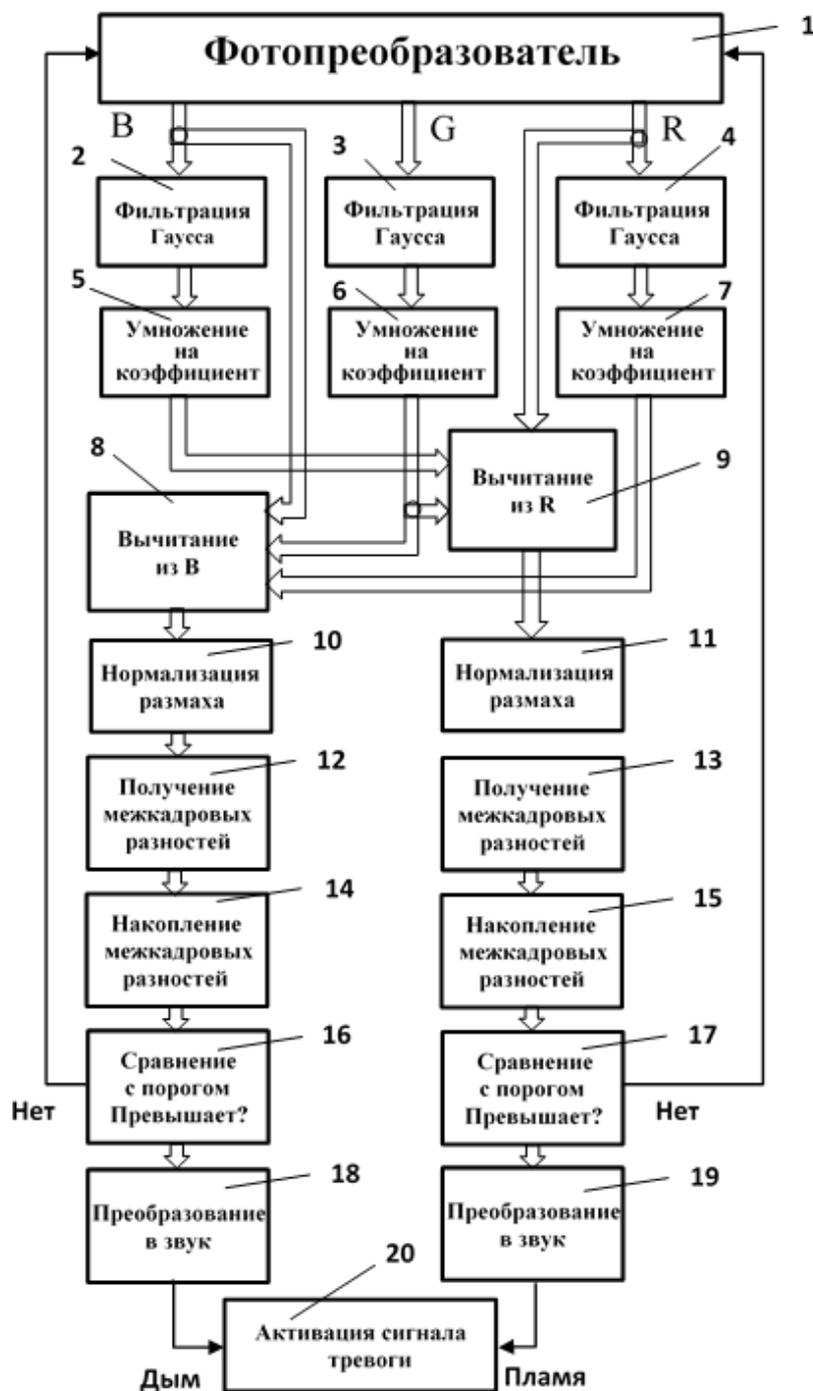


Рис. 1. Структурная схема алгоритма

Чувствительность кремниевой матрицы (в среднем, на уровне 10 % от максимума) видимого света лежит в диапазоне длин волн (410–700 нм) [7]. Следовательно, в соответствии с законом Рэлея, интенсивность рассеянного света на границах указанного диапазона будет различаться примерно в 8,5 раз. Это значит, что в синем участке спектра (410 нм) рассеянный на частицах дыма свет будет до 8,5 раз более интенсивным, чем в красном участке спектра. Поэтому при распознавании дыма используется сигнал в канале *B* после внутрикадровой обработки – вычитания сигналов канала *R*

и G . По сути, производится спектральная фильтрация канала B и его сжатие по ширине спектра для уменьшения влияния фона. Поскольку обработка внутрикадровая, т.е. все сигналы зафиксированы пикселями матрицы в один и тот же момент времени, то отношение результирующего сигнала к шуму будет увеличено. Интенсивность сигнала «дым» в канале B ТВ камеры будет зависеть от характера дыма (размер частиц) и характера освещения (подсветки), поскольку дым в оптическом диапазоне не излучает свет.

Реальный дым даже в отсутствии ветра будет клубиться, т.е. перемещаться в пространстве, что приведёт к образованию межкадрового разностного изображения подвижных участков дыма.

Изображение подвергается следующей внутрикадровой обработке – фильтрации фильтром Гаусса и обработке выходных сигналов каналов фотопреобразователя по алгоритму $S_{Bi} = B_i - K(R_i + G_i)$, где i – номер кадра в видеопоследовательности.

После нормализации размаха опорный кадр вычитают из последующего ($N_{Bi} = S_{B(i+1)} - S_{B1}$) и в получаемом разностном сигнале считают число пикселей, превышающих заданный порог. Сумма пикселей накапливается для нескольких разностных кадров ($N_{\Sigma Bi} = \sum_{i=1}^n N_{Bi}$). На рис. 2 показаны результаты накопления.

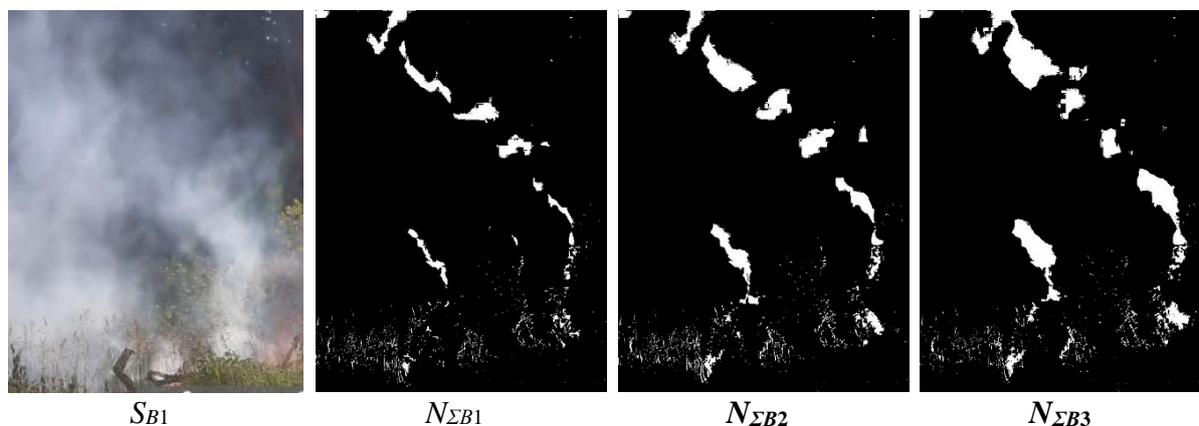


Рис. 2. Накопление разностных изображений дыма

Можно отметить, что на представленных изображениях площади засвеченных областей (пиксели, превышающие порог) представляют собой, динамически изменяющиеся (увеличивающиеся) от кадра к кадру области.

Конечно, в кадре могут быть и другие неподвижные и движущиеся объекты. Но, благодаря внутрикадровой спектрально-пространственной фильтрации изображения, частично подавляющей динамический и статический фон, а также дальнейшей межкадровой обработке, фон подавляется полностью.

Спектральное разделение изображений дыма и пламени возможно при естественном освещении как днём, так и ночью. Однако в помещениях

должно быть установлено освещение, в спектре которого присутствует синяя составляющая. Это могут быть светодиодные источники света с цветовой температурой от 5000 до 6500 К или источники синей подсветки с длиной волны от 410 до 430 нм.

Если предположить, что источником видимого пламени является абсолютно чёрное тело, то его цвет определяется температурой следующим образом: до 1000 К – красный (625–740 нм); от 1000 до 2000 К – оранжевый (590–625 нм); от 2000 до 3000 К – жёлтый (565–590 нм).

Температуру пламени до 3000 К имеют большинство горючих веществ, включая магний, поэтому допустимо анализировать сигнал изображения пламени в красном кадре (565–700 нм), т. е. использовать сигнал канала R , предварительно отфильтрованный от фоновой помехи вычитанием сигналов каналов B и G и с дальнейшей обработкой, аналогичной каналу дыма.

Рассматриваемый алгоритм позволяет исключить вычисления, связанные с анализом остроты кромки пламени [8] и исключением неподвижных источников света [9].

Далее, как и в канале определения дыма, производится накопление межкадровой разности. Число i межкадровых разностей, участвующих в накоплении, может изменяться от 2-х до заданного значения n и зависит от скорости протекания регистрируемого процесса.

Пиксели, превышающие заданный порог, подсчитываются, и если полученное их количество превышает установленный порог, то включается звуковой сигнал «пламя», по аналогии с сигналом «дым».

Наличие звукового сигнала даёт возможность мгновенно привлечь внимание оператора к оценке ситуации и объявлению пожарной тревоги.

Исходный (опорный) кадр из видеоизображения горения на открытом пространстве представлен на рис. 3. Накопленные разностные изображения дыма из канала B и исходный кадр совмещены на рис. 4. Отчетливо видны фрагменты рассеянного излучения на частицах дыма.



Рис. 3. Опорный кадр



Рис. 4. Сигнал дыма на опорном кадре

На рис. 5 результат накопления разностного сигнала пламени также совмещен с опорным кадром. Видны области локализации излучения в спектральном диапазоне 565 нм – 700 нм, они совпадают с областями мерцания кромки пламени.

Таким образом, описанная видеосистема определения пожара, реализующая алгоритм запатентованного способа, позволяет осуществлять противопожарный мониторинг обширных необорудованных пространств по видеоконтенту. Программно-аппаратная реализация такого видеодетектора в тестовом режиме продемонстрировала свою работоспособность и эффективность.



Рис. 5. Сигнал пламени на опорном кадре

Список используемых источников

1. Федоров А. В., Буцынская Т. А. Раннее обнаружение пожара техническими средствами пожарной сигнализации [Электронный ресурс]. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2009-1/2009-1.html>
2. Фёдоров А. В., Членов А. Н., Лукьянченко А. А., Буцынская Т. А., Демёхин Ф.В. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара : монография. М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. 160 с.
3. Воробьёв С. Ю., Есипович Д. Л., Катковский Л. В. Практическое применение систем видеонаблюдения для повышения пожарной безопасности объектов и территорий // Технологии безопасности. 2011. № 5. С. 13–14.
4. ISO/TS 7240-29:2017. Fire detection and alarm systems. Part 29: Video fire detectors. 2017, p.90.
5. Celik T., Demirel N., Ozkaramanli N. Automatic Detection in Video Sequences [Электронный ресурс]. 2004. URL: <http://www.eurasip.org/Proceedings/Eusipco/Eusipco2006/papers/1568981622.pdf>.
6. Гультияев Ю. П., Ковальчук В. С., Попов В. В. Способ преобразования изображения дыма и пламени. Пат. 2707416 Российская Федерация; заявитель и патентообладатель АО «НИИ телевидения». №2019111362, заявл. 15.04.19; опубл. 26.11.19.
7. Хорев А. А. Средства скрытого видеонаблюдения и съёмки (по материалам иностранной печати). [Электронный ресурс]. URL: www.bnti.ru/showart.asp?aid=959&lvl=05.04.&p=1.
8. Пятаева А. В. Исследование методов и разработка алгоритмов обнаружения дыма на открытых пространствах по видеопоследовательностям : монография; Мин. обр. и науки РФ, Сиб. Фед. ун-т. Красноярск : СФУ, 2017. 166 с.
9. Минкин В. А. Виброизображение. СПб. : Реноме, 2007. 108 с.

УДК 331.45
ГРНТИ 34.03

О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ В ОБЛАСТИ ТЕХНОСФЕРНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В. И. Гуменюк¹, Б. С. Доброборский², А. В. Куликович³

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²ООО «СПбГАСУ-Дорсервис»

³Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные науки в области гигиены труда, эргономики и охраны труда основаны на принципах наблюдений и экспериментов, в результате которых невозможно определение метрологически достоверных сведений о состоянии техносферной и экологической безопасности и путях ее решения. Вследствие этого разработка гигиенических нормативов носит дифференцированный характер, в соответствии с чем устанавливаются предельно допустимые уровни или концентрации одних воздействующих факторов без учета одновременного воздействия других, а оценка воздействия самих факторов производится в баллах, не регламентированных метрологически. Таким образом, соответствие техносферы и окружающей среды всем требованиям нормативных документов не обеспечивает реальную безопасность. В связи с чрезвычайной актуальностью решения проблем обеспечения ТЭБ предлагается организовать научно-исследовательскую лабораторию, задачами которой будут являться разработка методов количественных оценок различных рабочих мест и рекомендаций по их модернизации для повышения ТЭБ. Конечным продуктом лаборатории должны быть научные исследования в области ТЭБ, проведение исследований ТЭБ промышленных объектов, выполнение научно-технических работ по повышению ТЭБ промышленных объектов по госзаказам предприятий и учреждений.

охрана, труд, экология, безопасность, техносфера, нормирование, гигиена, эргономика.

Безопасность труда в Российской Федерации и других странах обеспечивается путем регламентации многочисленных факторов рабочей среды и трудового процесса, воздействующих на организм человека посредством соответствующих нормативных документов: санитарных норм, стандартов и других. К ним относятся вибрация и шум, физические и психологические нагрузки, освещенность рабочего места, пыль, состав атмосферного воздуха, ионизирующие и электромагнитные излучения и многие другие. При этом в качестве гигиенических критериев используется степень отклонений параметров факторов рабочей среды и трудового процесса от дей-

ствующих гигиенических нормативов, а классификация условий труда основана на принципе дифференциации указанных отклонений, а степень опасности определяется системой баллов, не аттестованной метрологически, например, в документе «Р.2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

В таблице показан пример классификации условий труда.

ТАБЛИЦА. Классы условий труда в зависимости от уровней шума

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допустимый					Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	Превышение ПДУ до ...дБ/раз (включительно)					
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	ПДУ	5	15	25	35	> 35

При этом нормативными документами не учитывается одновременное воздействие на организм человека всех факторов рабочей среды и трудового процесса, что всегда имеет место в реальных условиях.

Причиной такой ситуации является то, что главные положения медицины, одной из древнейших наук, до настоящего времени основаны не на законах природы, а на наблюдениях и экспериментах, а выводы – на ощущениях.

В частности, такие свойства живых организмов, как гомеостаз определяется как способность живых организмов сохранять динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды, адаптация определяется как свойство организма приспосабливаться к внешним условиям [1, 2], и другие, которые при этом лишь фиксируются и описываются, но не подтверждаются какими-либо причинно-следственными связями.

Однако еще в 1935 году биологом-теоретиком Эрвином Бауэром в его работе «Теоретическая биология» была показана глубокая связь функционирования живых организмов с законами термодинамики [3].

Эти работы получили дальнейшее развитие в исследованиях, проведенных в 1996–2000 годах в Северо-западном научном центре гигиены и общественного здоровья и Северо-западном государственном медицинском университете им. И. И. Мечников. В результате был разработан и запатентован способ количественной оценки воздействия на организм человека различных нагрузок [3], а к 2006 году Б. С. Доброборским при участии проф. Е. С. Мандрыко была разработана теория термодинамики биологических систем, объясняющая физическую сущность и закономерность процессов, происходящих в живых организмах с позиции неравновесной термодинамики [4, 5, 6, 7].

В соответствии с этой теорией энергоснабжение растений производится за счет разности энергетических потенциалов дневного, при котором под действием солнечной энергии происходит потребление энергии путем фотосинтеза, при котором в конечном итоге синтезируется аденозинтрифосфат (АТФ), и ночного, при котором АТФ расщепляется, в результате чего выделяется энергия.

Этот принцип непрерывной последовательности чередования фаз потребления и выделения энергии лежит в основе функционирования всех живых организмов и благодаря ему живые организмы обладают свойствами гомеостаза, сущностью которого является автоматическое регулирование неравновесного термодинамического состояния, адаптации, биоритмов и других свойств.

При этом закономерность биохимических процессов в общем случае подчиняется закону действующих масс.

На рис. 1 показаны графики процессов синтеза и расщепления АТФ и их энергетических процессов. закономерность потребления и выделения энергии.

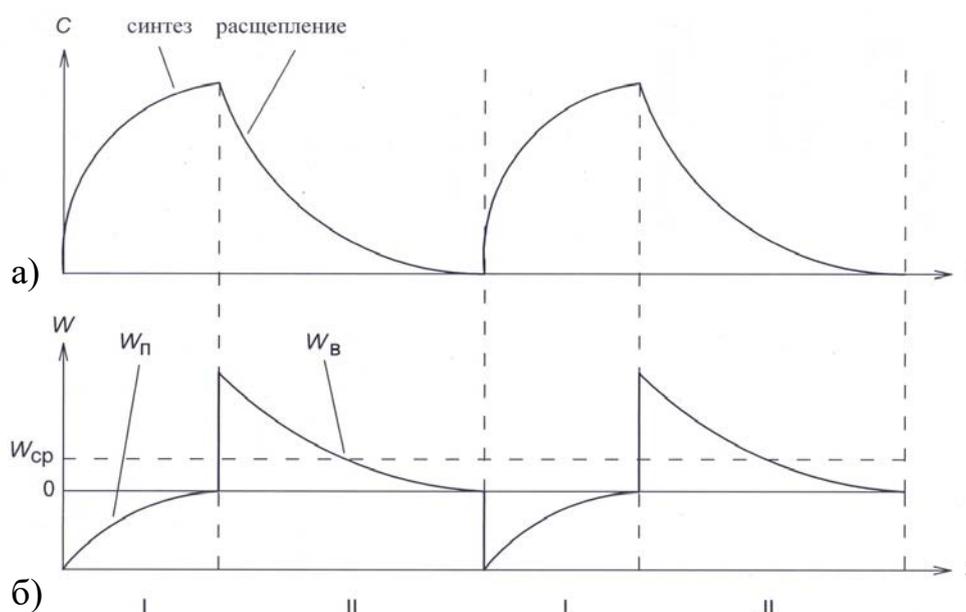


Рис. 1. Графики процессов синтеза и расщепления АТФ и их энергетических процессов: а) график чередования фаз синтеза и расщепления веществ; б) график чередования фаз потребления и выделения энергии; I – фаза потребления энергии; II – фаза выделения энергии; $W_{п}$ – энергия потребляемая; $W_{в}$ – энергия выделяемая; $W_{ср}$ – среднедействующее значение выделяемой энергии

Как видно из рис. 1, закономерности потребления и выделения энергии подчиняются закону действующих масс. Причем среднедействующее значение выделяемой энергии $W_{ср} > 0$, что означает, что живые организмы всегда находятся в неравновесном термодинамическом состоянии.

На рис. 2 показана типовая зависимость времени восстановления функциональных сдвигов t от их величины U . Как видно из рис. 2, если $U_2 > U_1$, то $t_2 > t_1$.

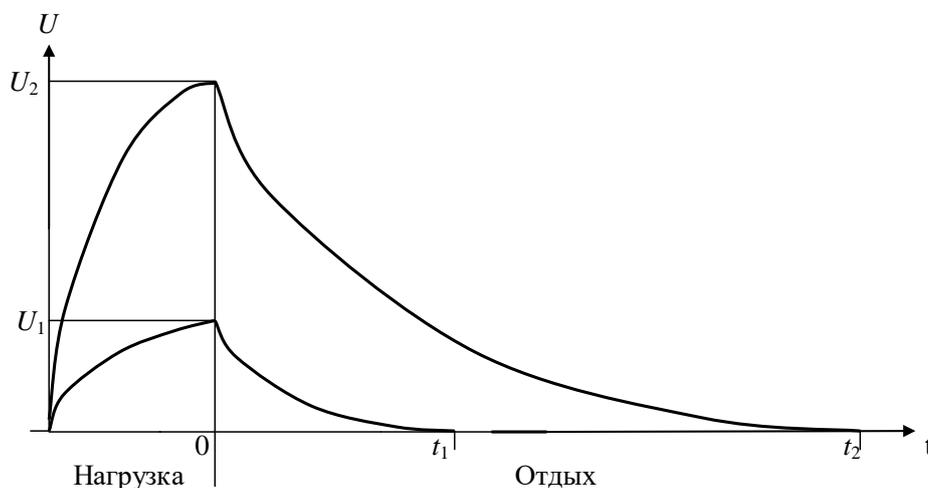


Рис. 2. Типовая зависимость времени восстановления функциональных сдвигов t от их величины U

Таким образом, время восстановления функциональных сдвигов, вызванных нагрузками, во время отдыха, может быть использовано как мера объективной количественной оценки воздействия на организм человека рабочей среды и трудового процесса.

Результаты этих работ были использованы в самых разных областях: проведены исследования причин аварий на различных объектах энергетики, включая Саяно-Шушенскую ГЭС [5], разработаны предложения по совершенствованию организации автомобильного дорожного движения, конструкции различных безопасных компьютерных рабочих мест, в том числе рабочих мест авиадиспетчеров, для учащихся средних школ различного роста, ряда специализированных рабочих мест радиоэлектронной промышленности, для инвалидов с нарушениями подвижности нижних конечностей и других, новые конструкции вибробезопасных пневматических ручных и переносных строительных машин ударного действия (перфораторов, отбойных молотков, легких буровых установок).

Однако до настоящего времени не проводилось систематических научных исследований в этой области. В частности, не изучались вопросы области применения этого способа оценки интегрального воздействия факторов при нормальной работе и стрессовых ситуациях, вопросы условий проведения экспериментов и разработки нормативных документов, обеспечивающих гарантированную безопасность рабочей среды, трудового процесса, техносферы и экологической обстановки.

Для полноценных исследований и решения поставленных задач необходимо создание специализированной лаборатории, в которой поэтапно следует организовать эти работы.

Список используемых источников

1. Панин Л. Е. Системные представления о гомеостазе // Бюллетень СО РАМН. 2007. Т. 27. № 5. С. 10–16.
2. Чебышев Н. В., Гузикова Г. С., Лазарева Ю. Б., Ларина С. Н. Биология. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. 608 с. ISBN, 978-5-9704-1817-8.
3. Бауэр Э. С. Теоретическая биология. М–Л. : ВИЭМ, 1935. 206 с.
4. Бутковская З. М., Доброборский Б. С., Кадыскина Е. Н. К вопросу применения нового эргономического показателя «Эргоемкость» при гигиенической оценке и сертификации ручного инструмента // Гигиена труда и промышленная экология. 1998. № 11. С. 12–15.
5. Доброборский Б. С., Кадыскина Е. Н. Способ определения величины воздействия на организм человека источников нагрузок. Пат. 2159576 Российская Федерация, заявитель и патентообладатель Доброборский Б. С., Кадыскина Е. Н. – № 96123991/14; заявл. 15.12.1996; опубл. 2000 г. Бюл. №33.
6. Доброборский Б. С. Термодинамика биологических систем: учеб. пособие / Под ред. проф. Е. С Мандрыко. СПб. : Палитра, 2006. 52 с.
7. Гуменюк В. И., Доброборский Б. С. Термодинамические основы теории безопасности. СПб. : Эко-Вектор, 2013. 96 с. ISBN 978-5-9903627-3-4.

УДК 621.396.712
ГРНТИ 49.43.37

ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КАНАЛЬНОГО КОДЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ DRM

О. А. Гуминский, С. В. Мышьянов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье приведено исследование алгоритма канального кодера в современном стандарте цифрового радиовещания – DRM. Данный алгоритм применяется с целью исправления возникающих в канале битовых ошибок. Основной практической задачей алгоритма является получение на выходе декодера неискаженной информации (аудио, текст и т. д.). В ходе работы смоделирован передающий тракт системы DRM, содержащий скремблер, канальный кодер, работающий для разных режимов (4 QAM с различной скоростью кода), битовый перемежитель, блок формирования ячеек OFDM кадра, перемежитель ячеек OFDM кадра. Реализация алгоритма канального кодера для системы DRM выполнена в программной среде MATLAB/Simulink.

MATLAB, Simulink, DRM, канальный кодер.

В данной статье рассматривается применение программной среды MATLAB/Simulink для исследования алгоритма канального кодера в рамках моделирования приемо-передающего тракта цифровой системы радиовещания Digital Radio Mondiale (DRM). Такая модель, совместно с утилитой Bit Error Rate Analysis Tool позволяет провести исследования зависимости битовой ошибки Bit Error Rate (BER) от отношения энергии бита к шуму (E_b/N_0).

В цифровой системе радиовещания DRM применяется сверточное кодирование на основе базового (материнского) кода. Раздел 7.3.2 [1] описывает общую процедуру канального кодирования, которая состоит из трёх последовательных процедур:

- формирование материнского кода (*mother code*);
- битовое выкалывание основной части материнского кода (*puncturing*);
- битовое выкалывание хвостовой части материнского кода (*TailBits*).

Формирование материнского кода – процедура сверточного кодирования со скоростью $1/6$, определяемого математическим выражением:

$$b_{0,i} = a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6};$$

$$b_{1,i} = a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-6};$$

$$b_{2,i} = a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-4} \oplus a_{i-6};$$

$$b_{3,i} = a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6};$$

$$b_{4,i} = a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-6};$$

$$b_{5,i} = a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-4} \oplus a_{i-6};$$

где a_i – биты входного информационного сигнала; b_i – биты выходной последовательности, формируемой кодером; \oplus – операция сложения по модулю 2.

При проектировании приемо-передающей аппаратуры DRM возможно реализовать отдельные кодеры для каждой скорости кода, однако, с технической точки зрения рациональнее использовать подход, при котором сначала формируется общий код, из которого впоследствии возможно получить любой другой с помощью выкалывания.

Таблица 27 [1] содержит полный перечень скоростей кодирования, поддерживаемых в DRM, и описывает паттерн, по которому производится выкалывание.

Все возможные паттерны выкалывания для TailBits приведены в таблице 28 [1]. Для определения того, какой именно паттерн выкалывания использовать для каждой конкретной скорости кода, в стандарте приводится формула:

$$r_p = (2N_2 - 12) - RY_p \left\lfloor \frac{2N_2 - 12}{RY_p} \right\rfloor$$

где r_p – номер паттерна из таблицы 28 [1]; $2N_2$ – количество OFDM ячеек во фрейме, для режима работы E (табл. 45 [1]) равно 7460; RY_p – знаменатель скорости кода (табл. 27 [1]).

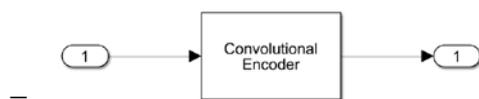
Ниже приведена таблица, определяющая скорость кода для режима работы E основного канала данных, для модуляции 4-QAM.

ТАБЛИЦА. Скорости кода для основного канала для модуляции 4-QAM (для режим работы E)

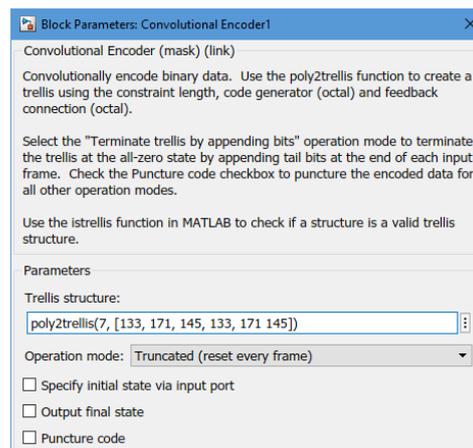
Уровень защиты	Общая скорость кода, R_{all}	Скорость кода, R_0
0	0,25	1/4
1	0,33	1/3
2	0,4	2/5
3	0,5	1/2

В программной среде MATLAB/Simulink реализовано три разных варианта канального кодера:

- на основе стандартного блока Convolutional Encoder с указанием структуры poly2trellis (рис. 1);
- на основе стандартных блоков Хор и Delay (рис. 2, см. ниже);
- на основе созданной функции (рис. 3, см. ниже).



а)



б)

Рис. 1. Внешний вид блока Convolutional Encoder (а) и его окно настроек (б)

Общая структура разработанной модели показана на рис. 4 (см. ниже). В начале к исходному вектору добавляются нули для обнуления регистра

сдвига после каждого кадра, затем в выбранном кодере формируется материнский код со скоростью 1/6, с помощью блока Multiport Selector отделяется основная часть материнского кода от хвостовой части, и затем используя блок Puncture для этих частей производится выкалывание в соответствии со скоростью кода и таблицы выкалывания для хвостовой части.

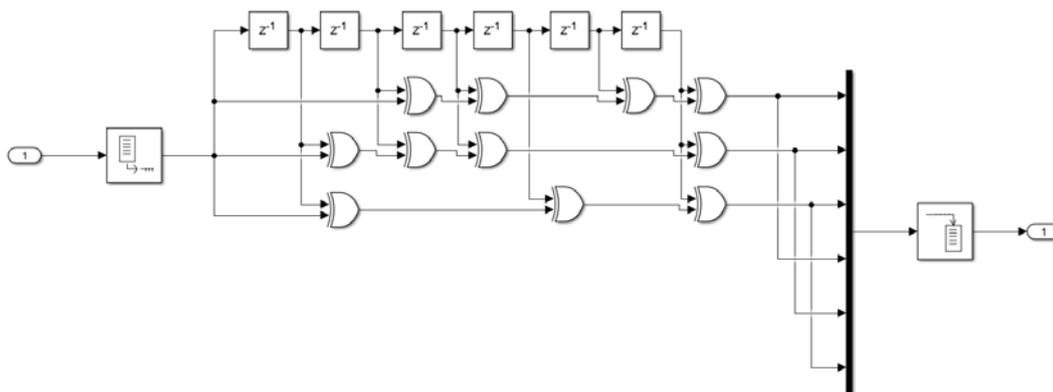


Рис. 2. Внешний вид кодера, созданного на элементарных блоках в программе Simulink, формирующий сверточный материнский код со скоростью $R = 1/6$

```

1 function b = fcn(MSCscremb)
2     a = [0 0 0 0 0 0 0]; % первоначальное состояние регистра сдвига
3     b = zeros(6,length(MSCscremb)/6); % инициализируем массив материнского кода
4     [~, columns] = size(b);
5
6     % заполним материнский код
7     for m = 1:columns
8         a = [MSCscremb(m) a(1) a(2) a(3) a(4) a(5) a(6)];
9         b(1, m) = xor(xor(xor(xor(a(1), a(3)), a(4)), a(6)), a(7));
10        b(2, m) = xor(xor(xor(xor(a(1), a(2)), a(3)), a(4)), a(7));
11        b(3, m) = xor(xor(xor(a(1), a(2)), a(5)), a(7));
12        b(4, m) = b(1, m);
13        b(5, m) = b(2, m);
14        b(6, m) = b(3, m);
15    end
16    b(1:end) = reshape(b, length(MSCscremb), 1);
17 end

```

Рис. 3. Листинг реализации кодера на основе написанной функции

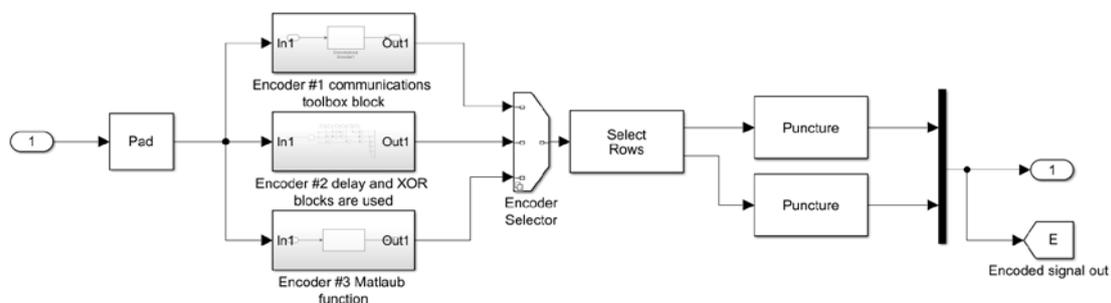


Рис. 4. Внешний вид исследуемой модели канального кодера в программе Simulink

Для исследования канального кодера смоделирован приемного-передающий тракт DRM (рис. 5). В него добавлен блок аддитивного белого гауссовского шума (AWGN).

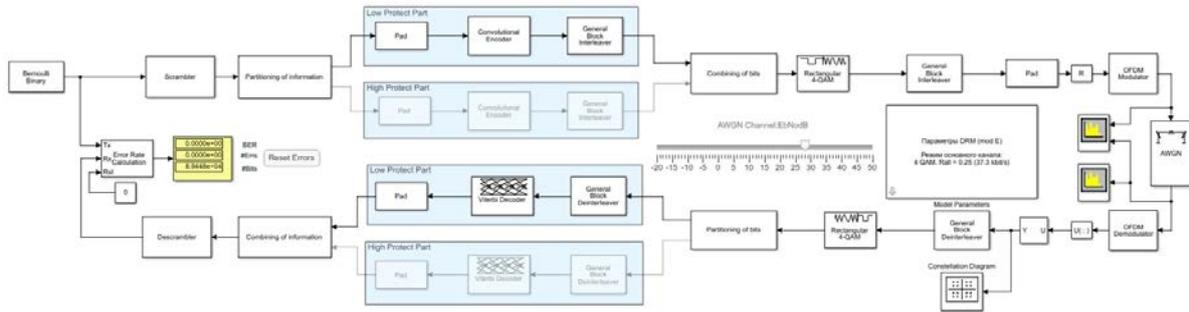


Рис. 5. Модель приёмно-передающего тракта в программе Simulink

В качестве декодера используется декодер Витерби. Для оценки помехоустойчивости применялась утилита BER Analysis Tool [2]. Она позволяет строить как теоретические графики зависимости вероятности появления битовой ошибки (BER) от отношения E_b/N_0 , выраженного в дБ, так и на основе готовой Simulink-модели. С ее помощью построены графики зависимостей BER от отношения E_b/N_0 для модуляции 4 QAM (рис. 6) с разными скоростями кода в соответствии с таблицей 1. Также построен теоретический график зависимости для модуляции 4-QAM с применением сверточного кодера со структурой, соответствующей стандарту ETSI для цифровой системы радиовещания DRM [1].

На рис. 6 можно заметить, что теоретический график практически совпадает с графиком для разработанной модели с применением скорости кода 1/4. Также можно проследить закономерность при построении графиков для разных уровней защиты (табл.).

С изменением скорости кода от 1/4 до 1/2 показатель вероятности появления битовой ошибки будет ухудшаться. Это объясняется тем, что, выполняя процедуру выкалывания количество проверочных бит, сформированных материнским кодом, сокращается, в результате чего декодер на приемной части допускает больше ошибок при декодировании. С изменением скорости кода от 1/4 до 1/2 (табл.) изменяется количество выкалываемых бит, тем самым снижая помехозащищенность, однако при этом повышаем пропускную способность канала.

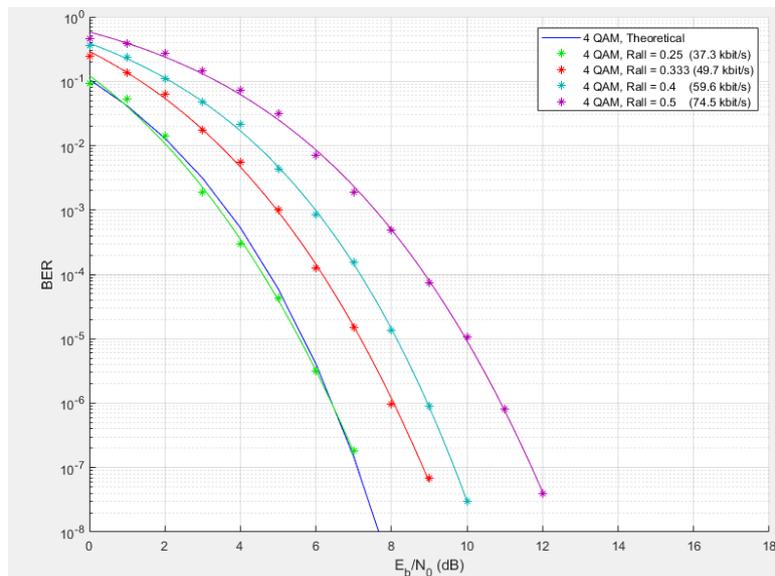


Рис. 6. График зависимости BER от E_b/N_0 для 4 QAM

Канальный кодер и приемо-передающий тракт DRM смоделированы в программной среде MATLAB/Simulink с применением метода модельно ориентированного проектирования. Это даёт возможность для дальнейшего изучения структуры тракта исследуемой системы цифрового радиовещания для разных моделей каналов связи, а также возможностью генерации C/C++ кода для реализации этой модели на аппаратном уровне. Результаты исследования показали, что исследуемый канальный кодер при разных скоростях кода позволяет добиться необходимого отношения вероятности появления битовой ошибки (BER) от отношения E_b/N_0 .

Список используемых источников

1. ETSI ES 201 980 V4.1.2 (2017-04) Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification. 2017. 196 p.
2. MathWorks. Available at: <https://www.mathworks.com/help/comm/ref/beranalyzer-app.html>
3. Ковалгин Ю. А., Мышьянов С. В., Гуминский О. А., Мошков В. В., Шахпорянян И. А., Жукова А. В. Исследование приемопередающих трактов систем цифрового радиовещания: отчёт о НИР. СПб. : СПбГУТ, 2019. 79 с.

Статья представлена профессором кафедры ТВиМ СПбГУТ, доктором технических наук, профессором Ю. А. Ковалгиным.

УДК 621.397.43
ГРНТИ 49.40.49

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛЮДЕЙ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

О. А. Гуминский, С. Л. Фёдоров

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматриваются возможности разработки системы распознавания людей в программной среде MATLAB. Приведены результаты исследования встроенных в MATLAB функции, позволяющих распознать на изображении человека, а также возможность использовать их для распознавания человека в движении с использованием веб камеры.

MATLAB, система распознавания людей.

В данной статье рассматривается применение программной среды MATLAB для изучения встроенных функций распознавания объектов

на изображении, а конкретно распознавание людей, которая позволяет ознакомиться с некоторыми функциями инструментария Computer Vision Toolbox. Для этого создан графический интерфейс (GUI) отображенный на рис. 1, который позволяет загружать изображение, применять к нему функцию детектирования, выбранную пользователем, а также сохранять полученное изображение в отдельный файл. Помимо этого, реализована возможность подключать внешнюю USB камеру, тем самым позволяя производить детектирование объекта в режиме реального времени.

В качестве исследуемых детекторов используются `peopleDetectorACF` и `vision.CascadeObjectDetector`, для визуального отображения результатов их работы применяется функция `insertObjectAnnotation`. Они являются частью инструментария Computer Vision Toolbox. Детектор `peopleDetectorACF` работает в связке с функцией `detect`, возвращая данные о найденных на изображении людях, находящихся в вертикальном положении при помощи детектора `acfObjectDetector`, обученного с помощью набора данных о человеке. Детектор `vision.CascadeObjectDetector` работает по следующему принципу. Создается переменная `detect`, которая приравнивается к детектору `vision.CascadeObjectDetector`, с указанием двух аргументов:

- `ClassificationModel`, это имя модели классификации, другими словами оно определяет какую часть лица детектировать: лицо, губы, нос и т. д.;

- `MergeThreshold`, это порог срабатывания модели.

Для их управления был разработан графический интерфейс, отображенный на рис. 1. В верхней части интерфейса расположено поле для отображения изображения, ниже располагается текстовое поле для указания пути к исследуемому изображению, справа от него пять кнопок, кнопка «Выбор файла» открывает диалоговое окно с выбором изображения, кнопка «Сохранить как...» сохраняет изображение после его обработки, кнопка «Открыть в новом окне» позволяет развернуть исследуемое изображение в отдельном окне, при этом в случае изменения параметров детектирования изменения отразятся одновременно как в основном окне графического интерфейса, так и в отдельном окне. Кнопки «САРМ» и «STOP» позволяют

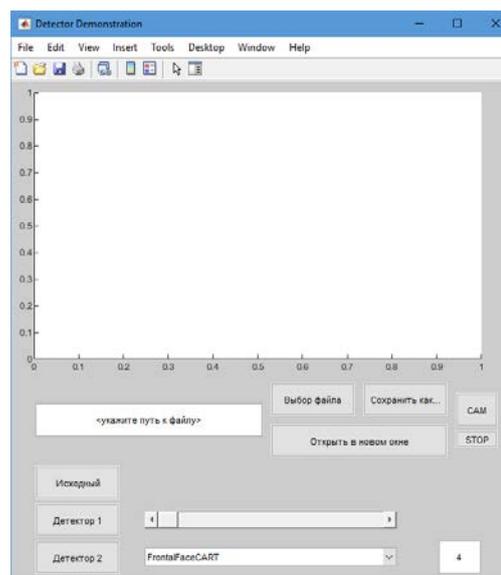


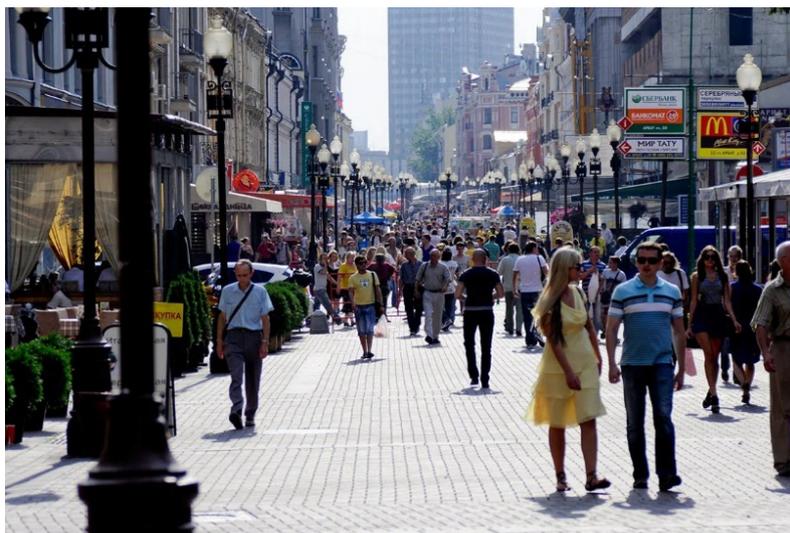
Рис. 1. Графический интерфейс для исследования функций детектирования

включить или отключить съемку с камеры, при этом получаемое изображение отображается в текущем окне, учитывая выбранные параметры детектора.

Для исследования работы детекторов были выбраны изображения, отображенное на рис. 2. Пример работы графического интерфейса приведен на рис. 3 (см. ниже).



а)



б)

Рис. 2. Исходные исследуемые изображение

Выбор отображения настраивается в нижней части графического интерфейса. Кнопка «Исходный» позволяет отобразить исходное изображение без изменений, кнопка «Детектор 1» предназначена для запуска функции детектора `peopleDetectorACF` слайдер справа позволяет изменить порог отображения, создаваемый функцией `detect` и сохраняемые в переменную `score`. Сама переменная `score` хранит численное значение, определяющее с какой точностью алгоритм детектирования, нашел на изображении человека. Пример работы отображен на рис. 4 (см. ниже).

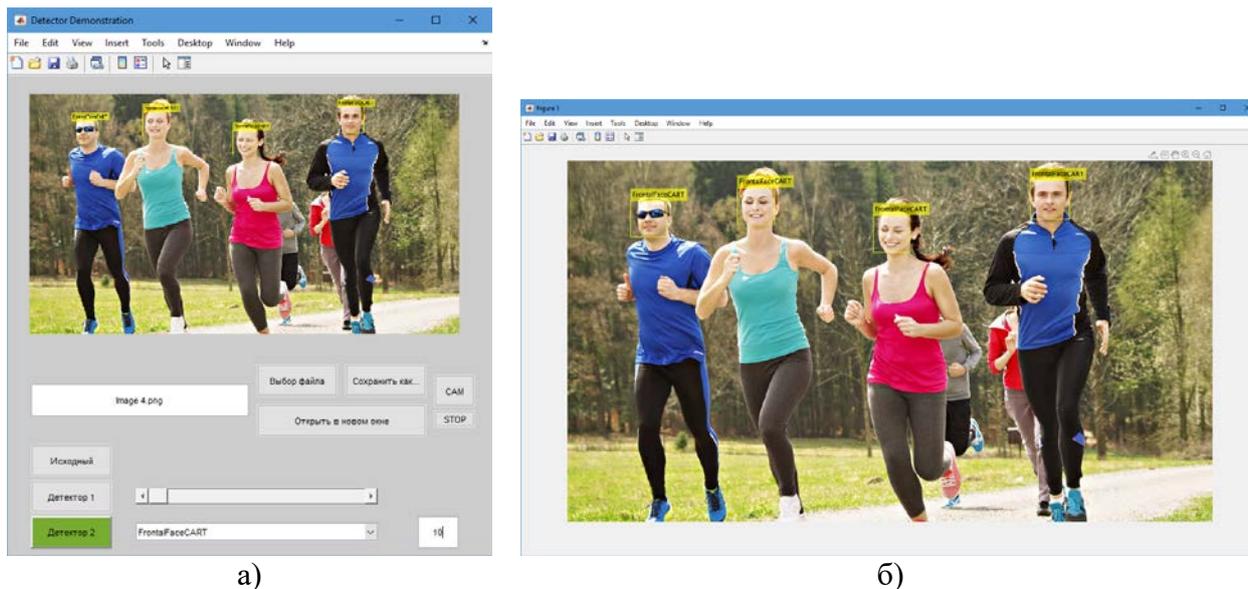


Рис. 3. Демонстрация работы графического интерфейса для основного (а) и дополнительного (б) окна



Рис. 4. Демонстрация работы детектора vision.CascadeObjectDetector без регулировки отображения (а), и с ограничением по отображению если элемент переменной score меньше 20 (б)

Кнопка «Детектор 2» предназначена для запуска функции детектора vision.CascadeObjectDetector выпадающий список справа позволяет выбрать, какую часть лица детектор должен отобразить, правее отображено текстовое поле для изменения порога детектирования. Пример работы отображен на рис. 5.



а)



б)

Рис. 5. Демонстрация работы детектора vision.CascadeObjectDetector с выбранным параметром отображения рта с пороговыми значениями 10 (а) и 35 (б)

В результате разработанный графический интерфейс упрощает работу с детекторами, позволяя в одном графическом окне менять различные параметры детектирования, позволяя сразу отобразить эти изменения на изображении.

Список используемых источников

1. Dollar, P., R. Appel, S. Belongie, and P. Perona. Fast Feature Pyramids for Object Detection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 36, Issue 8, 2014, pp. 1532–1545.
2. Dollar P., C. Wojek, B. Shiele, and P. Perona. Pedestrian Detection: An Evaluation of the State of the Art // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 34, Issue 4, 2012, pp. 743–761.
3. Dollar, P., C., Wojek, B. Shiele, and P. Perona. Pedestrian Detection: A Benchmark // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2009.
4. Lienhart R., Kuranov A., and V. Pisarevsky. Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection // Proceedings of the 25th DAGM Symposium on Pattern Recognition. Magdeburg, Germany, 2003.
5. Ojala Timo, Pietikäinen Matti, and Mäenpää Topi. Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns // In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002. Volume 24, Issue 7, pp. 97–98.

УДК 621.396.67.012.12
ГРНТИ 47.05.09

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ АВТОКОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ С АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ

А. Е. Гуреев, С. В. Кузьмин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматривается вопрос помехозащищенности систем радиосвязи с антенными решетками, а именно обзор наиболее актуальных и рациональных методов борьбы и подавления помех в современных системах. Основным объектом анализа являются методы пространственно-временной обработки сигнала. При анализе этих методов произведено сравнение их реализаций и, в результате анализа, сделаны соответствующие выводы. Перечислены достоинства и недостатки рассматриваемых методов, а также произведен анализ возможностей развития данных методов с применением современных подходов и технологий.

помехозащищенность, антенные решетки, автокомпенсация, активные шумовые помехи.

В радиоэлектронных средствах, наряду с полезным сигналом принимаются помехи, которые непосредственно влияют на качество работы приемного устройства. Чтобы обеспечить стабильную работу систем радиосвязи нужно предпринять меры относительно помехозащищенности приемопередающего тракта. На сегодняшний день существует достаточное количество методов подавления помех. Для того чтобы корректно применить тот или иной метод в конкретной ситуации, нужно не только знать особенности системы радиосвязи, но и понимать природу самих помех. Существуют два вида помех. Преднамеренные и непреднамеренные помехи. К преднамеренным относятся шумовые, со сложным законом модуляции, имитационные и с немодулированной несущей частотой. Непреднамеренные помехи могут быть естественными и искусственными [1].

Среди множества методов борьбы с помехами наибольший интерес для решения многих современных задач представляют пространственные способы подавления помех с использованием многоканальных систем с антенными решетками.

На данный момент широкое применение имеют следующие методы:

- а) Формирование нулей в диаграмме направленности антенны (ДНА).
- б) Автокомпенсация помех.

в) Адаптивная узкополосная фильтрация (реализация режекторных фильтров).

При двумерном управлении лучами разумно применять диаграммообразующие устройства (ДОУ), которые производят векторное сложение нескольких приемных каналов. Применение таких устройств позволяет управлять положением ДН антенной системы в обеих плоскостях. Это реализует функцию пространственной селекции. Так же, применяя ДОУ можно уменьшить влияние мешающих сигналов посредством снижения влияния многопутного распространения и повысить отношение сигнал шум [2].

Цифровые диаграммообразующие устройства (ЦДО) дают возможность применения сложных адаптивных методов приема сигналов и управления формой ДНА путем формирования в раскрыве антенной решетки расчетного амплитудно-фазового распределения (АФР) с высокой точностью.

На рис. 1. приведена структурная схема ЦДО многоэлементной АФАР. Данная структура приведена для случая формирования ДНА с одним лучом, и если число каналов адаптации равно количеству подрешеток.

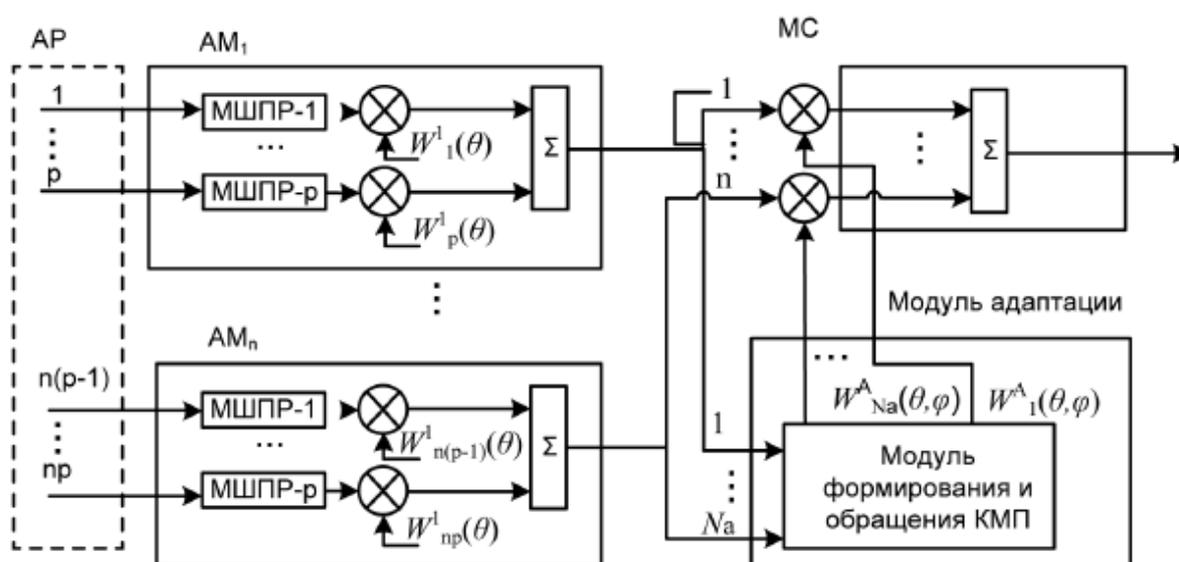


Рис. 1. Функциональная схема ЦДО

Здесь антенный модуль (АМ) системы ЦДО, в каждом из которых выполняется формирование парциальных ДН при помощи весовых коэффициентов, а результирующая ДН формируется в модуле суммирования (МС) при помощи адапционных коэффициентов с учетом числа каналов адаптации, которые рассчитываются в модуле адаптации. В АМ принимаются сигналы, там же, в малошумящих преобразователях (МШПР) фильтруются и преобразуются в цифровую форму, а затем происходит взвешенное суммирование преобразованных сигналов. В МС содержатся перемножители весовых коэффициентов и сумматор. Модуль адаптации работает по алгоритму, согласно которому вычисляется ковариационная матрица помех

(КМП), затем она обращается, и вычисляются адаптационные коэффициенты W^A [3].

Рассмотрим выражение для диаграммы направленности антенны, формирующей нуль в заданном направлении:

$$F_{\Delta 1}(\theta, \varphi, \theta_0, \varphi_0) = F(\theta, \varphi, \theta_0, \varphi_0) - F_{p1} \cdot F(\theta, \varphi, \theta_{p1}, \varphi_{p1}), \quad (1)$$

где $F(\theta, \varphi, \theta_i, \varphi_i)$ – ДН, имеющая максимум в направлении (θ_i, φ_i) . F_{p1} – коэффициент, зависящий от направления на источник помехи. АФР определяется следующим выражением:

$$I_{\Delta 1} = I_0 - F_{p1} \cdot I_1,$$

где I_0 – АФР соответствующее исходной ДН, I_1 – АФР соответствующее ДН имеющей максимум в направлении $(\theta_{p1}, \varphi_{p1})$.

На рис. 2 приведен пример формирования «нуля» в первом боковом лепестке ДН 8-элементной кольцевой АР.

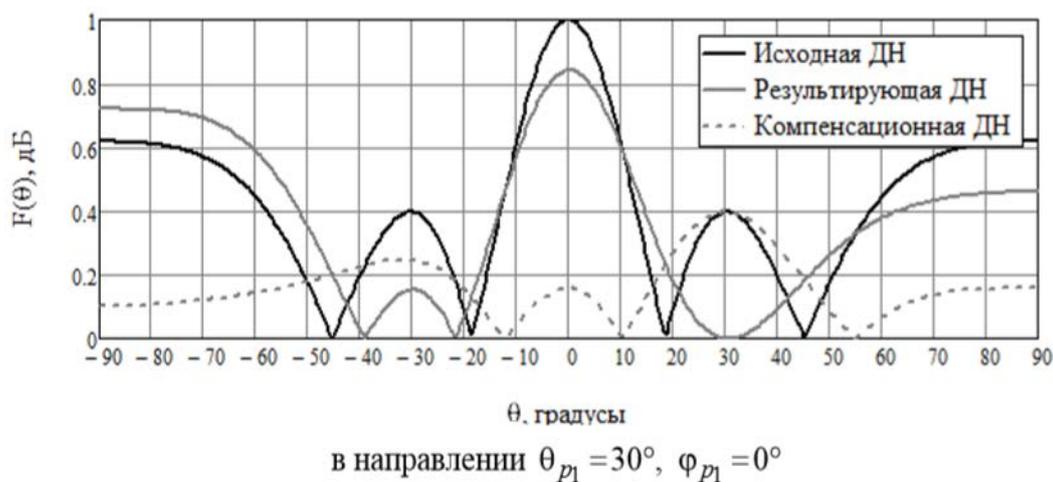


Рис. 2. Диаграмма направленности антенной решетки с одним «нулем»

Второе слагаемое выражения (1) при условиях, когда $\theta = \theta_0, \varphi = \varphi_0$ будет определять потери в усилении АР. Амплитудные потери и искажение фазовой характеристики будут полностью определяться взаимным положением направления максимума излучения (θ_0, φ_0) и направления прихода помехи $(\theta_{p1}, \varphi_{p1})$. Принцип формирования нулей в ДН можно использовать для случаев с различным количеством помех, к тому же полученные выражения будут справедливы и для АР с любой геометрией расположения излучателей [4].

Адаптивным называется фильтр с изменяющимися параметрами в процессе работы, которые зависят от критерия работы. Таким критерием является минимизация квадратичной функции ошибки между требуемым сигналом и сигналом на выходе фильтра. Достижение минимума целевой функции означает, что выходной сигнал адаптивного фильтра «близок» к требуемому сигналу, т. е. повторяет по форме этот сигнал. Приближение сигнала к требуемому виду на выходе фильтра происходит при помощи весовых коэффициентов.

На рис. 3. показана схема одноканального адаптивного фильтра, где $x(k)$ – сигнал на входе, $d(k)$ – эталонный сигнал, $y(k)$ – сигнал на выходе, $e(k) = d(k) - y(k)$ – сигнал ошибки; k – номер отсчета. Адаптивный алгоритм вычисляет весовой коэффициент на основе входного сигнала и сигнала ошибки [5].

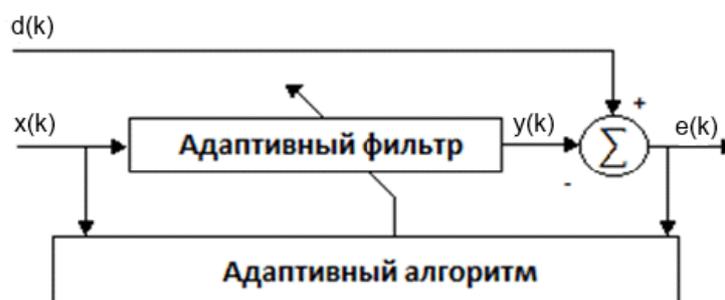


Рис. 3. Схема одноканального адаптивного фильтра

Применение автокомпенсатора помех целесообразно и является одним из эффективных вариантов подавления помех в РЛС, которые работают с диаграммами направленности антенн (ДНА), не имеющими возможность формирования нескольких пространственных каналов. Корреляционный автокомпенсатор это, сам по себе, пространственный фильтр с хорошей чувствительностью. Если к комбинации автокомпенсатора и компенсационной антенны применить, например, БПФ обработку, тогда получаем полноценную пространственно-временную обработку сигнала.

На рис. 4. можно увидеть, что коэффициент усиления компенсационной антенны немного больше уровня боковых лепестков ДНА основной антенны. Поэтому попаданием помехи на лепестки ДНА компенсационной антенны пренебрегаем.

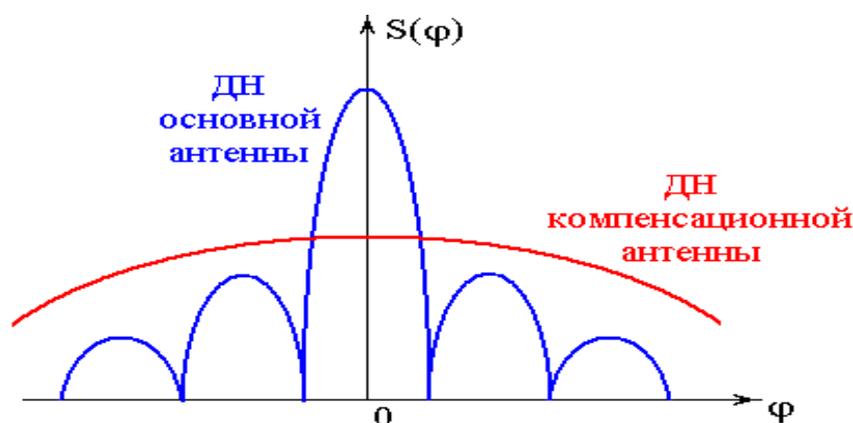


Рис. 4. Подавление боковых лепестков ДНА основной антенны

На рис. 5. изображена структурная схема типового автокомпенсатора, которая позволяет разобраться в принципе и устройстве работы.

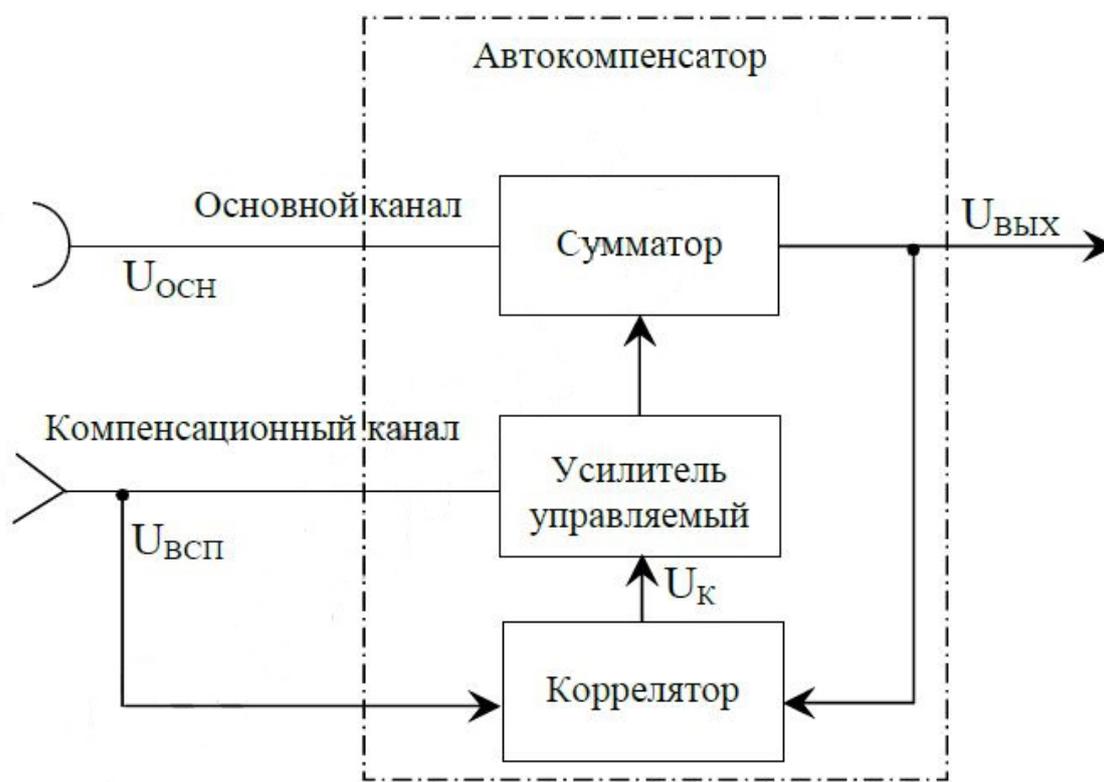


Рис. 5. Структурная схема автокомпенсатора помех

Шумовая помеха принимается одновременно основной и вспомогательной антеннами. Обработка происходит так же в основном и компенсационном каналах. Из них, обработанные сигналы должны поступать на сумматор. В компенсационном канале включен управляемый усилитель с комплексным коэффициентом передачи. Характер изменения помехи в обоих каналах будет одинаковым и напряжения $U_{осн}$ и $U_{всп}$ на выходах антенн будут отличаться всего лишь амплитудой и сдвигом по фазе, которые определяются ДНА и разностью хода сигналов в обоих каналах. Отсюда следует, что сигналы шумовой помехи в основном и вспомогательном каналах коррелированы. Управляемый усилитель изменяет амплитуду и фазу помехи по компенсационному каналу на сумматоре таким образом, что она становится равна по амплитуде и противоположна по фазе помехе в основном канале независимо от азимута источника помех. Исходя из этого происходит формирование нуля приема в результирующей ДН по направлению источника помех, другими словами – пространственная режекция. Коррелятор осуществляет перемножение напряжений помехи, поступающих на него с выхода сумматора и компенсационного канала, а затем усредняет их во времени. Амплитуда и полярность напряжения коррелятора определяются величиной остатка помехи на выходе сумматора и сдвигом по фазе

сигналов по мехи в обоих каналах. Значение остатка помехи на выходе сумматора является минимальным и устанавливается управляющим напряжением из-за отрицательного знака обратной связи.

Автокомпенсатор, на склонах ДН (напряжение помех в обоих каналах в этой области сравнимо по амплитуде), ослабляет помеху в основном канале и сужает сектор приема помехи по главному лепестку. Помимо этого, автокомпенсатор помех формирует нулевой прием, что называется компенсацией приема помехи, по боковым лепесткам ДН в направлении постановщика помех.

Главной задачей является вычисление коэффициента корреляции между компенсирующим лучом и боковыми лепестками в целях успешного использования автокомпенсатора помех. Предшествующая задача – построение алгоритма снижения активной помехи по боковым лепесткам основной антенны.

Целесообразно будет создать математическую модель снижения помех для проверки алгоритма с последующим анализом данных. В силу достаточно развитых элементной базы и технологий результаты и алгоритмы после проверки с помощью математического моделирования можно реализовать и использовать в реальных условиях.

Алгоритм работы корреляционного автокомпенсатора помех можно описать следующим уравнением:

$$U_{\Sigma}(t) = U_{\text{ПО}}(t) - W(t)U_{\text{ПК}}(t),$$

где $U_{\Sigma}(t)$ – напряжение на выходе, $U_{\text{ПО}}(t)$ – напряжение помехи основного канала, $W(t)$ – весовой коэффициент, $U_{\text{ПК}}(t)$ – напряжение помехи компенсационного канала.

Весовой коэффициент находим следующим образом:

$$W(t) = \gamma \int_0^t U_{\text{ПК}}^*(t')U_{\Sigma}(t')dt',$$

где $U_{\text{ПК}}^*(t)$ – комплексно-сопряженное значение напряжения помехи в компенсационном канале автокомпенсатора, γ – коэффициент усиления цепи обратной связи.

Есть условие, при соблюдении которого будет обеспечиваться нахождение весового коэффициента. Коэффициент γ должен иметь величину, которая лежит в пределах $1/\lambda_{\text{max}} > \gamma > 0$, где λ_{max} – максимум собственного значения корреляционной матрицы помех.

Характеризуя работу корреляционного автокомпенсатора помех, можно сказать, что он формирует диаграмму направленности, максимум, который направлен на цель, а минимум сориентирован на источник помехи.

Другими словами – формируется провал в боковом лепестке ДНА по направлению действия шумовой помехи.

Выводы

В целом, все рассмотренные методы подавления помех в итоге осуществляют одну и ту же функцию в пространственной области и с применением цифровой обработки сигнала каждый из методов можно их усилить и обеспечить применение более сложных алгоритмов адаптации. Отличаются лишь способы реализации и проведения пространственной режекции тем или иным способом. В перспективе следует исследовать вопрос совмещения описанных методов с применением антенных решеток вместе с автокомпенсатором помех. А именно предлагается воспользоваться многоканальностью систем с антенными решетками для последующего выделения одного из каналов в качестве компенсационного.

Список используемых источников

1. Лосев Ю. И., Бердников А. Г., Гойхман Э. Ш., Сизов Б. Д. Адаптивная компенсация помех в каналах связи. М. : Радио и связь, 1988. 208 с.
2. Зимин А. С., Криницкий Г. В. Применение многоантенных систем для повышения помехозащищенности систем спутниковой радионавигации на подвижных объектах // Электронный журнал «Труды МАИ». 2012. Выпуск № 51. С. 22.
3. Бирбасов М. Р., Алёшин С. Л., Габриэлян Д. Д., Новиков А. Н., Шацкий Н. В. Подавление помех в антенных решетках с ограниченным числом каналов адаптации // Информация и космос. 2015. № 3. С. 17–22.
4. Андреев А. Г., Ерохин А. А., Саломатов Ю. П., Штро П. В. Формирование «нулей» в диаграмме направленности АР // Электронные средства и системы управления. 2014. № 1. С. 132–136.
5. Джиган В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. М. : Техносфера, 2013. 528 с.

УДК 654.072.2
ГРНТИ 47.61.29

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЪЕКТОВ РАДИОКОНТРОЛЯ

В. П. Грецев, А. В. Давыдов, П. И. Кузин,
В. А. Липатников, И. А. Потапов

Военная академия связи

В статье разработана структура комплекса прогнозирования показателей электромагнитной доступности объектов радиоконтроля, при условиях воздействия на передаваемый сигнал ионосферных неоднородностей.

радиоконтроль, комплекс прогнозирования показателей электромагнитной доступности, электронная концентрация ионосферы.

Введение

Важнейшую роль в комплексе мероприятий при решении задач по эффективному управлению использованию радиочастотного спектра, оценкой и обеспечением электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств играет внешний радиоконтроль.

Так как радиоконтроль осуществляется в радиоканале связи, то для систем радиоконтроля актуальна проблема обеспечения высокого показателя электромагнитной доступности. Данный показатель можно количественно выразить с помощью вероятности ошибки $P_{\text{ош}}$. Вероятность ошибки показывает отношение количества ошибочно распознанных символов при приеме информационного сигнала к общему числу принятых символов. Таким образом данный параметр количественно характеризует показатель электромагнитной доступности.

Целью исследований является обеспечение требуемой электромагнитной доступности объектов радиоконтроля при условиях негативного воздействия на передаваемый сигнал ионосферных неоднородностей.

На данный момент существует ряд исследований, связанных с обеспечением электромагнитной доступности объектов радиоконтроля спутниковой связи. Например, в [1] и [2] освещаются вопросы радиоконтроля и его помехоустойчивости. Однако, данные исследования не учитывают неблагоприятного воздействия на электромагнитную доступность объектов радиоконтроля ионосферных возмущений.

Постановка задачи

Разработать структуру комплекса прогнозирования показателей электромагнитной доступности объектов радиоконтроля. Данная структура должна отражать функционал комплекса, который включает в себя прием данных от поста радиоконтроля, обработку этих данных, реализацию математического аппарата обработки данных, хранение обработанных данных.

Решение

В [3] описан метод определения мелкомасштабных неоднородностей полного электронного содержания ионосферы применительно к системам спутниковой связи. Данный способ также возможно применить для систем радиоконтроля спутниковой связи.

Для прогнозирования показателей электромагнитной доступности объектов радиоконтроля при изменении условий распространения радиоволн (использовании пониженной несущей частоты) необходимо разработать комплекс, который должен иметь в своем составе GISTM-приёмник, блок определения среднеквадратичное отклонение (СКО) мелкомасштабных вариаций полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы $\sigma_{\Delta N_{TM}}(t)$, блок определения среднего энергетического отношения сигнал/шум $\langle h^2(t) \rangle$, блок определения значения параметра Райса $\gamma^2(t)$, а также блоки определения показателя электромагнитной доступности и вероятности ошибочного приема информационных символов $P_{\text{ош}}(t)$.

Согласно соотношению Найквиста, минимальный период возмущения, которое может быть зарегистрировано при периоде дискретизации данных Δ , равен $t_{\text{в min}} = 2\Delta$. При этом на каждый период приходится два временных отсчета, кроме того, предполагается, что возмущение имеет синусоидальный (волновой) характер. На практике для уверенного выделения возмущения двух отсчетов на период оказывается недостаточно. Это связано с тем, что в чистом виде гармонические возмущения в ионосфере не реализуются в силу дисперсионных свойств среды [4]. Опыт ионосферных измерений показал, что для эффективной селекции возмущения в ряду вариаций ПЭС требуется от пяти до десяти временных отсчетов Δ на период, то есть минимальный период возмущения, которое может быть зарегистрировано, составляет $t_{\text{в min}} \approx 5\Delta \dots 10\Delta$ [3]. Необходимо использовать современный GISTM-приемник позволяющий производить измерения ПЭС с минимальным периодом дискретизации $\Delta = 0,02$ с.

На основе существующих методик выделения, отдельных составляющих ряда вариаций ПЭС, обусловленных наличием в ионосфере крупномасштабных и среднемасштабных неоднородностей электронной концентрации (ЭК), разработана методика измерения вариаций ПЭС, обусловленных

наличием мелкомасштабных ионосферных неоднородностей, описанная в [4].

Суть методики заключается в следующем:

1) исходный ряд вариаций ПЭС $N_T(t) = N_{T0}(t) + \Delta N_{TKP}(t) + \Delta N_{TSP}(t) + \Delta N_{TM}(t) + \Delta N_{TSH}(t)$ сглаживается методом скользящей средней с окном $t_{cгл1} = 1$ мин.;

2) полученный в результате сглаживания тренд невозмущенной ионосферы, крупно- и среднемасштабных возмущений $\langle N_T(t) \rangle = N_{T0}(t) + \Delta N_{TKP}(t) + \Delta N_{TSP}(t)$ вычитается из исходного ряда, который в результате принимает вид комбинации мелкомасштабных возмущений и шумов $N_T(t) = \Delta N_{TM}(t) + \Delta N_{TSH}(t)$;

3) ряд вариаций ПЭС $N_T(t) = \Delta N_{TM}(t) + \Delta N_{TSH}(t)$ сглаживается методом простой скользящей средней с окном $t_{cгл2} = 0,1$ с, что обеспечивает удаление шумовой составляющей $\Delta N_{TSH}(t)$. В результате получается ряд мелкомасштабных вариаций ПЭС $N_T(t) = \Delta N_{TM}(t)$.

Общая структурная схема комплекса прогнозирования показателей электромагнитной доступности с пониженной несущей частотой приведена на рис. 1.



Рис. 1. Общая структурная схема комплекса прогнозирования показателей электромагнитной доступности, с пониженной несущей частотой

Алгоритм работы комплекса представлен на рис. 2 (см. ниже).

Действия алгоритма пронумерованы в соответствии со структурной схемой разрабатываемого комплекса.

Для работы данной структурной схемы требуется реализация программной части комплекса на основе описанного алгоритма.

Выводы

В ходе исследования описана методика прогнозирования показателя электромагнитной доступности объектов радиоконтроля спутниковой связи. Методика основывается на измерении показателя ПЭС ионосферы. Значения ПЭС преобразуются путем сглаживаний для последующего расчета параметра Райса, который, в свою очередь, используется для вычисления искомого показателя вероятности ошибки, который характеризует электромагнитную доступность объектов.

На основании описанной методики разработана общая структура программно-аппаратного комплекса прогнозирования показателей электромагнитной доступности объектов радиоконтроля спутниковой связи. Проанализированы необходимые аппаратные средства, а именно GISTM-приёмник, имеющий возможность снятия показаний с высокой частотой дискретизации. Составлен пошаговый алгоритм работы комплекса.

Список используемых источников

1. Кузин П. И. Способ адаптивного обнаружения нарушений безопасности связи в сетях спутниковой связи. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 7–8 (133–134). С. 99–102.

2. Липтников В. А., Кузин П. И. Способ адаптивного измерения параметров источников радиоизлучения в ОВЧ-КВЧ диапазоне // Метрология в радиоэлектронике. Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции. ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений». 2016. С. 146–156.

3. Липатников В. А., Шевченко А. А. Проактивное управление информационной безопасностью автоматизированной системы радиоконтроля // Научно-технический журнал «Информационные системы и технологии» июль-август 2019, Госуниверситет – УНПК, г. Орёл. 2019. № 4 (114). С. 112–121.

4. Липатников В. А., Соломатин А. И., Терентьев А. В. Радиопеленгация. Теория и практика. – СПб. : ВАС, 2006. 356 с.

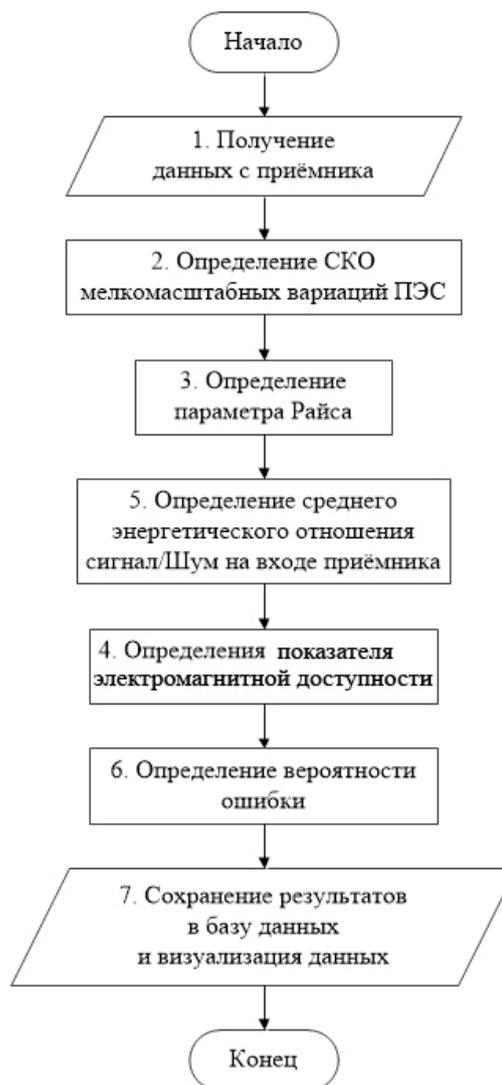


Рис. 2. Алгоритм работы комплекса прогнозирования показателей электромагнитной доступности, с пониженной несущей частотой

УДК 537.876.46
ГРНТИ 47.45.99

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИРАЛЬНЫХ МЕТАСТРУКТУР НА ОСНОВЕ S-ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ СВЧ ЭНЕРГИИ

В. С. Давыдова, О. В. Осипов

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В работе проводится расчет электромагнитных характеристик планарного кирального метаматериала на основе проводящих тонкопроволочных S-элементов с получения на заданной частоте максимума электромагнитной энергии в плоскости метаматериала. Были получены соотношения для коэффициентов отражения и прохождения плоской электромагнитной волны СВЧ от кирального метаматериала на основе тонкопроволочных S-элементов. В результате математического моделирования определены частоты, на которых возможна концентрация энергии.

метаматериал, киральная среда, сверхвысокочастотное излучение, концентрация энергии, S-элементы.

В настоящее время активное внимание в электродинамике СВЧ уделяется исследованию различных видов метаматериалов, которые представляют собой композиционные структуры из материалов естественного происхождения [1, 2]. В частности, из широкого класса метаматериалов можно выделить киральные структуры, в которых в качестве элементов используются включения зеркально асимметричной формы [3, 4]. В данной работе в качестве включений использованы проводящие тонкопроволочные S-образные элементы, размещенные в диэлектрическом контейнере.

Основной целью работы является определение возможности использования, указанного метаматериала для концентрации СВЧ энергии, поступающей извне на определенных частотах. Такая структура может в дальнейшем быть использована при разработке СВЧ-концентраторов с целью дальнейшего преобразования сконцентрированного излучения в постоянный электрический ток.

Таким образом, нужно провести исследование отражения и прохождения электромагнитной волны СВЧ через такой метаматериал и определить частоты, на которых уровни отраженной и прошедшей мощности малы и большая часть падающей сверхчастотной энергии концентрируется в плоскости метаматериала.

Плоский киральный слой создается на основе тонкопроволочных S -элементов, которые размещены на одинаковых расстояниях в диэлектрическом контейнере. Ориентация самих S -элементов является хаотической. На такой метаматериал из внешней вакуумной области падает плоская электромагнитная волна с линейной поляризацией. Геометрия задачи приведена на рис.

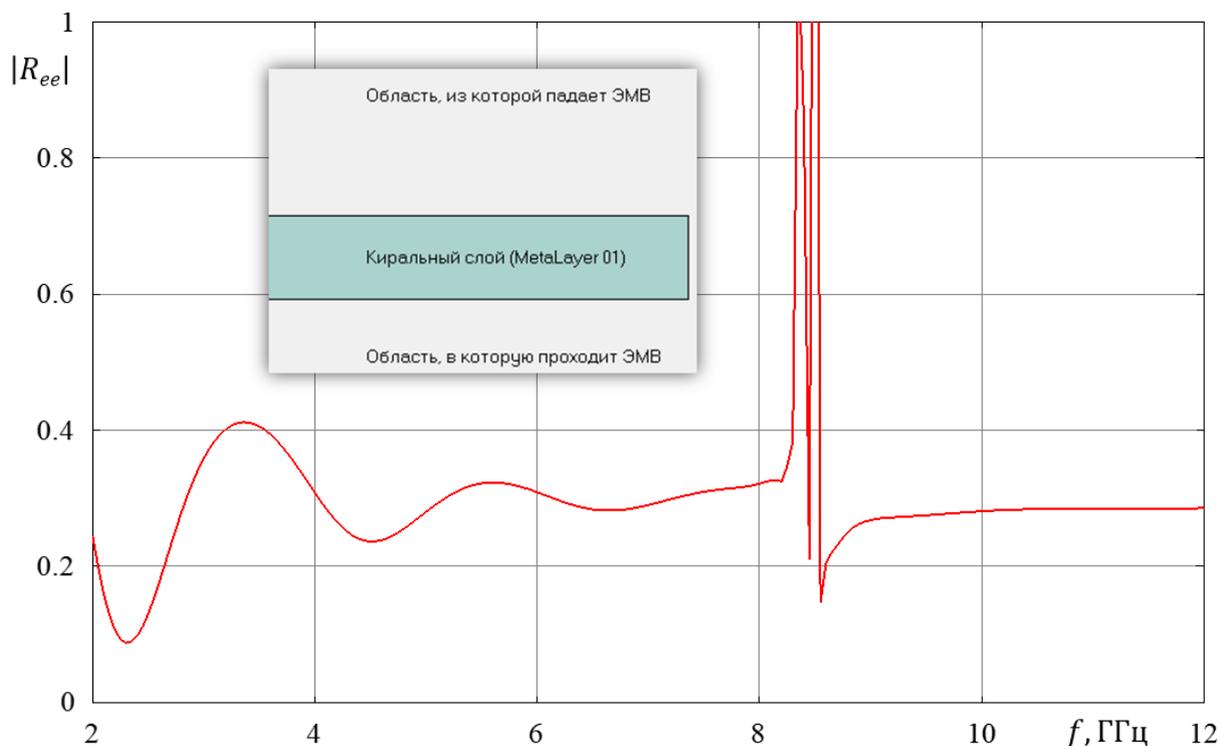


Рис. Частотная зависимость модуля коэффициента отражения основной компоненты

При решении задачи необходимо учесть такие особенности кирального метаматериала как кросс-поляризация отраженного и прошедшего поля, а также распространение в киральной среде двух волн с круговыми поляризациями с противоположным направлением вращения векторов поля.

Киральный метаматериал вне зависимости от типа зеркально асимметричных включений описывается обобщенными материальными уравнениями в модели Линделла-Сиволы [3]:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \mp i\chi \vec{H}, \quad \vec{B} = \mu \vec{H} \pm i\chi \vec{E}, \quad (1)$$

где ε , μ — относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости, соответственно; χ — параметр киральности среды.

Эффективная диэлектрическая проницаемость описывается моделью Максвелла-Гарнетта, которая с учетом пространственной дисперсии имеет следующий вид:

$$\frac{\varepsilon - \varepsilon_s}{\varepsilon + 2\varepsilon_s} = \alpha \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_s}{\varepsilon_c + 2\varepsilon_s}; \quad \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2};$$
$$\chi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)},$$
(2)

где ε – эффективная диэлектрическая проницаемость КММ; ε_s – относительная диэлектрическая проницаемость S-элемента; α – объемная концентрация S-элементов в диэлектрическом контейнере; c – скорость света; A – параметр, связанный с линейным расстоянием между S-элементами; β_0 – параметр, связанный с процессами поляризации в среде; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость однородного контейнера.

Для решения задачи был использован метод частичных областей. Сначала были выведены аналитические соотношения для составляющих векторов поля в киральном слое с использованием соотношений (1) и (2). Далее получены аналитические соотношения для составляющих векторов поля во внешних областях, окружающих киральный слой, которые представляли собой вакуум. В полученных выражениях имеются неизвестные коэффициенты отражения и прохождения основной и кросс-поляризованной компонент и коэффициенты отражения и прохождения волн с циркулярными (круговыми) поляризациями в метаматериале.

Далее были применены классические граничные условия, в которых были приравнены тангенциальные составляющие векторов электромагнитного поля на границах раздела. В результате относительно неизвестных коэффициентов была выведена неоднородная система из 8 линейных алгебраических уравнений.

На рис. приведен типичный вид для метаматериала на основе S-элементов частотной зависимости модуля коэффициента отражения основной компоненты. Как видно из рис., на частотах 2,21 и 8,62 ГГц практически отсутствует отражения плоской электромагнитной волны с перпендикулярной поляризацией от метаматериала. Падение волны на КММ считалось нормальным. Кроме того, на указанных частотах значение модулей коэффициента прохождения равны 0,15 и 0,1. Это свидетельствует о том, что на указанных частотах ввиду значительного отсутствия отражения и прохождения электромагнитной волны через КММ, большая часть электромагнитной энергии СВЧ сконцентрирована в плоскости метаматериала.

Список использованных источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J. C., Smith, D. R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen A. J. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media. London: Artech House, 1994. 291 p.
4. Неганов В. А., Осипов О. В. Отражающие, волноведущие и излучающие структуры с киральными элементами. М. : Радио и связь, 2006. 280 с.

УДК 62
ГРНТИ 47.43

ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИБКИХ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Н. А. Двуреченская

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Рассматриваются защищающие от электромагнитного излучения текстильные материалы. Приводится обзор и сравнение существующих методов измерения таких материалов, на примере нескольких материалов выбирается лучший метод в зависимости от особенностей его структуры и области применения.

электромагнитное излучение, СВЧ, экранирование, гибкий экран.

В настоящее время возросла актуальность защиты биологических объектов и оборудования от электромагнитного излучения (ЭМИ). В связи с этим активно создаются экранирующие материалы нового поколения. Гибкие экраны электромагнитного поля, выполненные по технологиям легкой промышленности, представляют собой текстильные и трикотажные ткани, изготовленные из синтетических материалов (напр., полиэстер, полиамид, нейлон) с добавлением металла (серебро, медь, сталь, алюминий) и имеющие различную структуру (рис. 1). Такие экраны ослабляют ЭМИ от 20 до 80 дБ, гибкие, лёгкие, пропускают воздух и солнечный свет, износостойкие, недорогие в изготовлении, что даёт им преимущество перед традиционными экранирующими материалами.

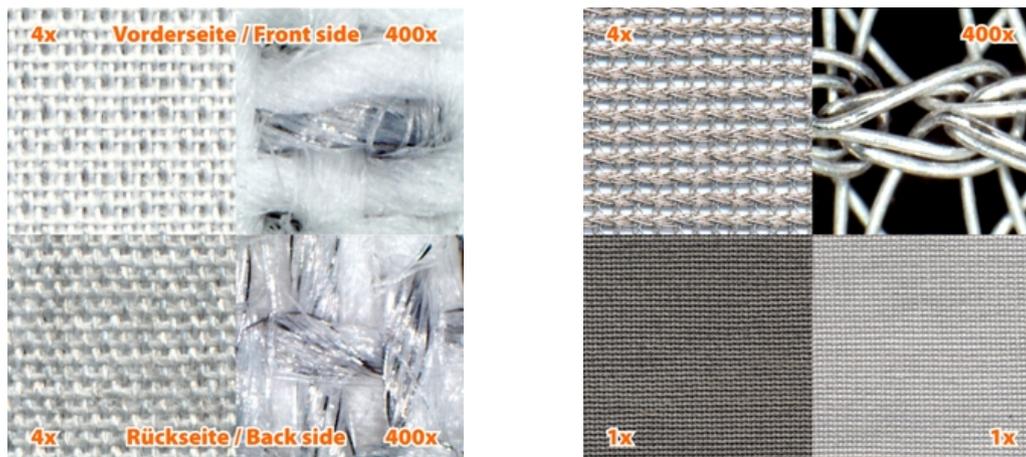


Рис. 1. Примеры текстильных экранов ЭМИ

На этапе разработки и при выводе на рынок новых экранирующих материалов необходимо измерять их эффективность экранирования (коэффициент экранирования), ЭЭ. Проводя обзор методов измерения, будем выбирать оптимальный метод, удовлетворяющий заданным требованиям.

Если говорить о текстильных экранах, то такие материалы по своей природе являются неоднородными. В зависимости от состава и структуры они могут быть резонансными. Кроме того, основное их применение – это шторы, занавески, балдахины, одежда и пр., т. е. экраны больших размеров, эффективные в диапазоне частот от приблизительно 1 ГГц до нескольких десятков гигагерц, где сосредоточены основные источники ЭМИ. Все эти особенности накладывают особые требования к методу измерения. Желаемый метод измерений ЭЭ текстильных материалов должен удовлетворять следующими требованиям [1]:

1. Широкополосность измерений.
2. Образец измеряемого материала должен быть большого размера.
3. Образец должен облучаться электромагнитной волной, падающей под разными углами и при различных поляризациях.
4. Образец должен находиться в дальней зоне.
5. Адекватная точность измерений.
6. Простота реализации: доступность оборудования, недорогой, не требующий значительных вычислительных и временных ресурсов.
7. Неразрушающий для образца.

На сегодняшний день тестирование материалов производится несколькими методами: измерение ЭЭ в коаксиальной линии на основе стандарта ASTM D4935 и радиоволновые измерения в свободном пространстве при использовании антенн (стандарты IEC 61000-4-21, IEC 61000-4-22, IEEE Std 299) [1]. Рассмотрим эти методы.

Измерение ЭЭ в коаксиальной линии на основе стандарта ASTM D4935

Анализ литературы показывает, что метод ASTM D4935 (рис. 2а) является самым распространенным при тестировании экранирующих материалов, в том числе и текстильных экранов. Этот метод не является широкополосным. Здесь используется образец небольшого размера, находящийся в ближней зоне, что может вызывать резонансные эффекты для некоторых типов текстильных материалов. Поляризационные свойства материала исследовать невозможно. Однако этот метод характеризуется самой высокой точностью измерений.

Радиоволновые измерения в свободном пространстве

Радиоволновые измерения (рис. 2б) на основе стандартов IEC 61000-4-21, IEC 61000-4-22, IEEE Std 299 также имеют недостатки, например, труднодоступность измерительных средств – безэховой камеры, реверберационной камеры, экранированной камеры – вне специализированных лабораторий. Также для этих методов характерны погрешности измерений, связанные с явлением дифракции вследствие ограниченного размера исследуемого образца, переотражением волн от окружающих объектов, взаимным мешающим влиянием антенн.

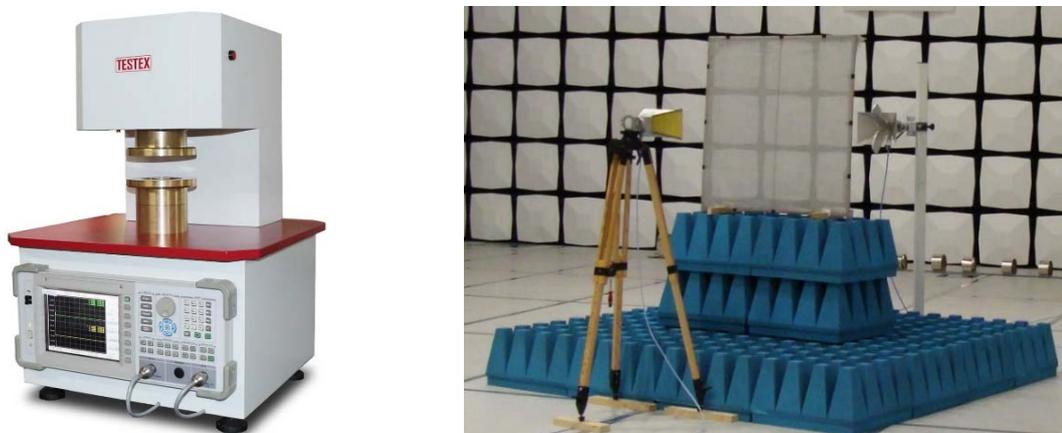
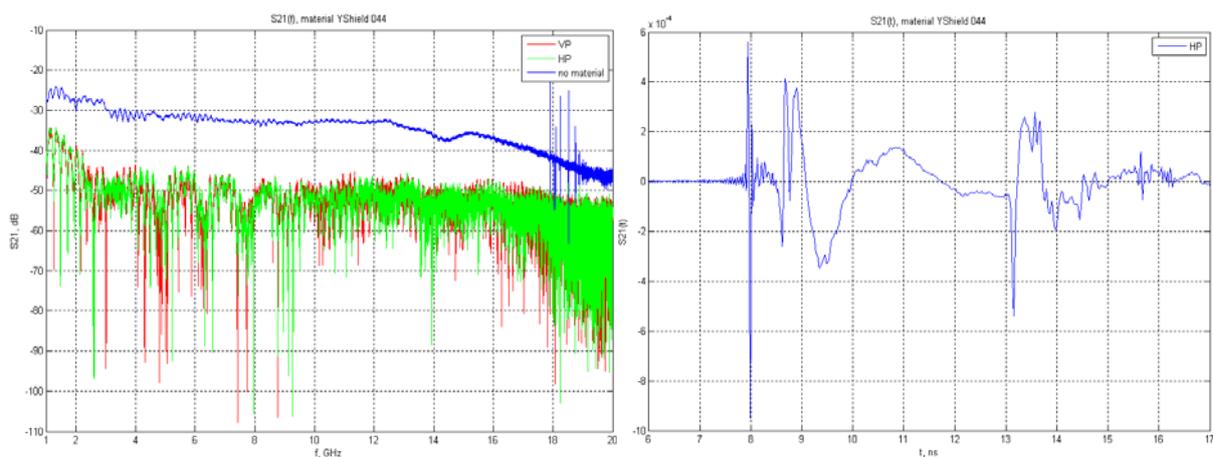


Рис. 2. Примеры измерительных установок:
а) на основе стандарта ASTM D4935; б) метод измерения в свободном пространстве

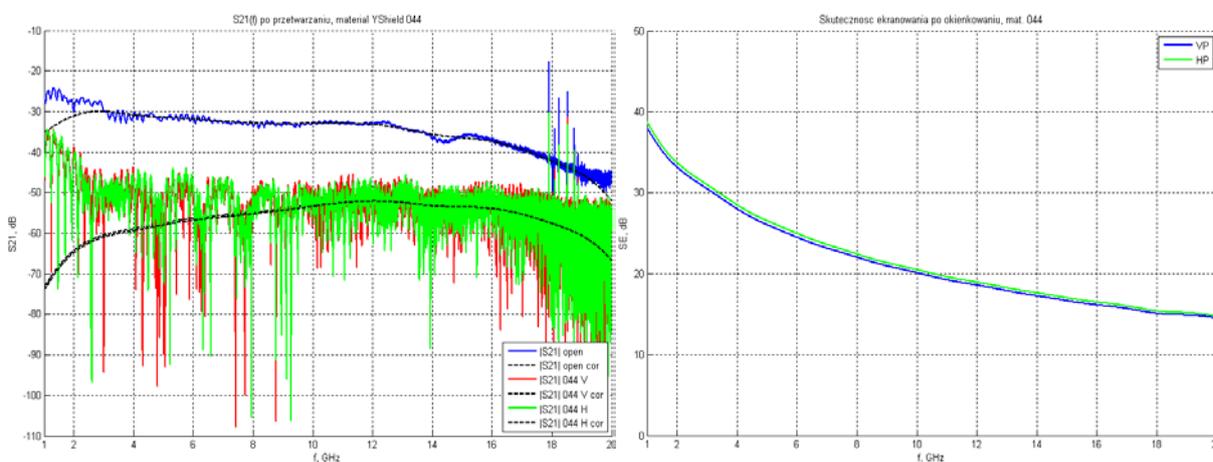
Проведя измерения ЭЭ данного класса материалов при помощи методов: ASTM D4935, в свободном пространстве – для прямого и наклонного падения электромагнитной волны, для прямого падения в различных окружающих условиях (безэховая, полубезэховая, реверберационная, экранированная камеры) [1, 2, 3, 4], был предложен метод оценки эффективности экранирования текстильных материалов на основе измерений больших образцов простым в реализации радиоволновым методом в диапазоне СВЧ при нормальном падении для вертикальной и горизонтальной поляризации

электромагнитной волны. Для проведения измерений необходимо иметь две рупорных антенны, векторный анализатор сети и высокостабильные кабели. При этом точность метода повышается путем применения алгоритма обработки экспериментальных данных, который основан на «очистке» полезного сигнала от всех мешающих составляющих (дифракция, отражения) во временной области, где каждая из компонент появляется в соответствующий интервал времени, при помощи оконных функций. Данный алгоритм можно применять только в случае широкополосных измерений, т. е. при высокой разрешающей способности во временной области.



а) отклик S_{21} с материалом и без него в частотной области

б) отклик S_{21} для материала во временной области



в) S_{21} после временной фильтрации

г) ЭЭ выбранного материала

Рис. 3. Пример обработки экспериментальных результатов

Предлагаемый метод был апробирован на примере трех текстильных материалов путем сравнения эффективности экранирования, полученной на основе измерений радиоволновым методом в различных средах (безэховой, комбинированной и экранированной камерах) с результатами, полученными методом ASTM. Также были проведены измерения пяти текстильных

экранов, предлагаемых на рынке, в комбинированной камере и сравнены с ЭЭ для метода ASTM. Все вышеупомянутые результаты показали эффективность предлагаемого метода оценки коэффициента экранирования, благодаря чему измерения могут быть проведены в любой среде, даже обычной комнате, но вдали от мощных внешних источников ЭМИ (рис. 3). Данный метод можно применять для текстильных материалов, имеющих коэффициент экранирования до 60 дБ [1].

Список используемых источников

1. Dvurechenskaya N., Bajurko P., Zielinski R., Yashchyshyn Y. Measurements of shielding effectiveness of textile materials containing metal by the free-space transmission technique with data processing in time domain // Metrology and Measurement Systems PAN, 2013.

2. Dvurechenskaya N., Kubal S., Zieliński R. Application of free-space transmission technique for shielding effectiveness measurement of special materials at 2,5–5 GHz // 5th International Conference on Broadband Communications and Biomedical Applications (IB2Com). Malaga (Spain), 15–17 December, 2010.

3. Dvurechenskaya N., Zieliński R. Advantages and disadvantages of the free-space arch method used for investigation of shielding materials at low gigahertz frequencies // International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe). York (UK), September 26–30, 2011.

4. Dvurechenskaya N., Zielinski R. Measurement of special shielding materials at S and C band using improved free-space transmission technique // International Journal of Electronics and Telecommunication PAN. 2011. Vol. 57, No. 3. Pp. 329–334.

Статья представлена заведующим кафедрой систем мобильной связи СибГУТИ, кандидатом технических наук, доцентом Е. В. Кокоревой.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.29

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОВЕРХНОСТНЫХ ИМПЕДАНСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОНФОРМНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

А. Н. Дементьев¹, Д. С. Клюев², М. С. Курушкин³¹МИРЭА – Российский технологический университет²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики³Военная академия ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого

В работе описана методика электродинамического анализа конформных цилиндрических микрополосковых излучателей, основанная на методе поверхностных импедансов. Представлены аналитические выражения для элементов матрицы поверхностных импедансов такой структуры. Предложены выражения для интегрального представления электромагнитного поля излучателя, связывающие плотность тока на нем и векторы напряженности электрического и магнитного поля излучения в любой точке пространства.

конформная антенна, микрополосковая антенна, метод поверхностных импедансов.

Конформные антенны имеют форму поверхности, на которой они размещены. Ключевыми факторами при выборе формы таких антенн являются требования к аэродинамическим характеристикам объекта, на которых они размещены. В связи с этим их сфера применения лежит в областях авиационного и ракетостроения.

Высокая публикационная активность по данной тематике, говорит о высоком научном интересе к ней. К сожалению, подавляющее большинство публикаций принадлежит зарубежным авторам [1, 2, 3]. Большая часть отечественных публикаций посвящена лишь описанию актуальности и перспективности данного направления. В настоящее время отсутствуют результаты подробного исследования формирования характеристик излучения конформных микрополосковых антенн, влияния размеров и геометрии излучателя на характеристики излучения. Все это требует проведения ряда дополнительных исследований.

Основной целью работы является разработка методики электродинамического анализа конформных микрополосковых антенн, основанной на применении метода поверхностных импедансов [4], который хорошо зарекомендовал себя при решении задач электродинамического анализа слоистых структур [4, 5].

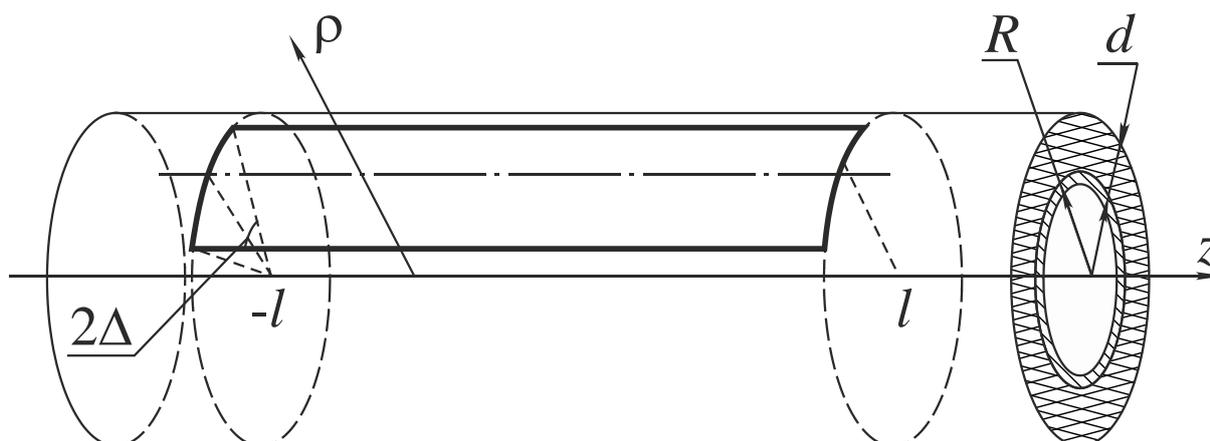


Рис. 1. Геометрия задачи

Будем использовать следующую физическую модель. Конформный микрополосковый цилиндрический излучатель представляет собой бесконечно тонкий идеально проводящий полосковый проводник, конформно расположенный на диэлектрической трубке с радиусом R и толщиной стенки d (рис. 1). На внутреннюю поверхность трубки нанесен бесконечно тонкий идеально проводящий слой. Диэлектрическая проницаемость стенок трубки ϵ_1 , магнитная проницаемость стенок трубки μ_1 . Диэлектрик не вносит потерь, т. е. мнимые части диэлектрической и магнитной проницаемостей равны нулю. Диэлектрическая и магнитная проницаемости окружающей среды равны ϵ_2 и μ_2 соответственно. Привяжем исследуемую структуру к цилиндрической системе координат ось z , которой совпадает с осью трубки.

Векторы напряженности электрического поля, магнитного поля и поверхностной плотности тока на излучателе необходимо разложить в ряд Фурье по азимутальной координате φ , и в интеграл Фурье по координате z .

$$\vec{E}(\rho, \varphi, z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp(in\varphi) \int_{-\infty}^{\infty} \left(\vec{\rho}_0 E_{\rho}^F(n, h, \rho) + \vec{\varphi}_0 E_{\varphi}^F(n, h, \rho) + \vec{z}_0 E_z^F(n, h, \rho) \right) \exp(-ihz) dh,$$

$$\begin{aligned} \vec{H}(\rho, \varphi, z) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp(in\varphi) \int_{-\infty}^{\infty} \left(\vec{\rho}_0 H_{\rho}^F(n, h, \rho) + \right. \\ &\quad \left. + \vec{\varphi}_0 H_{\varphi}^F(n, h, \rho) + \vec{z}_0 H_z^F(n, h, \rho) \right) \exp(-ihz) dh, \\ \vec{\eta}(\varphi, z) &= \left[\vec{n}_0, \vec{H}^{(2)}(\rho = a, \varphi, z) - \vec{H}^{(1)}(\rho = a, \varphi, z) \right] = \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp(in\varphi) \int_{-\infty}^{\infty} \left(\vec{\varphi}_0 \eta_{\varphi}^F(n, h, \rho = a) + \vec{z}_0 \eta_z^F(n, h, \rho = a) \right) \exp(-ihz) dh, \\ \vec{E}^F(n, h, \rho) &= \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\vec{\rho}_0 E_{\rho}(\rho, \varphi', z') + \vec{\varphi}_0 E_{\varphi}(\rho, \varphi', z') + \right. \\ &\quad \left. + \vec{z}_0 E_z(\rho, \varphi', z') \right) \exp(-in\varphi' + ihz') d\varphi' dz', \\ \vec{H}^F(n, h, \rho) &= \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\vec{\rho}_0 H_{\rho}(\rho, \varphi', z') + \vec{\varphi}_0 H_{\varphi}(\rho, \varphi', z') + \right. \\ &\quad \left. + \vec{z}_0 H_z(\rho, \varphi', z') \right) \exp(-in\varphi' + ihz') d\varphi' dz', \\ \vec{\eta}^F(n, h, \rho = a) &= \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\Delta-l}^{\Delta} \int_{-l}^l \left(\vec{\varphi}_0 \eta_{\varphi}(\varphi', z') + \right. \\ &\quad \left. + \vec{z}_0 \eta_z(\varphi', z') \right) \exp(-in\varphi' + ihz') d\varphi' dz'. \end{aligned}$$

На поверхности трубки тангенциальные составляющие фурье образов напряженности электрического поля и поверхностной плотности тока связаны через матрицу поверхностных импедансов Z .

$$\begin{bmatrix} E_z^F \\ E_{\varphi}^F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_z^F \\ \eta_{\varphi}^F \end{bmatrix},$$

где Z_{ij} ($i, j = 1, 2$) – элементы матрицы поверхностных импедансов $[Z]$, представляющие собой функции переменных фурье-пространства n, h : $Z_{ij} = Z_{ij}(n, h)$.

С помощью метода поверхностных импедансов, подробно описанного в [4, 5] была получена матрица поверхностных импедансов для конформного микрополоскового цилиндрического излучателя.

$$Z_{11} = \frac{i\omega\mu_0\mu_1 a^2 v_2^2 v_1^2 (v_2^2 \mu_1 \xi - v_1^2 \mu_2 \zeta)}{k^2 a^2 (v_2^2 \varepsilon_1 \xi - v_1^2 \varepsilon_2 \zeta) (v_2^2 \mu_1 \xi - v_1^2 \mu_2 \zeta) - (nh)^2 (v_2^2 - v_1^2)^2},$$

$$Z_{12} = -\frac{i\omega\mu_0 nh a v_1^2 v_2^2 (\mu_1 \xi - \mu_2 \zeta)}{k^2 a^2 (v_2^2 \varepsilon_1 \xi - v_1^2 \varepsilon_2 \zeta) (v_2^2 \mu_1 \xi - v_1^2 \mu_2 \zeta) - (nh)^2 (v_2^2 - v_1^2)^2},$$

$$Z_{21} = -Z_{12},$$

$$Z_{22} = -\frac{i\omega\mu_0 \left[k^2 a^2 \xi \zeta \mu_1 \mu_2 (v_2^2 \varepsilon_1 \xi - v_1^2 \varepsilon_2 \zeta) - (nh)^2 (v_2^2 \mu_2 \zeta - v_1^2 \mu_1 \xi) \right]}{\left[k^2 a^2 (v_2^2 \varepsilon_1 \xi - v_1^2 \varepsilon_2 \zeta) (v_2^2 \mu_1 \xi - v_1^2 \mu_2 \zeta) - (nh)^2 (v_2^2 - v_1^2)^2 \right]},$$

где ω – циклическая частота, $k = \omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$ – волновое число,

$$a = R + d,$$

$$v_m = \sqrt{h^2 - k^2 \varepsilon_m \mu_m}, \quad m = 1, 2;$$

$$\xi = \frac{J'_n(-iv_1 a)}{J_n(-iv_1 a)}, \quad \zeta = \frac{H_n^{(2)}(-iv_2 a)}{H_n^{(2)}(-iv_2 a)},$$

где $J_n(-iv_1 a)$ – функция Бесселя первого рода, $H_n^{(2)}(-iv_2 a)$ – функция Ханкеля второго рода,

$$J'_n(-iv_1 \rho) = \frac{\partial J_n(-iv_1 \rho)}{\partial \rho}, \quad H_n^{(2)}(-iv_2 \rho) = \frac{\partial H_n^{(2)}(-iv_2 \rho)}{\partial \rho}.$$

Используя матрицу поверхностных импедансов можно получить интегральные представления электромагнитного поля конформного цилиндрического микрополоскового излучателя, связывающие плотность тока на нем и векторы напряженности электрического и магнитного поля излучения в любой точке пространства. Общий вид интегральных представлений электромагнитного поля такого излучателя будет аналогичен выражениям, представленным в работе [6].

Список использованных источников

1. Bang J.-H., Kim W. -J., Ahn B. -C. Two-Element Conformal Antenna for Multi-GNSS Reception // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. 2017. Vol. 16. P. 796–799.

2. Semkin V., Ferrero F., Bisognin A., Ala-Laurinaho J., Luxey C., Devillers F., Rissanen A. Beam switching conformal antenna array for mm-wave communications // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. 2016. Vol. 15. P. 28–31.

3. Boyuan M., Pan J., Wang E., Luo, Y. Conformal Bent Dielectric Resonator Antennas With Curving Ground Plane // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2019. Vol. 67. N 3. P. 1931–1936.

4. Дементьев А.Н., Ключев Д.С., Неганов В.А., Соколова Ю.В. Сингулярные и гиперсингулярные интегральные уравнения в теории зеркальных и полосковых антенн. М.: Радиотехника, 2015. 216 с. ISBN 978-5-93108-114-4.

5. Неганов В.А., Нефедов Е.И., Яровой Г.П. Полосково-щелевые структуры сверх- и крайневысоких частот. М: Наука. Физматлит, 1996. 304 с.

6. Дементьев А. Н., Ключев Д. С., Курушкин М. С., Нещерет А. М., Шатров С. А. Новый метод расчета полей излучения конформных цилиндрических полосковых излучателей // Антенны. 2019. Вып. 7 (261). С. 28–35.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.99

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА С ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫМИ ИНВЕРТОРАМИ

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

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Разработан новый метод проектирования микрополосковых эллиптических фильтров с четвертьволновыми инверторами. В статье предлагается модифицированный способ проектирования узкополосного микрополоскового ЭФ с инверторами, при котором электрическую длину фильтра на центральной частоте удалось сократить в два раза.

эллиптический фильтр, СВЧ устройства, четвертьволновый инвертор, микрополосковый фильтр, полосно-пропускающий фильтр, аппроксимация.

Эллиптический называется фильтр характеристика затухания которого пульсирует как в полосе пропускания (ПП), так и в полосе заграждения (ПЗ). Благодаря нулям передачи, расположенным вблизи краёв ПП, ЭФ характеризуются повышенной частотной избирательностью. Данное свойство ЭФ позволяет аппроксимировать характеристику идеального фильтра с применением наименьшего числа реактивных элементов. Следовательно, при той же крутизне переходной области АЧХ и той же собственной добротности

резонаторов Q_u частотно-разделительные устройства (ЧРУ) с эллиптическими характеристиками будут иметь более низкое ослабление в ПП и меньшие габариты по сравнению с фильтрами Баттерворта и Чебышева.

Одним из вариантов реализации планарного полосно-пропускающего ЭФ СВЧ является фильтр с четвертьволновыми инверторами импедансов. Впервые методика проектирования ЭФ с инверторами на симметричной плосковой линии была изложена в работе [1]. Преимуществом ЭФ с инверторами является хорошая приспособленность его топологии к выполнению как на СПЛ, так и на микрополоске ввиду отсутствия связанных линий передачи и металлизированных переходных отверстий. При этом могут использоваться диэлектрики с высоким значением диэлектрической постоянной ϵ_r . Недостатком являются большие габариты канонической структуры фильтра – приблизительно $2\lambda_0$ в длину и $\lambda_0/2$ в ширину.

В статье предлагается модифицированный способ проектирования узкополосного микрополоскового ЭФ с инверторами, при котором электрическую длину фильтра на центральной частоте удалось сократить в два раза. Исследуются возможности дополнительной миниатюризации устройства путем реализации на МПЛ и использования диэлектрика с $\epsilon_r = 10$. По разработанной методике рассчитаны и изготовлены макеты фильтров. Представлены результаты электромагнитного моделирования и экспериментального исследования фильтров. По параметрам АЧХ модифицированный фильтр не уступает результатам, продемонстрированным в [2].

Для удобства сравнения результатов при разработке модифицированного фильтра были заданы параметры АЧХ аналогичные заданным в [2]:

1. Центральная частота $f_0 = 3$ ГГц/
2. Относительная ПП $w = 1$ %/
3. Фильтр-прототип нижних частот с параметрами, представленными на рис. 1а, б (см. ниже).

В работе [1] использовался диэлектрик подложки Rexolitec $\epsilon_r = 2,53$ и тангенсом диэлектрических потерь $\text{tg} = 0,0002$. Собственная добротность резонаторов Q_u составляла 500. В данном исследовании с целью миниатюризации в качестве материала подложки был выбран TaconicCer-10 с $\epsilon_r = 10$ и $\text{tg} = 0,0035$. В результате электромагнитного анализа собственных мод микрополосковых резонаторов на данном материале была получена $Q_u \approx 230$. Дополнительно рассчитан фильтр с $w = 2,5$ %.

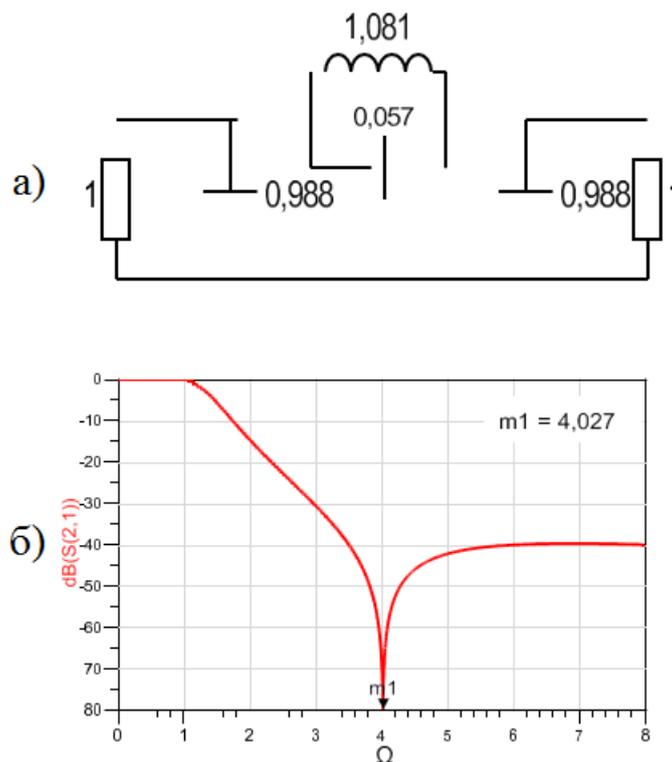


Рис. 1. Параметры ФПНЧ эллиптического фильтра

Расчёт ЭФ с инверторами на МПЛ можно свести к следующим основным этапам:

1. Частотное преобразование от ФПНЧ к полосно-пропускающему фильтру.

2. Преобразование узловых проводимостей ППФ по методу Нортона, не меняющее входных и выходных характеристик цепи.

3. Включение в схему четвертьволновых инверторов, преобразующих полосно-заграждающие колебательные контуры в их дуальные последовательные цепи.

4. Преобразование колебательных контуров в полосковые резонансные шлейфы методом приравнивания первых производных импеданса на частоте f_0 .

5. Масштабирование всех волновых сопротивлений схемы с целью выполнения требований физической реализуемости.

6. Подключение входных и выходных ёмкостных трансформаторов.

Подробно с перечисленными методами и принципами их применения при синтезе ЭФ с инверторами можно ознакомиться в работе [3].

Параметры инверторов и коэффициент масштабирования волновых сопротивлений можно выбирать произвольно. В работе [2] на этапе включения в схему инверторов, выполняющих также трансформирующую функцию, предлагается задавать волновые сопротивления крайних полуволновых шлейфов равными 50 Ом. Тогда входные и выходные цепи реализуются

зазором в однородной линии передачи. В результате получается каноническая структура ЭФ с четвертьволновыми инверторами, представленная на рис. 2.

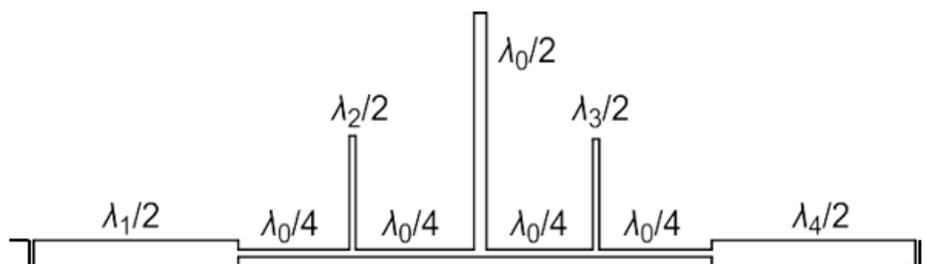


Рис. 2. Каноническая структура ЭФ с инверторами

Нетрудно прийти к выводу, что на фоне существующей в СВЧ технике тенденции к миниатюризации применимость ЭФ с инверторами в канонической форме сильно ограничена. Однако в ходе исследований других возможных конфигураций было выявлено, что электрическую длину устройства можно сократить, как минимум, в два раза, если сместить емкостные трансформаторы к точке соединения инверторов с крайними шлейфами, как показано на рис. 2. Для уменьшения влияния паразитных параметров, вносимых изгибами микрополосков, рекомендуется выбирать такие коэффициенты трансформации, чтобы волновые сопротивления инверторов и крайних полуволновых шлейфов совпадали.

На рис. 3 видно, что граничные условия на концах полуволнового шлейфа эквивалентны для канонической и модифицированной конфигураций входных цепей.

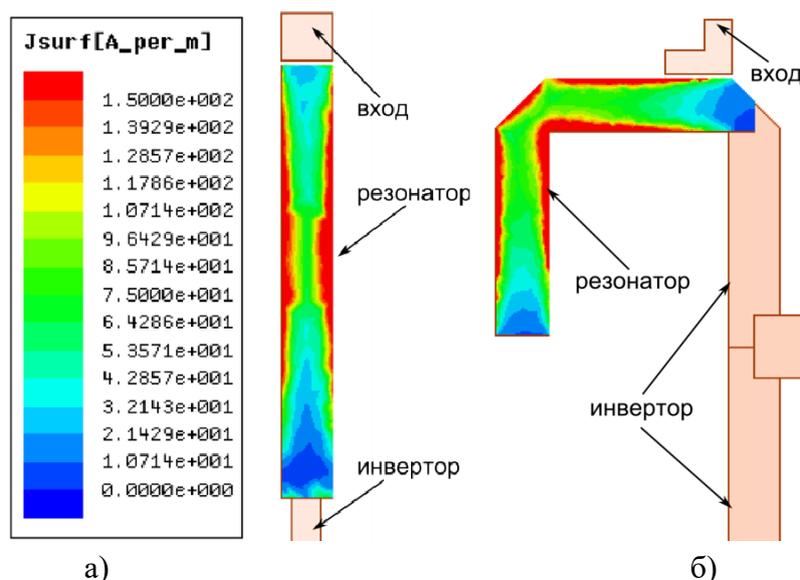


Рис. 3. Поверхностная плотность тока на резонаторе при подключении:
а) со стороны внешнего конца резонатора б) со стороны инвертора

Модифицированная структура ЭФ с четвертьволновыми инверторами представлена на рис. 4. Как и в каноническом исполнении, ширина ПП определяется значением сосредоточенной емкости по входу и выходу фильтра.

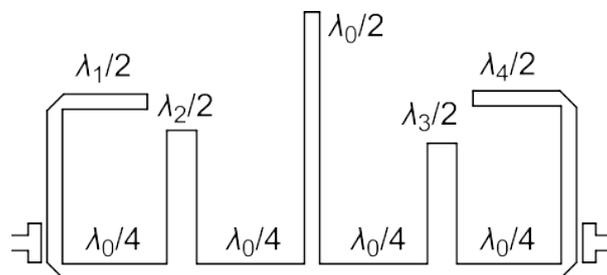


Рис. 4. Модифицированная структура ЭФ с инверторами

Точное воспроизведение топологии, представленной на рис. 4, не является обязательным. Допускается варьировать волновые сопротивления, форму и компоновку элементов фильтра при условии, что в процессе параметрической оптимизации на этапе электромагнитного моделирования будут учтены вносимые неоднородности линий передачи.

Результаты электромагнитного моделирования, модифицированного ЭФ с инверторами для случаев $w = 2,5\%$ представлены пунктирной линией на рис. 5.

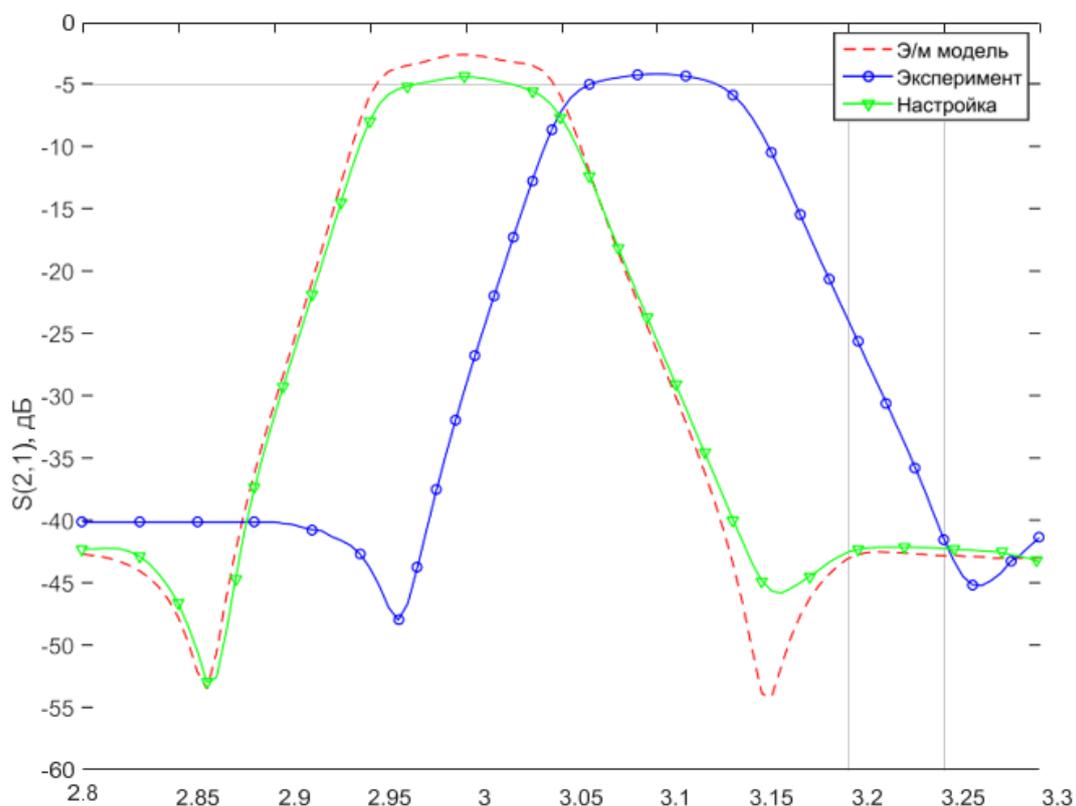


Рис. 5. АЧХ фильтра с $w = 2,5\%$, полученные в результате электромагнитного моделирования и экспериментального исследования

Список используемых источников

1. Rubinstein I., Sleven R. L., Hinte A. F. Narrow-bandwidth elliptic-function filters // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. December 1969. Vol. MTT-17, No 12. P. 1108–1115.
2. Kinayman N., Aksun M. I. Modern microwave circuits. London : «Artech House», 2005. 620 p.
3. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и конструирование миниатюрных микроволновых эллиптических фильтров из типовых звеньев с реализацией на микрополосковой линии // Телекоммуникации. 2010. № 7. С. 45–51.

УДК 004.021
ГРНТИ 49.43.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

П. Д. Дмитриев

Акционерное общество «Конструкторское бюро навигационных систем»

Системы определения местоположения внутри помещений востребованы во множестве важных сценариев как в повседневной жизни, так и при чрезвычайных ситуациях. Среди них следует отметить: ситуационные предупреждения пользователей, асистирование при эвакуациях, гид-туры, дополненная реальность.

кластеризация, сети Wi-Fi, МЭМС, ГНСС, машинное обучение, алгоритмы.

Существует множество методов, алгоритмов и систем, которые так или иначе решают проблему определения местоположения пользователя, как внутри, так и вне помещений. Десятилетие назад исследователи, по большей части, фокусировались на решении задачи по поиску и местонахождению абонента с помощью отдельных областей знаний, например, используя только радиосигналы или только данные от акселерометров, гироскопов, магнитных компасов. Вследствие чего появилось на свет множество методов, таких как составление радиокарт помещений (*fingerprinting*), измерений дальности до объекта на основе времени прихода сигнала (*Time of Arrival*, TOA), счисление координат на основе перемещения измерительного устройства (*Pedestrian dead reckoning*, PDR) и другие [1]. Перечисленные методы используются до сих пор, однако, большинство из них – либо труднореализуемы, либо трудноподдерживаемы, или точность, которую можно получить – нельзя эффективно использовать в необходимых сценариях.

В настоящее время действенными и популярными являются системы, построенные на методах одновременного построения карты и позиционирования (*Simultaneous localization and mapping, SLAM*). Задача SLAM заключается в оценке позиции и окружающей среды на основе различных данных, зачастую эти данные поступают от нескольких независимых систем. Данный метод предполагает наличие базы данных и довольно сложен в реализации [2].

Для эффективного определения местоположения внутри помещений система, в общем виде, должна обеспечивать и включать в себя:

- сбор, обработку и хранение данных от различных систем;
- базу данных;
- алгоритмы обработки данных;
- канал связи;
- набор алгоритмов, позволяющих определять местоположение.

Предлагается алгоритм, который может быть использован в составе системы определения местоположения внутри помещений. Гибридный алгоритм определения местоположения пользователя (далее – ГА-ОМП) находится на серверной части системы и состоит из следующих вспомогательных алгоритмов (субалгоритмов) и модулей: субалгоритм автоматической маркировки данных, модуля машинного обучения и субалгоритма определения местоположения внутри помещений. На рис. 1 представлен ГА-ОМП в составе системы определения местоположения.

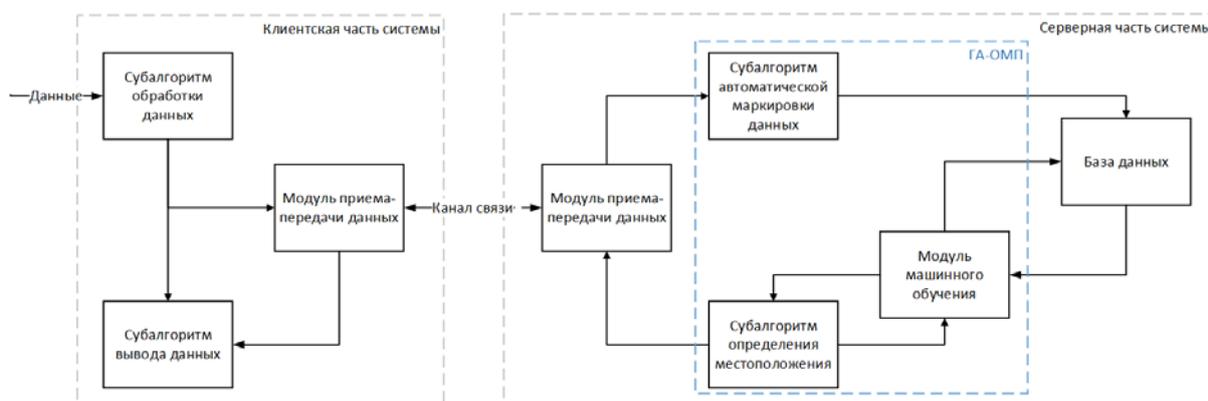


Рис. 1. Структурная схема системы определения местоположения внутри помещений

Рассмотрим составные части ГА-ОМП. Субалгоритм автоматической маркировки данных предназначен для маркирования данных с последующей записью их в базу данных и использовании в модуле машинного обучения. Сперва проводится предварительное маркирование данных для выделения интересующих зон в здании или помещении. Результатом является присвоение зонам предварительного маркера. Данные с присвоенными маркерами подаются на вход алгоритму кластеризации. В рамках настоящей публикации были проанализированы следующие алгоритмы кластеризации:

K-средних, K-медиа́н, EM-алгоритм, FOREL [3-4], CLOPE [5], DBSCAN [6]. Под целью анализа понималась возможность объединения объектов (координат) в один кластер в областях их наибольшего сгущения, для последующего точного маркирования и обновления базы данных (БД). Среди перечисленных алгоритмов наиболее подходящими под решение поставленной задачи были выявлены: FOREL, DBSCAN. Пример результата работы алгоритма FOREL на реальных координатах приведен на рис. 2.

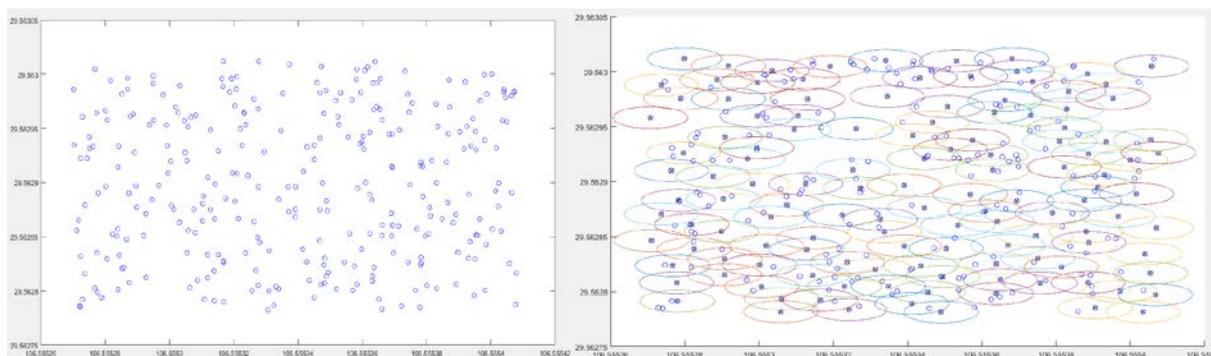


Рис. 2. Пример результата работы алгоритма FOREL на реальных координатах

Перечисленные алгоритмы имеют преимущества по ряду причин: наглядность визуализации кластеризации, возможность операций над центрами кластеров – они известны в процессе работы алгоритма, возможности подсчета промежуточных функционалов качества, например, длины цепочки локальных сгущений. Примеры результата работы алгоритмов DBSCAN и K-средних на реальных координатах приведены на рис. 3.

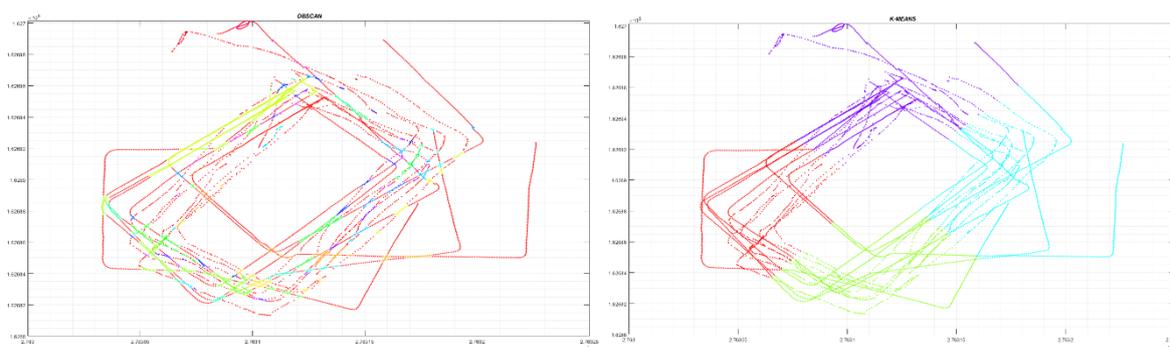


Рис. 3. Примеры результата работы алгоритмов DBSCAN и K-средних на реальных координатах

Рассмотрим модуль машинного обучения. В рамках проведения данного этапа исследования предполагается, что при использовании машинного обучения для определения местоположения будет наблюдаться увеличение точности позиционирования в долгосрочной перспективе, посредством обучения в процессе эксплуатации и наращиванием БД.

После того, как применено точное маркирование данных, предлагается использовать способ машинного обучения, носящий название «обучение с частичным привлечением учителя» (*semi-supervised learning*), так как данный способ показывает наилучшие результаты в сравнении с другими классическими методами, например, «обучением без учителя» (*unsupervised learning*) и «обучением с учителем» (*supervised learning*) [7, 8].

Для этого на сформированной БД тренируются модели и выбирается та, которая имеет большую точность. Моделей может быть неограниченное количество, в зависимости от объема задачи или величины помещения/здания, а также количества зон и количества кластеров в зоне. Более интересной и теоретически выигрышной в минимизации временных и мощностных затрат на обработку и выдачу результата представляется использование нескольких моделей.

Другими словами, поиск первого набора координат осуществляется на модели, обученной по всей БД без разделения на зоны. Если удастся с высокой точностью определить зону, в которой находится пользователь, то поиск следует продолжать по модели обученной по конкретной зоне, тем самым уменьшая время ожидания ответа. Следует отметить, что большим преимуществом будет одновременное использование алгоритма из сферы предсказательной аналитики, для прогнозирования движения пользователя и своевременной смены модели, обученной на конкретной зоне.

Рассмотрим субалгоритм определения местоположения. На вход вспомогательного алгоритма поступают данные, перечисленные в таблице.

ТАБЛИЦА. Перечень необходимых данных

Данные от микроэлектромеханических систем	Данные Wi-Fi	Данные глобальных навигационных спутниковых систем
Данные акселерометра	MAC-адреса	Геодезическая широта
Данные гироскопа	Сила принимаемого сигнала (<i>received signal strength, RSS</i>)	Геодезическая долгота
Данные о ориентации устройства	Временные метки	Высота
Данные о давлении		Временные метки
Временные метки		

В результате, вычисляются координаты от каждой из систем, осуществляется перевод в одну систему координат, затем происходит комплексирование результатов для минимизации ошибки. После чего результат передается пользователю и в модуль машинного обучения для переобучения модели и обновления БД.

Список используемых источников

1. Дмитриев П. Д., Писарев С. Б., Сиверс М. А. Анализ методов и алгоритмов позиционирования в сетях Wi-Fi // Вестник связи. 2015. № 10. С. 44–49.
2. B. Ferris, D. Fox, N. Lawrence. WiFi-SLAM Using Gaussian Process Latent Variable Models. // In Proc. of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2007. PP. 2480–2485.
3. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск : ИМ СО РАН, 1999. 269 с.
4. Загоруйко Н. Г., Ёлкина В. Н., Лбов Г. С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск : Наука, 1985. 112 с.
5. Yang Yiling, Guan Xudong, You Jinyuan. CLOPE: A Fast and Effective Clustering Algorithm for Transactional Data // Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (2002) // DOI. 10.1145/775047.775149.
6. Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander, Xiaowei Xu. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96) / Evangelos Simoudis, Jiawei Han, Usama M. Fayyad. AAAI Press, 1996. PP. 226–231. ISBN 1-57735-004-9.
7. R. Sathya, Annamma Abraham. Comparison of Supervised and Unsupervised Learning Algorithms for Pattern Classification // (IJARAI) International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence, Vol. 2, No. 2, 2013. С. 34–38
8. Olivier Chapelle, Bernhard Schölkopf, and Alexander Zien. Semi-supervised learning // Cambridge, Mass.: MIT Press, 2006. ISBN 978-0-262-03358-9.

Статья представлена доцентом кафедры РСiB СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом Г. А. Фокиным.

УДК 338.48
ГРНТИ 39.01.05

ЗИМНЯЯ РЕКРЕАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ГОРАХ И ПРЕДГОРЬЯХ ЮГО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

А. В. Егорина¹, А. Н. Логиновская²

¹Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова

²Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В результате анализа природно-климатических условий Юго-Западного Алтая, выявлены характерные особенности зимней рекреации и благоприятные периоды для организации зимнего отдыха. На их основе определены наиболее оптимальные места для размещения лыжных баз и центров зимнего отдыха. Согласно таким природно-климатическим показателям как продолжительность залегания снежного покрова, его устойчивость, продолжительность солнечного освещения, температурные условия –

выявлены наиболее оптимальные места для активного зимнего отдыха, вне лавиноопасных зон: лыжные курорты, базы отдыха, лыжные центры. Выявлены главные положительные факторы, такие как наличие температурных инверсий, средняя и максимальная мощность снежного покрова, преобладание погоды со штилем, физиологические показатели температурного комфорта. Все они способствуют развитию зимней рекреации.

лыжный туризм, устойчивый снежный покров, лыжные походы, лыжные зоны, факторы рекреации, горнолыжный курорт.

Юго-Западный Алтай имеет достаточные ресурсы для зимней рекреации. Курортные комплексы в горной местности формируются, как правило, в среднегорных и предгорных районах, обладающих комфортными климатическими условиями [1].

Согласно интегральным биоклиматическим показателям, в пределах вертикального пояса Юго-Западного Алтая выделены следующие рекреационно-климатические зоны:

1. Зона комфорта. Характеризуется мягкой и умеренно-суровой зимой и теплым влажным летом.

2. Зона умеренного субкомфорта. Отличается умеренно-холодной зимой и умеренно-прохладным летом.

3. Зона прохладного сукомфорта. Включает котловины Алтая (в частности, Маркакольскую, и др), имеющие холодную зиму и прохладное лето.

4. Зона холодного субкомфорта. Это участки гор до высоты 1500 м, отличающиеся суровой зимой и прохладным летом.

5. Зона холодного дискомфорта. К этой зоне принадлежат котловины Юго-Восточного Алтая, отличающиеся крайне суровой зимой и прохладным летом.

6. Зона дискомфорта. Включает участки гор с высотами в пределах 1500–2500 м. Для этой зоны характерна суровая зима и прохладное лето.

7. Зона острого дискомфорта. Включает участки гор с высотами более 2500 м (практически выше снеговой границы), отличающиеся очень суровой зимой и холодным летом.

Лыжный туризм является одним из признанных, действенных и надежных средств развития выносливости сердечной мышцы, в целом организма человека и гибкости позвоночника.

Лыжный туризм оказывает сильное разностороннее оздоровительное и эстетическое воздействия на человека, с которым могут соперничать лишь некоторые виды спорта. Бесспорно, зимний отдых оказывает удивительный тонизирующий эффект. Зима в горах – это совершенно особое состояние природы. Новые эмоции, зимние краски, незабываемые впечатления. Отдых на морозе позволяет активизировать эндокринные и другие процессы жизнедеятельности организма человека. В морозном воздухе больше биологи-

чески активных, отрицательных ионов, чем в жарком, а также воздух отличается чистотой, длительное пребывание на таком воздухе, способствует исключительно оздоровительному воздействию на человека.

Распределение снежного покрова Юго-Западного Алтая обусловлено особенностями климата и орографии (рис.). Лежит устойчивый снежный покров 105–180 дней, наибольшая продолжительность (173 дня) наблюдалась в 1976–1977 гг. [2, 3].

Одним из критериев пригодности территории к занятиям лыжным туризмом является продолжительность залегания снежного покрова. Снежный покров в пределах Юго-Западного Алтая залегает неравномерно. В районе Семипалатинского Прииртышья и на севере предгорных равнин он формируется в первой декаде ноября, в центральных и южных частях позже – во второй декаде ноября. Неравномерность залегания и высота снежного покрова (в горных и предгорных частях – 60–80 см, в степных и полупустынных – не более 15–25 см) обуславливает неравномерную глубину промерзания почвы [4].

Наиболее устойчивый снежный покров наблюдается в Рахмановских Ключах и в Катон-Карагае (среднем 250–230 дней в году). Зона наибольшего нарастания снежности в хребтах Юго-Западного Алтая наблюдается выше 800–1000 м. В районе горы Белухи (Музтау) мощность снежного покрова в отдельные годы 3–5 м.



Рис. Южный Алтай

Самые популярные мировые горнолыжные районы, с благоприятными комфортными природно-климатическими условиями, расположены на высоте 1300–1500 м над уровнем моря, с умеренно низкими температурами (минус 5–6°C), продолжительным солнечным сиянием (1900–2000 часов в год), мощным снежным покровом и расположением вне лавиноопасных зон [4, 5, 6].

Первая горнолыжная база в предгорьях Юго-Западного Алтая появилась в Риддере (Лениногорск) в 40-х годах прошлого века [2].

В 70–80-е годы прошлого столетия жители Усть-Каменогорска каждое зимнее воскресенье (начиная со второй половины ноября и до апреля) совершали массовые поездки на пригородном поезде «Здоровье». Целыми семьями и организациями отправлялись в пос. Черемшанка на отдых и катания на лыжах.

Маршруты были разработаны для различных возрастных групп отдыхающих. Достаточно хорошо были освоены равнинные лыжные маршруты. В предгорных районах по долинам рек Ульба, Бобровка, Малая Ульба, Пихтовка, Сержиха проложены многочисленные лыжные маршруты. Здесь работают лыжные базы: «Вертикаль», «Заимка медовая», «Зимовская» и др.

База отдыха «Князьи горы» (с 2009 г. «Нуртау») открылась в 1999 г. в 35 км от города Усть-Каменогорска.

Вторая лыжная зона «Горная Ульбинка» располагается в 38 км от Усть-Каменогорска, в нее входит оздоровительно-лечебный комплекс «Изумрудный».

Горнолыжный курорт «Алтайские Альпы» расположен в 22 км от областного центра. База оборудована четырьмя трассами.

В 22-х км от областного центра по Горноульбинской автотрассе расположен горнолыжный центр «Ёлки-Палки».

В третьей зоне в окрестностях г. Зыряновска на горе Орел (1156 м) работает горнолыжный центр «Орел».

Окрестности Мало-Ульбинского водохранилища и курорта «Рахмановские Ключи» используются для зимнего туризма. Здесь основными положительными факторами зимнего отдыха являются наличие температурных инверсий, высота снежного покрова (2–4 м), преобладание безветренной погоды. Наиболее благоприятными этапами зимнего отдыха являются периоды интенсивного накопления и уплотнения снега в период с середины октября до середины мая. Длительность сезона около 200 дней.

Самые опасные погодные явления в этом районе включают дни с осадками, когда резко снижается видимость, очень затруднено движение из-за малой плотности выпавшего снега, существует опасность схода лавин [4, 7].

Благоприятными условиями для зимней рекреации является не только наличие снежного покрова, но и физико-климатический показатель температурного комфорта.

Анализ эколого-климатических параметров региона позволил выделить и оценить следующие виды рекреационных ресурсов (табл.).

Развитие туризма в горах в значительной мере сдерживается суровым климатом. Климат часто становится причиной форс-мажорных обстоятельств в туризме. Наибольшие проблемы он создает в связи с сезонностью функционирования всех подсистем ТРС Юго-Западного Алтая, а также с наличием лавинной опасности.

ТАБЛИЦА 1. Эколого-климатические условия
и виды туризма Юго-Западного Алтая [8]

Виды туризма	Характеристики сезона	Эколого-климатические условия и ресурсы	Местоположение
Лыжный туризм	Наличие устойчивого снежного покрова	Сезонные. Зимний период длится 100–120 дней. Устойчивый снежный покров (с начала ноября до середины апреля). Мощность снежного покрова от 50 см до 2,5 м. Характерно значительное количество солнечных дней.	Пригородные территории г. Риддера, «Изумрудный» «Алтайские Алпы», (Горная Ульбинка), «Князьки горы», К-Карайский р-он, хр. Сарымсақты
	Погода	На предгорных равнинах Алтая средняя температура воздуха –17–22°С, на склонах гор минус 12–14°С. Абсолютная влажность 0,5–2,0 г/м ³ , количество осадков от 300 до 500 мм в год. Продолжительность лыжного сезона (100–140 дней с ноября по апрель).	
Альпинизм	Ледниковые формы рельефа	Большую часть занимают горы высотой от 800 до 1500 м, на крайнем востоке хребты до 3000–4000 м (г. Белуха (Музтау), 4506 м), хр. Саур (3819 м). В ВКО на Алтае находится 350 ледников общей площадью 99,1 км.	Рудный Алтай (Ивановский хр. Холзун), Южный Алтай (хр. Сарымсақты, Южный Алтай, Курчумский хребет, Тарбагатай), Саур – Тарбагатай, массив г. Белухи на Катунском хребте

Следует подчеркнуть, что вся территория Юго-Западного Алтая относится к особо лавиноопасным районам: из-за мощных снегозапасов и наличия крутосклонного расчлененного рельефа [6, 8, 9].

В таблице 2 приводится характеристика лавинной активности по отдельным месяцам рекреационного периода на примере района Мало-Убинского водохранилища.

ТАБЛИЦА 2. Повторяемость (%) лавин по отдельным месяцам
от их общего количества в районе Мало-Ульбинского водохранилища

XI	XII	I	II	III	IV	V	Всего
2	9	27	18,2	27,3	12,5	4	100

Необходимо отметить, что лавины в ноябре-декабре имеют сравнительно небольшой объем, в ноябре – до 1000 м³, в декабре – 2500–3000 м³.

Список используемых источников

1. Егорина А. В. Барьерный фактор в развитии природной среды гор. Барнаул : Алтай, 2003. 386 с.
2. Климат Юго-Западного Алтая / Под ред. А. В. Егориной. Изд 2-е. Семей, 2015. 315 с.
3. Дунец А. Н. Туристско-рекреационные комплексы горного региона. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2011. 210 с.
4. Егорина А. В., Сабырбаева Б. Т. Эколого-климатические ресурсы Восточного Казахстана // Вопросы географии Казахстана. 2011. Т. 2. С. 112–114.
5. Попова В. И., Гуляевой Т. С. и др. Рекреационная оценка горных территорий Казахстана. Алматы : Мектеп, 2003. 168 с.
6. Егорина А. В., Серикулы Т., Тураров Н., Логиновская А. Н., Перемитина С. В. Проблемы сферы туризма в Восточном Казахстане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 9. С. 115–118.
7. Егорина А. В., Теплова Ю. А. Туристские объекты Калбинского Алтая. Барнаул : Алт.ГУ. 2010. С. 43–56.
8. Егорина А. В., Логиновская А. Н. Оценка климатических условий и климатических ресурсов предгорной и горной частей Восточного Казахстана для рекреационных целей // Вопросы географии и геоэкологии, Алматы. 2013. № 3. С. 39–47.
9. Егорина А. В., Логиновская А. Н. Географические аспекты развития рекреации и туризма в Восточном Казахстане. Опыт и практика. Усть-Каменогорск : Шыгыс Полиграф, 2016. 280 с.

УДК 621.396.67

ГРНТИ 47.45.29

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ
ПРИЁМНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КВ АНТЕНН
НА СТАЦИОНАРНЫХ РАДИОЦЕНТРАХ****А. А. Жирохов, С. А. Усков, П. Н. Федоров, Н. А. Штерцер, В. И. Яшин**

Военная академия связи

Применение приёмных стационарных радиоцентров различного назначения – одно из основных требований обеспечения устойчивой и надёжной КВ радиосвязи. Используемые на стационарных радиоцентрах мачтовые антенно-фидерные системы не в полной мере соответствует предъявляемым к ним требованиям по вопросам занимаемых площадей, регламентному обслуживанию, электрической эффективности, экономической стоимости.

Предложен альтернативный подход к конструктивному построению горизонтальных антенн в заболоченных районах страны.

Приведены аргументы в пользу применения низкорасположенных дипольных антенн, имеющих ряд преимуществ по основным параметрам по сравнению со штатными мачтовыми горизонтальными диполями.

приёмные стационарные радиоцентры, антенные устройства, слабонаправленные, мачтовые сооружения, ближних связей, низкорасположенные антенны, болотистая местность, экономичность.

Стационарные приёмные радиоцентры (ПРЦ) представляют собой сложные инженерно-технические сооружения. В зависимости от предназначения и класса радиоцентра на нем размещаются до нескольких десятков антенных устройств, отличающиеся типами, диапазонами частот, азимутами, эффективностью, при этом средняя площадь антенных полей может составлять величину порядка 15–200 Га.

Взаимное расположение антенн регламентируется нормами по степени искаженности диаграмм направленности [1, 2].

На ПРЦ для ближних связей (до 1000 км) нашли широкое применение слабонаправленные уголкового типа горизонтальная диапазонная антенна (УГД) и вибратор горизонтального диапазона (ВГД), работающие в диапазоне частот 2,5–12,5 МГц и устанавливаемые на мачтах с высотой подъёма 11–26 м. При выборе конструкции мачт и их фундаментов необходимо учитывать грунтовые, гидрологические и геологические характеристики, климатические, метеорологические и сейсмические условия в районе расположения ПРЦ. При этом весьма актуальна разработка и применение нового типа антенн при расположении ПРЦ на болотистой местности, в районах вечной мерзлоты, что присуще многим районам РФ, к примеру, северо-западному региону, где нередко наблюдается выход из строя отдельных элементов конструкции антенного полотна и такелажа мачтовых антенн.

Таким образом, к основным недостаткам указанных антенн относятся громоздкость конструкции, большая занимаемая площадь, искажения формы диаграмм направленности при увеличении высоты подвеса, очень высокая стоимость строительства и обслуживания.

Согласно данным [3] для получения максимального излучения под необходимым углом θ_0 высота подвеса антенны выбирается равной

$$h_{\text{опт}} = \frac{\lambda}{4 \sin \theta_0}.$$

Однако, направленные свойства горизонтальных антенн в значительной мере зависят от соотношений h/λ и l/λ , где l – длина плеча диполя (рис. 1). С повышением h появляются провалы в диаграмме направленности (ДН) антенны, что может существенно сказаться на снижении энергетики радиолинии [4]. Это явление характерно и при смене рабочих частот.

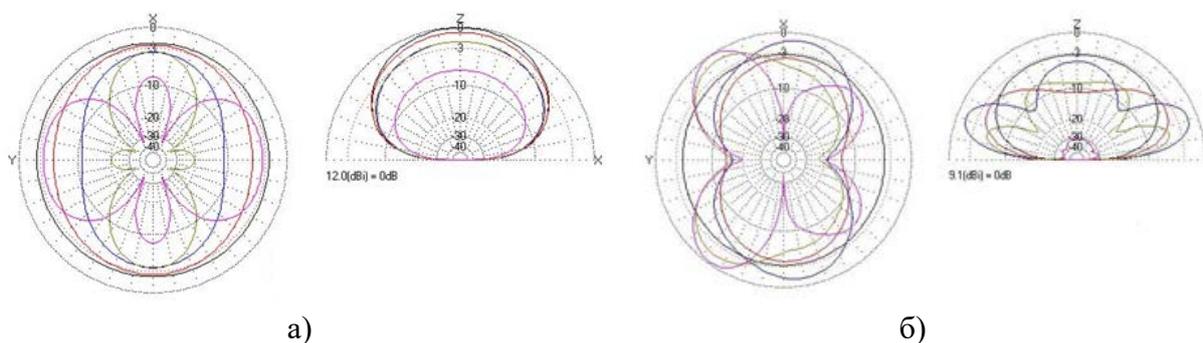


Рис. 1. Изменение формы ДН антенны ВГД на частоте 7,5 МГц:
а) при высоте подвеса 10 м, б) при высоте подвеса 24 м

С другой стороны, к достоинствам мачтовых антенн следует отнести несколько завышенные энергетические параметры (коэффициента усиления и соотношения сигнал/шум). Необходимый коэффициент усиления антенн G_A может быть определён путём задания порогового значения отношения уровней сигнала P_C и шумов $P_{\text{ш}}$ [3]:

$$P_C = N_0 P_{\text{ш}};$$

$$G_A \geq \frac{960\pi^2 N_0 k \Delta f}{\lambda^2 |E_C|^2} * [\eta T_A + T_0(1 - \eta) + T_{\text{ПР}}],$$

где η – КПД антенно-фидерного тракта, T_A – атмосферные помехи, T_0 – стандартная температура и $T_{\text{ПР}}$ – эффективная шумовая температура приёмника, Δf – полоса пропускания приёмника, N_0 – коэффициент шума приёмника, $k = 2\pi/\lambda$.

Если уровень внешних шумов значительно превосходит уровень шумов приемника и фидера ($T_{\text{ПР}} \gg \frac{T_{\text{ПР}}}{\eta}$ и $T_A \gg T_{\text{Ф}} = T_0 \frac{1-\eta}{\eta}$), то возможность приема сигнала полностью зависит от величины коэффициента направленного действия антенны D .

Для того, чтобы имелась возможность осуществить прием сигнала с напряженностью поля E_C , необходимо применить антенну с КНД

$$D \geq \frac{960\pi^2 N_0 k \Delta f}{\lambda^2 |E_C|^2}.$$

Величина КПД приемной антенны при этом практически не играет существенной роли. Такое положение имеет место в низкочастотной части КВ диапазона (< 20 МГц), где велик уровень атмосферных помех и, следовательно, применение приемных антенн с низким КПД вполне допустимо. Этот вопрос подробно исследован авторами как в теоретическом, так и практическом плане в северо-западном регионе РФ для пяти радионаправлений длиной 600–1 550 км. Изменения уровня напряженности поля сигнала составили величину 36–48 дБ, уровень шума –22 дБ. Параллельные измерения

принимаемого сигнала E_C и E_{III} селективным микровольтметром FSM-11 (RMS, 9 кГц) с учетом замираний сигнала в ионосфере дали следующие результаты: $E_C = 80 \dots 300$ мкВ и $E_{III} = 9 \dots 15$ мкВ.

Расчетные и экспериментальные данные показывают, что если принять соотношение $P_C/P_{III} = 20 \dots 30$ дБ, то на данных трассах существует энергетический запас радиолиний величиной порядка 16–28 дБ.

Следовательно, целесообразно ставить вопрос о разработке и применении стационарных слабонаправленных антенн, обеспечивающих уменьшение занимаемых под них площадей, с значительно увеличенными сроками службы, простых в эксплуатации и ремонте, с повышенной устойчивостью к различным неблагоприятным физическим воздействиям в условиях болотистых грунтов по сравнению со стационарными мачтовыми антеннами, но незначительно уступающих и даже превосходящие по некоторым параметрам последние.

В качестве таковых, на наш взгляд, могут быть предложены низкорасположенные (НР) приповерхностные безмачтовые антенны типа ВГД-НР антенны, с высотой подвеса порядка 3–5 м и с расширенной диапазоном работы (коэффициент перекрытия по частоте порядка 2,5–3 при КСВ ≤ 3). Заметим, что при такой высоте подвеса практически отсутствуют провалы в ДН антенны, но в нижней части диапазона антенна оказывается расположенной в реактивном поле ближней зоны с радиусом $\lambda/2\pi$, что приводит к некоторому снижению КПД и коэффициента усиления антенны (рис. 2), а также к некоторому уменьшению напряженности поля антенны.

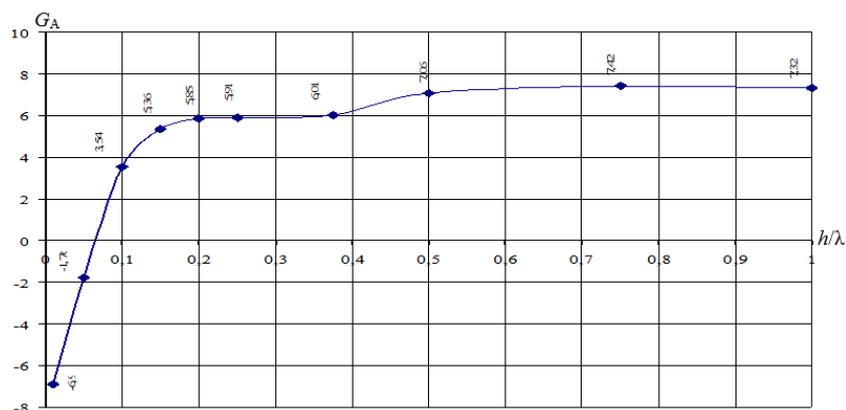


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления антенны от высоты подвеса над землей

Для рабочего диапазона ВГД 30/24, равного 2–12,5 МГц, G_A составляет величину от 2 до 6,5 дБ (почва средней проводимости), для ВГД-НР $G_A = -3,5 - +5,7$ дБ. То-есть разница в усилении $\Delta = (5,5 - 0,8)$ дБ.

Однако снижение G_A на низких частотах ввиду большого уровня атмосферных шумов, как указывалось выше, не столь существенно.

Таким образом, наличие резерва по энергетике подтверждает возможность применения на ПРЦ безмачтовых приповерхностных антенн.

Предлагаемые низкорасположенные антенны представляют собой плоские металлические конструкции, размещаемые на асбестоцементных трубах над плоской землей на высоте 3–5 м. Полотна антенн могут быть выполнены из стальных тросов с повышенной проводимостью или из коаксиального кабеля со снятой оплёткой. Расширенный диапазон рабочих частот каждого типоразмера ВГД-НР обеспечивается специально подобранной формой вибраторов горизонтального диполя и подключением двух дополнительных пассивных диполей с сильной емкостной связью с активным. Данный тип антенн обладают направленностью близкой к оптимальному варианту для трасс до 1000 км, но имеют более низкий КПД порядка $-6 \dots -8$ дБ на нижних частотах. Конструкция, характеристики направленности ВГД-НР представлены на рис. 3–4.

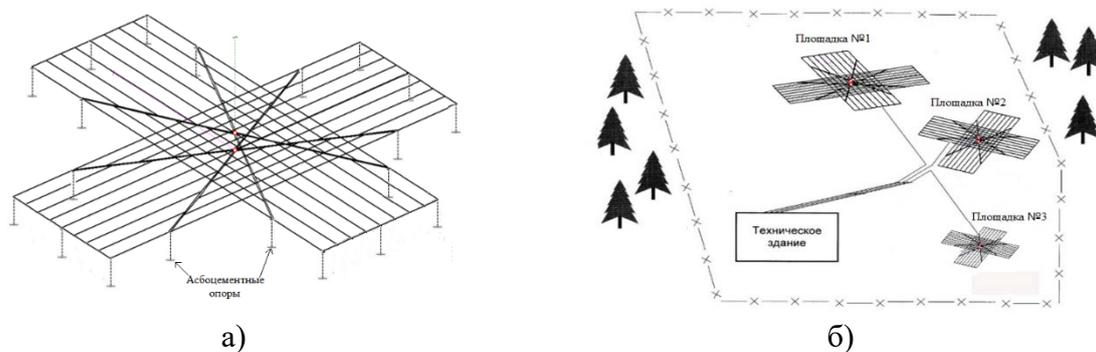


Рис. 3. Низко расположенная антенна ВГД-НР:
а) конструкция; б) размещение на антенном поле

Приведём сравнительные характеристики рассматриваемых антенн:

– антенны ВГД-НР: в 3 модульном варианте позволяют обеспечивать радиосвязь земными и пространственными волнами с круговой поляризацией в составе радиолиний до 1000 км в диапазоне 2,0–24,0 МГц при $KCB \leq 3$. Обладают большей помехозащитой от местных помех по сравнению с ВГД и более высоким соотношением сигнал/помеха. Абсолютные величины сигналов и помех ниже примерно в 3 раза по сравнению с ВГД (на нижних частотах);

– антенны ВГД: рабочий диапазон 2,5–12,5 МГц. Работает только пространственной волной (также 3 модуля). Является мачтовой антенной

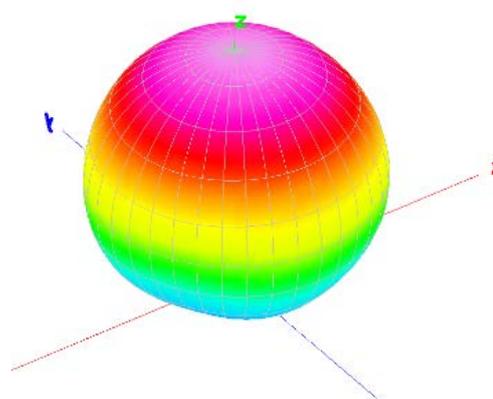


Рис. 4. 3D-диаграмма направленности

и в рабочем диапазоне частот имеет провалы направленности в зенитном направлении. Размещается на высоких мачтах, что значительно удорожает стоимость строительства и ремонтных работ, регламентного обслуживания.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований приемных приповерхностных антенн на ПРЦ свидетельствуют о перспективности применения низко расположенных антенн. Расчет коэффициента усиления и коэффициента направленного действия приповерхностных антенн предлагаемого типа показывает на их достаточную эффективность, а конструктивное исполнение – повышенную устойчивость к различного рода неблагоприятным физическим воздействиям в условиях болотистых грунтов.

Ключевые технические решения проверены в ходе эксперимента и путем математического моделирования в ПО MMANA-GAL.pro.

Список используемых источников

1. СНИП-11-Е.2-62-1964. Передающие и приёмные радиочастоты, нормы проектирования. Стройиздат. 1964. С. 5–10.
2. ТУ 5295-001-04603994-98. Сооружения антенно-мачтовые и антенны. Технические условия. Санкт-Петербург. 1998. С. 12–17.
3. Муравьев Ю. К. Антенны. Ч. I. Ленинград : ВАС, 1963. С. 227–253, 367–381.
4. Иванов С. А., Карпов И. Н. Разработка перспективного варианта дистанционного способа управления настройкой рамочной КВ антенны зенитного излучения подвижных объектов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. 2017. С. 188–191.

УДК 621.395.623.7

ГРНТИ 29.37.21

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ГОЛОВОК ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

А. В. Зарубина, О. А. Свиньина

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Изложены предложения по разработке комплекса лабораторных работ по исследованию характеристик электродинамических головок громкоговорителей. Рассмотрена возможность использования в качестве средства измерения персонального компьютера и специализированного программного обеспечения. Приведена структурная схема разработанного испытательного стенда. Изложены рекомендации по дальнейшему усовершенствованию комплекса.

электроакустические измерения, электродинамический громкоговоритель, импеданс, частотная характеристика громкоговорителя, параметры Тиля-Смолла.

Изучение принципов работы и технологических особенностей громкоговорителей является неотъемлемой частью подготовки специалистов в области акустики и телерадиовещания. Наиболее распространенным типом громкоговорителей, используемым в большинстве профессиональных и бытовых устройств, по-прежнему остаются катушечные электродинамические громкоговорители. Принцип их действия основан на движении в постоянном магнитном поле катушки, питаемой переменным током [1].

Различают два основных типа электродинамических головок громкоговорителей: головки прямого излучения, предназначенные для излучения звука непосредственно в окружающее пространство, и рупорные головки, предназначенные для излучения звука через предрупорную камеру и рупор [2]. Первые чаще используются в бытовых и автомобильных акустических системах, мобильных устройствах и системах озвучения небольших помещений; вторые – в высококачественной акустической аппаратуре, концертно-театральных системах озвучения и в системах оповещения.

Достоинствами головок прямого излучения являются малые размеры, низкая стоимость и хорошие электроакустические характеристики в довольно широком диапазоне частот. Основными недостатками являются низкая эффективность и узкая диаграмма направленности на высоких частотах. Однако, от бытовой аппаратуры не требуется большая акустическая мощность, и достоинства головок прямого излучения превосходят недостатки. В концертно-театральных системах озвучения и системах озвучения открытых пространств, где требуется большая акустическая мощность и не важны размеры, чаще используются более эффективные рупорные головки.

Рупор, усиливающий и направляющий звук в нужном направлении, можно рассматривать как акустическое оформление обычной электродинамической головки громкоговорителя [3]. Принцип работы рупора, однако, несколько сложнее, чем у других типов акустического оформления, поэтому целесообразно начинать изучение электродинамических громкоговорителей с головок прямого излучения.

Предлагается новый комплекс лабораторных работ по исследованию электродинамических головок громкоговорителей, посвященный изучению методов измерений электрических и электроакустических параметров данного типа излучателей в соответствии с ГОСТ Р 53575-2009 [1]. В качестве измерительного оборудования в разработанном комплексе используется звуковая карта персонального компьютера (ПК), а также специализированное программное обеспечение. Использование цифровых методов измерений позволяет повысить точность и скорость измерений и обработки результатов, а также обеспечить возможность проведения измерений

в незаглушенных помещениях [4], что особенно важно при проведении измерений в неблагоприятных акустических условиях учебной лаборатории.

Существует большое количество программных продуктов, позволяющих проводить измерения параметров излучателей. Оптимальным для использования в образовательном процессе является программное обеспечение (ПО) Room EQ Wizard (REW) [5].

В качестве объекта исследования в лабораторных работах предлагается использовать специальный испытательный стенд (рис. 1), позволяющий проводить измерения как электрических, так и электроакустических параметров электродинамических головок громкоговорителя. Для измерения комплексной частотной зависимости (амплитудной и фазовой) входного сопротивления (импеданса) головок громкоговорителя Вход 1 стенда подключается к линейному выходу звуковой карты ПК, а Выход 1 – к линейному входу звуковой карты ПК. Ключ 1 замыкается, а ключ 2 размыкается. Активное сопротивление R при проведении измерений с помощью звуковой карты ПК рекомендуются выбирать равным 100 Ом [5].

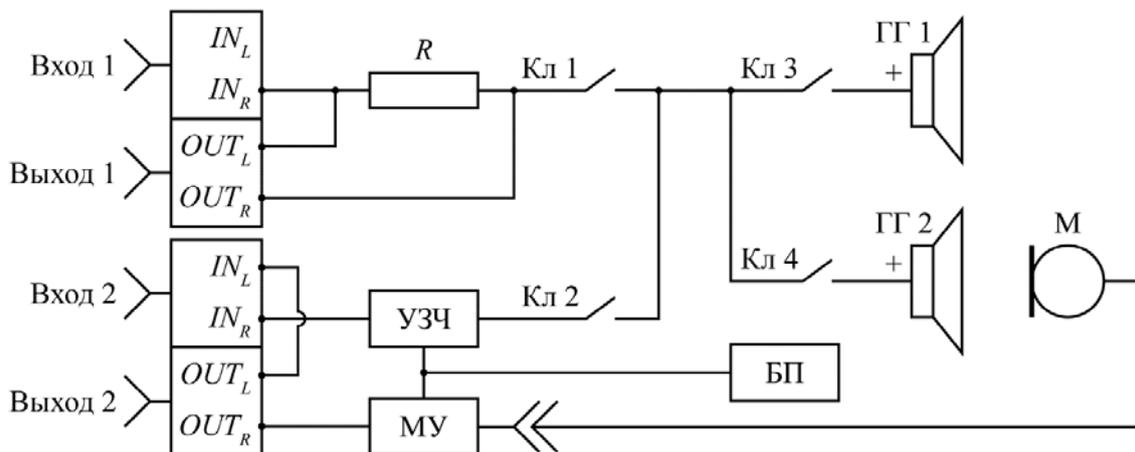


Рис. 1. Структурная схема испытательного стенда

В целях упрощения конструкции испытательного стенда, для измерения параметров Тилля-Смолла [6, 7] предлагается использовать метод добавочной массы. Для этого на обратную поверхность диффузора одной из двух одинаковых головок громкоговорителей ГГ1 и ГГ2, имеющих равные значения частот основного резонанса, равномерно приклеиваются несколько грузов известной массы. Общая масса грузов подбирается таким образом, чтобы при их добавлении частота основного резонанса головки понижалась на 10–20 % [8]. Пример получаемых частотных зависимостей модуля входного сопротивления головок ГГ1 и ГГ2 представлен на рис. 2. Расчет параметров Тилля-Смолла производится на основании измеренных частотных зависимостей импеданса головок ГГ1 и ГГ2 с помощью встроенной в REW специальной подпрограммы.

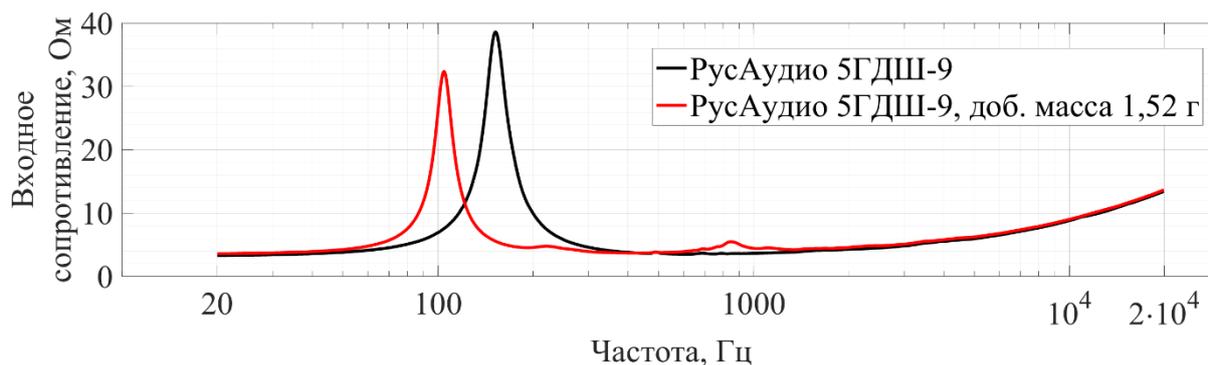


Рис. 2. Графики частотных зависимостей модуля входного сопротивления головок громкоговорителей РусАудио 5ГДШ-9, с добавочной массой и без нее

Для измерения частотной характеристики (ЧХ) звукового давления и эффективно воспроизводимого диапазона частот, ключ 1 размыкается, а ключ 2 замыкается. Правый канал Входа 2 подключается к линейному выходу звуковой карты. Испытательный сигнал подается к исследуемой головке громкоговорителя через усилитель звуковой частоты (УЗЧ). Ко входу микрофонного усилителя (МУ) испытательного стенда подключается микрофон (М). Питание УЗЧ и МУ осуществляется от внешнего блока питания (БП). Сигнал с выхода микрофонного усилителя поступает в правый канал Выхода 2. Левый канал Входа 2 подключается непосредственно к левому каналу Выхода 2 для формирования цепи определения задержки на обработку сигнала звуковой картой. Пример получаемых частотных характеристик головок ГГ1 и ГГ2 представлен на рис. 3.

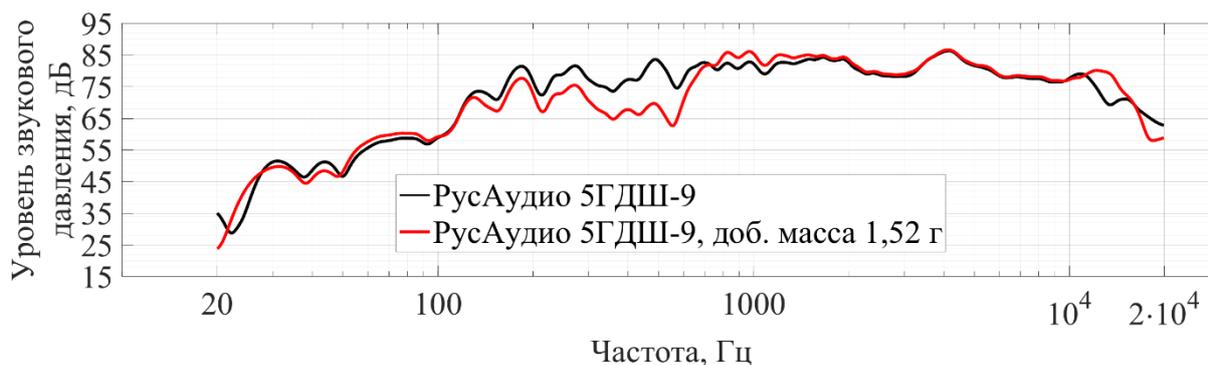


Рис. 3. Графики частотных характеристик головок громкоговорителей РусАудио 5ГДШ-9, с добавочной массой и без нее

Микрофон, используемый для измерений, должен удовлетворять требованиям ГОСТ Р 53575-2009. Необходимость использования МУ, встроенного внутри испытательного стенда, объясняется получением недостаточной величины динамического диапазона при подключении микрофона непосредственно к микрофонному входу звуковой карты ПК, а также наличием явно выраженной помехи сетевой частоты в получаемом сигнале. При использовании отдельного микрофонного усилителя сигнал с Выхода 2

испытательного стенда может быть подан на линейный вход звуковой карты, что позволяет уменьшить влияние собственных шумов звуковой карты и системного блока ПК на принимаемый сигнал.

Для дополнительного повышения точности измерений необходимо измерить амплитудно-частотную характеристику звуковой карты ПК и характеристику чувствительности микрофона с целью последующей компенсации неравномерности, вносимой данными устройствами в результаты измерений. В REW подобная компенсация может выполняться автоматически.

В качестве испытательного сигнала при измерении частотной характеристики звукового давления используется сигнал скользящего тона, что позволяет значительно сократить влияние акустических характеристик помещения на результаты измерений [4, 9]. Для изучения влияния массы подвижной системы на электроакустические параметры головки громкоговорителя, измерения выполняются для обоих головок ГГ1 и ГГ2.

Испытания громкоговорителей следует проводить при акустическом оформлении, то есть корпус испытательного стенда должен одновременно служить акустическим оформлением исследуемых головок громкоговорителей. Для упрощения конструкции предлагается использовать открытое акустическое оформление, размеры которого соответствуют размерам стандартного акустического экрана. Во избежание вибрации корпус должен быть изготовлен из прочного материала, например, фанеры толщиной 3 мм [2]. Детали корпуса могут быть изготовлены с помощью технологии лазерной резки, что значительно упростит сборку испытательного стенда.

Предлагаемый комплекс лабораторных работ включает в себя три работы. Ориентировочная трудоемкость каждой из работ составляет два академических часа.

В рамках дальнейших исследований запланирована разработка испытательных стендов, позволяющих исследовать влияние различных типов акустического оформления на работу электродинамической головки громкоговорителя. Следует также в качестве альтернативного варианта структуры испытательных стендов рассмотреть возможность встраивания в стенды внешних звуковых карт, подключаемых к ПК через USB-порт.

Список используемых источников

1. Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary [Электронный ресурс]. URL: <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/welcome?openform> (дата обращения 19.02.2020).
2. ГОСТ Р 53575-2009 Громкоговорители. Методы электроакустических испытаний. М. : Стандартинформ, 2011. 41 с.
3. Алдошина И.А. и др. Электроакустика и звуковое вещание : учебное пособие для вузов. М. : Горячая линия – Телеком, Радио и связь, 2007. 872 с.

4. Müller S., Massarani P. Transfer-function measurement with sweeps // Journal of the Audio Engineering Society. 2001. Vol. 49. №. 6. PP. 443–471.
5. Mulcahy J. Room EQ Wizard: Room Acoustics Software [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roomeqwizard.com> (дата обращения 19.02.2020).
6. Thiele N. Loudspeakers in vented boxes: Part 2 // Journal of the Audio Engineering Society. 1971. Vol. 19. №. 6. PP. 471–483.
7. Small R. H. Direct radiator loudspeaker system analysis // Journal of the Audio Engineering Society. 1972. Vol. 20. №. 5. PP. 383–395.
8. AES2-2012: AES standard for acoustics – Methods of measuring and specifying the performance of loudspeakers for professional applications – Drive units. 2013. 21 p.
9. Farina A. Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique // Audio Engineering Society Convention 108. Audio Engineering Society, 2000.

Статья представлена заведующим кафедрой ТВиМ СПбГУТ, доктором технических наук, профессором А. А. Гоголем.

УДК 62-974
ГРНТИ 47.14.21

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЛОЖНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Д. И. Кирик, И. А. Третьяков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье предложены актуальные методы проектирования печатных узлов, способствующие их прогреву и снижающие воздействие сложных климатических условий, таких как: температура, ветер и влажность. Рассматриваются вопросы обеспечения требуемого квазистационарного теплового режима и его влияния на электрические параметры печатного узла путём моделирования структуры в HyperLynx. Определены основные законы, требуемые для расчётов и описания функции потока тепла в системе. Так же приведён краткий анализ и выводы о теплообмене на основе структуры печатных плат.

печатная плата, климатические условия, холодный климат, проектирование, тепловой режим, теплоёмкость, проводимость, термоудар, теплообмен, HyperLynx.

В настоящее время считается нормальным, если новая версия прибора или устройства модернизируется менее, чем на 20 %. Тем не менее производственные мощности и возможности научно-исследовательских институтов, производств и предприятий растут с каждым годом. Новые технологии

позволяют создавать различные микросхемы и процессоры с меньшим потреблением энергоресурсов и большими скоростями обработки данных, чем компьютеры 10 лет назад.

В связи с этим у инженеров каждый день появляются новые задачи. Такими задачами являются: электромагнитная совместимость; увеличение мощности и скорости вычислений; миниатюризация; теплоотвод.

Все задачи, о которых сказано ранее, являются актуальными проблемами конструирования. Также они являются нерешаемыми. Невозможность полностью решить эти задачи и исключить влияние этих параметров обусловлено фундаментальными закономерностями физики. Единственное, что может сделать инженер – это уменьшить влияние параметров на состояние устройства, как единой системы, что увеличит его качественные характеристики.

Одной из новых задач конструирования радиоэлектронной аппаратуры является задача, обратная теплоотводу – прогрев аппаратуры. Прогрев аппаратуры может потребоваться в таких сферах как, авиационная промышленность, космос, железнодорожный транспорт, а также при освоении районов крайнего севера. Компоненты для печатных узлов делятся на несколько классов: потребительский, промышленный, гражданский, военный, космический. Диапазон рабочих температур компонентов всех классов, кроме космического, часто ограничивается от минус 40 до +150 С°. Но температура в указанных ранее регионах может достигать до минус 65 С°. В связи с этим требуется решать новую задачу – прогрев радиоэлектронной аппаратуры.

Для начала, необходимо определить некоторые закономерности, которыми пользуется в теории тепломассообмена. Ввиду того, что объектом исследования (печатный узел) является неоднородный анизотропный материал, формулы для теплообмена усложнены из-за представления исследуемой области как совокупность элементарных ячеек. Различные физические процессы (теплопроводность, электропроводность, диэлектрическая проницаемость) описываются уравнением (1):

$$A = \Lambda B, \quad (1)$$

где A , B – векторные величины, Λ – коэффициент переноса.

Для теплопроводности справедливой будет формула (2):

$$j_{qi} = -\lambda_i \nabla T_i, \quad (2)$$

Определим эффективные характеристики материала. Для этого требуется провести усреднение по объему V . Средние по объему V поле (3) определяется как:

$$\langle j \rangle = \frac{1}{V} \int j_i dV, \quad (3)$$

где $\langle j \rangle$ – усреднение по объему V .

Исходя из выражений (2) и (3), можно сделать вывод о эффективном коэффициенте обобщенной проводимости Λ :

$$\Lambda = f(\Lambda_i, m_i),$$

где $f(\Lambda_i, m_i)$ – функция проводимости компонентов и их концентраций.

Процесс нагревания печатного узла делится на две стадии: неупорядоченного и упорядоченного режима. В первой стадии осуществляется резкое изменение температурного поля тела. Температура тела, примерно равная температуре окружающей среды, начинает выравниваться со значением температуры нагрева, что в нашем случае оказывает влияние на конструкцию печатной платы и места соединения компонентов с ней. Требуется избегать слишком резкого изменения температур – это может привести к тепловому удару. Тепловой удар случается из-за температурного расширения материалов. Закон теплового расширения (4) имеет вид:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T, \quad (4)$$

где α – коэффициент линейного теплового расширения, T – изменение температуры, L – линейный размер.

Под воздействием теплового удара конструкция печатной платы может получить механические повреждения такие, как разрыв проводящих слоев и контактных площадок. Также могут быть выведены из строя электрорадиоэлементы (ЭРЭ).

Материалы, из которых производят печатные платы, являются композитными (рис. 1) [2]. Это усложняет задачу создание математической модели для моделирования структуры печатных плат.

Композитные материалы в свою очередь имеют волокнистую структуру (рис. 2) [3].

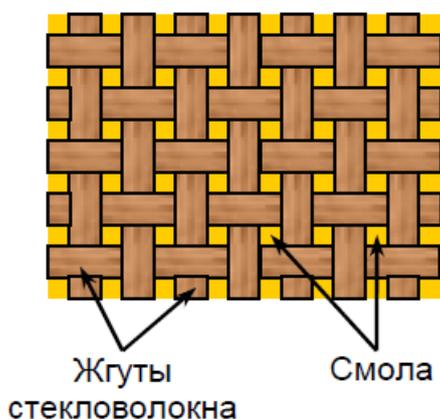


Рис. 1. Структура композита

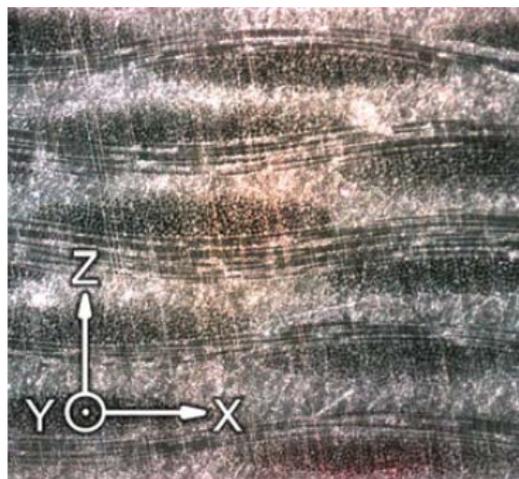


Рис. 2. Расположение армирующих стеклянных волокон

Таким образом, зависимость проводимости для различных величин в композитных материалах имеет вид:

$$\frac{\Lambda}{\Lambda_1} = m_2^2 v + \frac{4vm_2(1 - m_2)}{1 + v} + (1 + m_2)^2,$$

где, $v = \Lambda_2/\Lambda_1$, Λ – проводимость композитного материала, Λ_1 – проводимость волокон, Λ_2 – материал пор, m – пористость материала.

На основе приведенных ранее законов, можно предположить каким образом тепловой поток будет распространяться в пределах печатного узла. Ещё одним способом проверить, правильны ли предположения, является моделирование системы в специализированных программах. Для изучения влияния используется программа HyperLynx. Она позволяет увидеть и оценить влияние электромагнитных помех, тепловых воздействий и различных электрических параметров на сигналы.

На рис. 3 представлен результат моделирования печатного узла в программе HyperLynx со следующими параметрами окружающей среды: температура окружающей среды на момент начала прогрева – минус 50 С°; атмосферное давление – 200 мм ртутного столба; относительная влажность воздуха – 15 %.

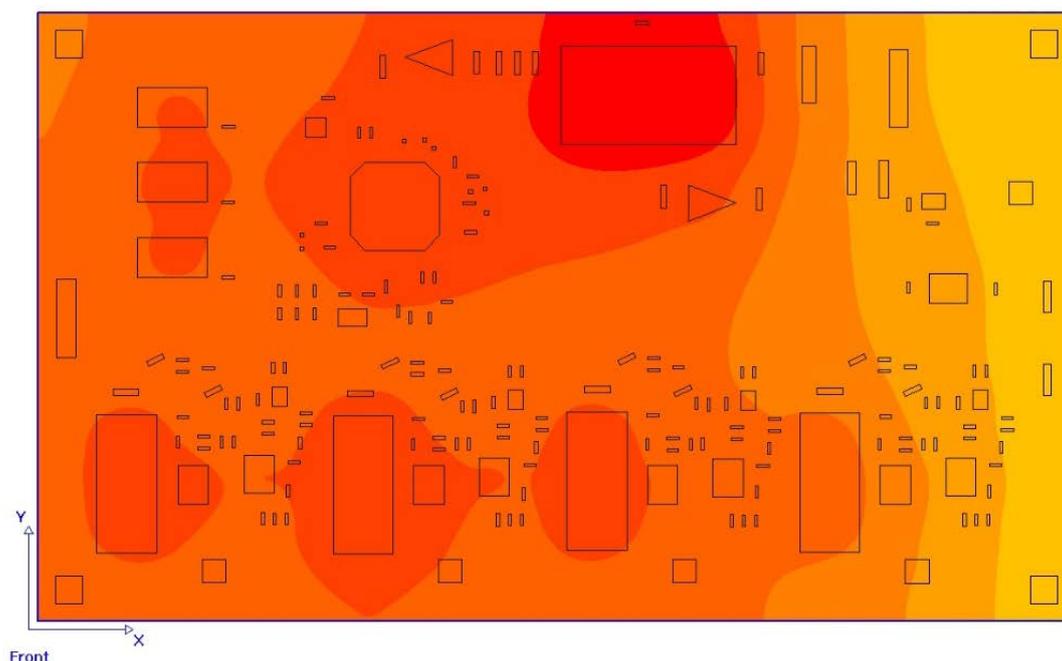


Рис. 3. Температурное поле печатного узла в среде HyperLynx

Наиболее эффективным способом прогрева печатных узлов является создание проводящего слоя с медным проводником, по которому течёт ток. Это позволит планомерно, достаточно быстро (до 15 минут) и наиболее безопасно прогреть печатную плату изнутри. Под воздействием теплового излучения прогреваются выводы компонентов и сами компоненты.

Более опасным способом является прогрев с помощью потока тёплого воздуха. Происходит нагрев непосредственно окружающей среды, и только после, печатного узла. В совокупности это приводит к слишком быстрому увеличению температуры. При таком воздействии вероятность теплового удара, и как следствие, механических повреждений резко возрастает.

Список используемых источников

1. Дульнев Г. Н., Новиков В. В. Процессы переноса в неоднородных средах. Ленинград: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. 248 с.
2. Пахнин А., Казаков П. Современные высокотемпературные материалы для многослойных печатных плат // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2011. № 4. С. 24–27.
3. Рирази А. Avoiding Differential Pair Routing Violations // PCD&M. 2004.

УДК 534.843.12
ГРНТИ 29.37.23

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОМЕЩЕНИЙ

Н. С. Кириллова, О. А. Свиньина

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрены основные стандартизованные методы измерения акустических параметров помещений, а также возможность использования персонального компьютера и специального программного обеспечения в качестве средств измерений. Предложена методика проведения измерения акустических параметров помещения учебной лаборатории. Даны методические рекомендации по организации и проведению фронтальных лабораторных работ.

акустика помещений, акустические измерения, время реверберации, импульсная переходная характеристика помещения, кривая спада.

Огромное влияние на воспринимаемое качество звука оказывает помещение прослушивания. Помещение оказывает влияние как на временные, так и на спектральные характеристики звукового сигнала, что приводит к изменению воспринимаемой окраски и разборчивости звукового сигнала. Различают субъективные и объективные критерии оценки акустического ка-

чества помещений. Первые базируются на эмоциональных ощущениях слушателя, вторые определяются однозначными измерениями, точность которых зависит только от точности приборов.

Основными объективными акустическими параметрами помещений, согласно ГОСТ Р 3382-1-2013 [1], являются кривая спада, импульсная переходная характеристика и время стандартной реверберации. Кривую спада можно определить либо непосредственной записью спада уровня звукового давления после возбуждения помещения широкополосным или полосовым шумом, либо рассчитать ее на основе возведенной в квадрат обращенной во времени импульсной переходной характеристики (ИПХ) помещения. Последняя определяется как изменение во времени звукового давления в некоторой точке помещения в результате излучения импульса Дирака в другой точке помещения. Поскольку на практике невозможно создать и излучить настоящую дельта-функцию, то для измерения ИПХ используют кратковременные нестационарные звуки. Если в качестве испытательного сигнала используется детерминированный сигнал с плоским спектром [2], то ИПХ может быть получена с помощью вычисления обратной свертки записанного отклика.

Время стандартной реверберации T оценивается по кривому спаду как время, необходимое для спада плотности звукового давления на 60 дБ от первоначального уровня после выключения звука (0 дБ). При проведении измерений в помещениях с высоким уровнем собственного шума, можно оценить время реверберации на меньшем интервале: от -5 до -25 дБ (T_{20}) или от -5 до -35 дБ (T_{30}).

В разработанном комплексе лабораторных работ предлагается исследовать два метода измерения ИПХ: непосредственную запись отклика помещения на импульсное воздействие и метод качающейся частоты в соответствии с ГОСТ Р 54579-2011 [2]. Преимуществами второго метода по сравнению с классическими методами измерения ИПХ с помощью сигнала розового шума является повышение отношения сигнал/шум, возможность выделения в спектре получаемого сигнала продуктов нелинейных искажений и независимость результатов от изменения характеристик исследуемого помещения во времени [3, 4].

При исследовании первого метода в качестве испытательного сигнала предлагается использовать звук разрыва воздушного шара. Данный источник звука не обладает равномерной характеристикой направленности на низких частотах, что противоречит требованиям ГОСТ Р 3382-1-2013, однако, доступность и неоспоримая простота использования позволяют в рамках учебного процесса пренебречь указанным недостатком. Для улучшения характеристик направленности следует использовать воздушные шары большого размера и проводить в каждой точке помещения серию измерений с последующим усреднением результатов [5].

При исследовании второго метода в качестве испытательного сигнала используется синусоидальный сигнал качающейся частоты (ССКЧ) с экспоненциальной разверткой частоты, что позволяет снизить влияние посторонних шумов на принимаемый сигнал по сравнению с использованием последовательностей максимальной длины [4]. В качестве источника звука следует использовать ненаправленный громкоговоритель или акустическую систему, способную обеспечить уровень полезного сигнала на 35–45 дБ выше уровня собственных шумов помещения [1].

Для приема сигнала отклика помещения необходимо использовать микрофон, удовлетворяющий требованиям ГОСТ Р 3382-1-2013. В качестве регистрирующего устройства предлагается использовать звуковую карту персонального компьютера (ПК), а также специализированное программное обеспечение. Использование цифровых методов измерений позволяет существенно повысить точность и скорость измерений и обработки результатов. В рамках образовательного процесса рекомендуется использовать программное обеспечение (ПО) Room EQ Wizard (REW) [6], позволяющее проводить измерения вышеуказанными методами.

Лабораторные работы по исследованию акустических параметров помещений необходимо проводить фронтально. Измерения проводятся всеми студентами одновременно с использованием одного и того же источника звука, которым управляет преподаватель. Каждое рабочее место в учебной лаборатории оборудуется ПК и микрофонами (M_1, M_2, \dots, M_n), а громкоговоритель ГГ, служащий источником звука, через усилитель звуковой частоты (УЗЧ) подключается к компьютеру преподавателя (рис. 1). Специальный испытательный сигнал формируется с помощью виртуального генератора качающейся частоты (ГКЧ) в REW.

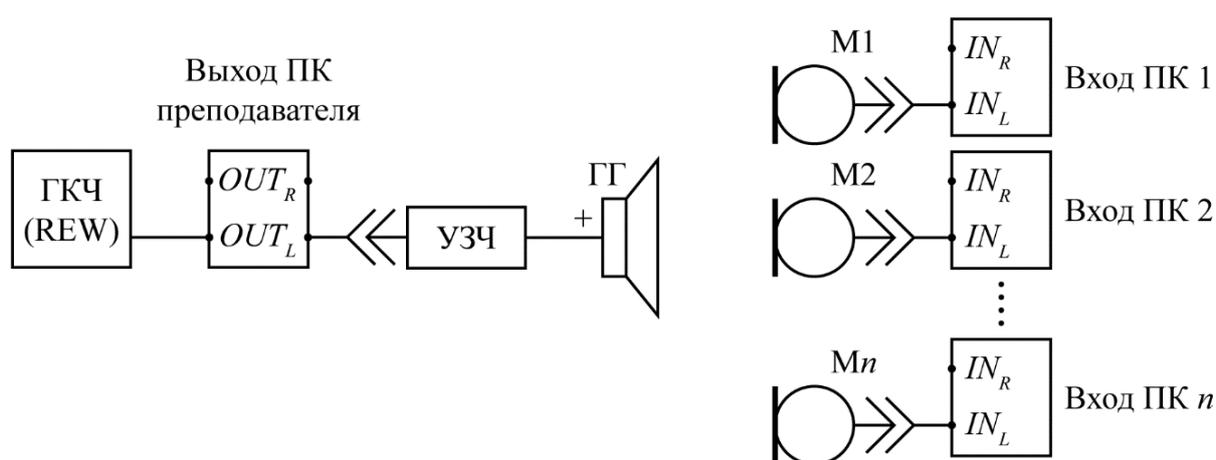


Рис. 1. Схема организации измерений при проведении фронтальной лабораторной работы по исследованию акустических параметров помещений

При подобной организации процесса выполнения лабораторных работ невозможно проводить вычисление ИПХ в реальном времени, однако, REW поддерживает возможность расчета ИПХ на основании звуковых файлов с исходным и записанным в помещении испытательными сигналами. Необходимая синхронизация звуковых сигналов выполняется с помощью двух вспомогательных кратковременных высокочастотных ССКЧ, следующих до и после основного ССКЧ.

Фронтальный метод проведения лабораторных работ повышает эффективность использования учебного времени. В соответствии с ГОСТ Р 3382-2-2013 [7], при проведении измерений техническим методом минимальное число комбинаций позиции источника и точек измерений составляет не менее 6, из них: число позиций источника – не менее 2, число точек измерений – не менее 2. При наличии в учебной лаборатории n рабочих мест, одновременная запись общего испытательного сигнала со всех рабочих мест позволит получить n комбинаций источник-микрофон для каждой позиции источника звука.

При выполнении непосредственной записи отклика помещения на импульсное воздействие, УЗЧ и громкоговоритель ГГ выключаются, и в качестве источника звука используется разрыв воздушного шара. Как уже было сказано ранее, при проведении данного вида исследований требуется повысить число измерений ИПХ в каждой конфигурации источник-микрофон с целью последующего усреднения полученных результатов.

Примеры ИПХ, полученных в одном и том же помещении двумя описанными методами, приведены на рис. 2. Наглядно видно, что ИПХ, полученная с помощью метода качающейся частоты, меньше подвержена влиянию шумов и помех. Это позволяет точнее аппроксимировать кривую спада, тем самым повысив точность оценки времени стандартной реверберации.

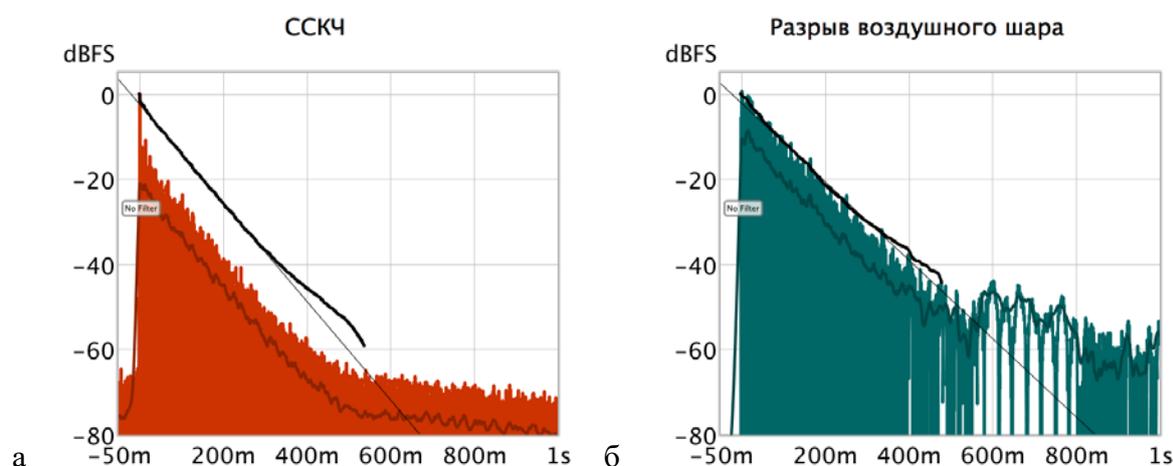


Рис. 2. Графики ИПХ (цветные кривые), кривых спада (черная кривая) и линейной аппроксимации кривой спада на интервале от -5 до -25 дБ (черная прямая), полученные в ПО REW: а) методом качающейся частоты, б) непосредственной записью отклика помещения на разрыв воздушного шара

Частотные зависимости времени реверберации T_{20} , рассчитанные на основании представленных на рис. 2 кривых спада, приведены на рис. 3. Отклонение значений времени стандартной реверберации, полученных с помощью рассмотренных методов, в диапазоне частот от 125 до 4000 Гц в среднем составляет 5 %.

Предлагаемый комплекс лабораторных работ включает в себя две работы. Ориентировочная трудоемкость каждой из работ составляет четыре академических часа. Комплекс может быть расширен за счет добавления работы по исследованию влияния источников звука с различными характеристиками направленности на результаты измерений ИПХ и времени реверберации.

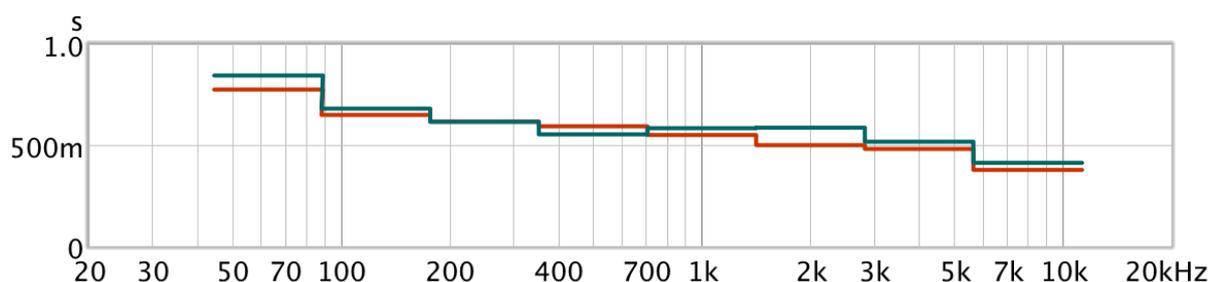


Рис. 3. Графики частотных зависимостей времени реверберации T_{20} , полученных в ПО REW с помощью метода качающейся частоты (красная линия) и непосредственной записи отклика помещения на разрыв воздушного шара (зеленая линия)

В рамках дальнейшей работы также следует уделить внимание разработке ненаправленного громкоговорителя, характеристики которого удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 3382-1-2013. Кроме того, следует рассмотреть возможность использования бытовой электроакустической аппаратуры в качестве учебных средств измерения, и подобрать оптимальное оборудование для оснащения лаборатории.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р ИСО 3382-1-2013. Акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 1. Зрительные залы. М. : Стандартинформ, 2014. 28 с.
2. ГОСТ Р 54579-2011. Акустика. Применение новых методов измерений в акустике зданий и помещений. М. : Стандартинформ, 2012. 24 с.
3. Farina A. Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique // Audio Engineering Society Convention 108. Audio Engineering Society, 2000.
4. Farina A. Advancements in impulse response measurements by sine sweeps // Audio Engineering Society Convention 122. Audio Engineering Society, 2007.
5. Pätynen J., Katz B. F. G., Lokki T. Investigations on the balloon as an impulse source // The Journal of the Acoustical Society of America. 2011. Vol. 129. No. 1. PP. EL27–EL33.
6. Mulcahy J. Room EQ Wizard: Room Acoustics Software [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roomeqwizard.com> (дата обращения: 19.02.2020).

7. ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 Акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 2. Время реверберации обычных помещений. М. : Стандартинформ, 2014. 15 с.

Статья представлена заведующим кафедрой ТВиМ СПбГУТ, доктором технических наук, профессором А. А. Гоголем.

УДК 621.396.94
ГРНТИ 49.43.37

РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА РАДИОТЕХНОЛОГИЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОГО РАДИО И ТЕХНОЛОГИИ WEBSDR

Д. С. Козлов, В. В. Мошков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается применение платформы WebSDR, которая позволяет с помощью технологии программно-определяемого радио настраивать приемник одновременно нескольким пользователям независимо друг от друга, не только для прослушивания звука, но и для использования в качестве системы мониторинга для сетей беспроводной связи различных диапазонов (включая мобильные сети связи, радиовещание). В статье описан прототип системы мониторинга на основе широкополосного радиосканнера RTL-SDR применительно для сетей аналогового радиовещания в диапазоне (87,5–108,0 МГц) и представлен вариант применения разработанной системы на практике.

SDR, WebSDR, программно-конфигурируемое радио, радиотехнологии связи.

В данной статье рассматривается применение платформы WebSDR, которая позволяет с помощью технологии программно-определяемого радио настраивать приемник одновременно нескольким пользователям независимо друг от друга, не только для прослушивания звука, но и для использования в качестве системы мониторинга для сетей беспроводной связи различных диапазонов (включая мобильные сети связи, частоты телевизионного вещания, FM и т. д.). Хранение и запись сигналов позволит провести последующий анализ. Также будет описан предлагаемый прототип системы на основе RTL-SDR, а также будут представлены варианты применения разработанной системы на практике.

Для начала необходимо дать определение такому понятию как программно-конфигурируемое радио (англ. *Software-defined radio*, SDR). Итак, SDR – это радиоприёмник и/или радиопередатчик, использующий технологию, позволяющую устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры (такие как диапазон частот, тип модуляции, выходная мощность и т. д.) при помощи программного обеспечения [1]. Чаще всего такой приёмник подключается к компьютеру, на котором установлено специализированное программное обеспечение. WebSDR же в данном случае представляет собой цельную систему, состоящую из аппаратного SDR приёмника и программного обеспечения, контроль за которым осуществляется не через ПО, а через Web-страницу, которая представляет из себя лицевую панель с возможностью регулировки радиочастотных параметров радиоприёмника или радиопередатчика.

После возникновения идеи об разработке данной системы, первым делом были проанализированы существующие платформы, использующие аналогичную технологию – WebSDR. Основным аналогом является платформа «Websdr.org». Для понимания принципов работы и возможностей платформы Websdr.org в локальной сети СПбГУТ был развёрнут WebSDR сервер.

В качестве радиоприёмника, имеющего возможность регулировки радиочастотных параметров, был выбран RTL2832U, со следующими характеристиками:

- Диапазон частот: 24 – 1750 МГц.
- Доступные модуляции: AM, FM, NFM, LSB, USB, CW (ADS-B, D-STAR, AIS и другие).
- Полоса обзора: 250 кГц – 4 МГц.
- Чувствительность: 0.22 мкВ (на 438 МГц в режиме NFM).
- Входное сопротивление приёмника: 50 Ом.
- Диапазонные фильтры: только внешние фильтры.
- Разрядность АЦП: 8 бит.
- Динамический диапазон: 50 дБ (в режиме CW).
- Задержка принимаемого сигнала: ~340 мСек.
- Интерфейс подключения: USB 2.0 и выше.
- Операционная система ПК: Windows, Linux.

Данный приёмник оказался наиболее подходящим не только по представленным выше характеристикам, но и по небольшим габаритам и низкой цене. Не смотря на сравнительно низкую разрядность АЦП равную 8 битам, данный приёмник имеет в своём составе помимо основной микросхемы RTL2832P, ответственной за оцифровку и передачу сигнала по USB, уже зарекомендовавшие себя ранее микросхемы Panasonic MN88473, выступающей в качестве демодулятора и Rafael Micro R828D являющийся гибридным тюнером. Схема RTL2832U представлена на рис. 1 (см. иже).

Программным обеспечением, необходимым для развёртки WebSDR сервера, является находящееся в свободном доступе на сайте «Github» программное обеспечение (далее – ПО) [2]. Основная часть ПО написана на языке программирования C++ (данная часть отвечает за приём, обработку сигнала именно на сервере), а часть, отвечающая за так называемый интерфейс и одновременно выступающая неким шлюзом доступа от пользователя к Websdr-серверу, выполнена на JavaScript.

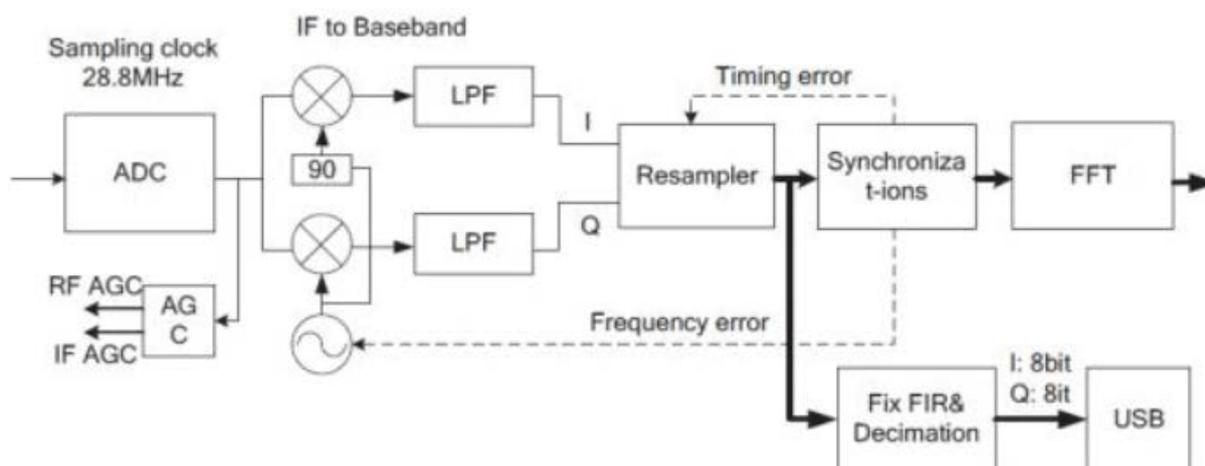


Рис. 1. Блок диаграмма RTL2832u

Итак, для развёртки WebSDR сервера в локальной сети СПбГУТ используется стандартный ПК с операционной системой Linux/Ubuntu (рис. 2, см. ниже). Прежде чем заняться установкой программы для развёртки, необходимо убедиться в том, что у имеющейся учётной записи пользователя есть необходимые права для доступа к звуковой карте компьютера, а также произвести установку необходимых утилит для вашего приёмник, в нашем случае это утилита “rtl-sdr”. Данная утилита позволит в будущем получить доступ к программным настройкам нашего приёмника RTL2832U и возможность отдельной инициации доступа к RTL2832U с последующей декодировкой принимаемого сигнала. После установки ПО, нам будут доступны два файла, необходимые для регулировки радиочастотных параметров принимаемого сигнала и визуальной составляющей html-страницы, к которой будет подключен WebSDR-сервер.

СПБГУТ)))



Разработка облачной платформы для исследований радиотехнологий связи на основе программно-конфигурируемого радио

Это WebSDR-приемник (RTL2832U), расположенный в K059FV, Санкт-Петербург, Россия.

Данный приёмник располагается в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций (Научно-образовательный центр «Технологии информационных образовательных систем»), электронная почта Setvit97ex@yandex.ru.

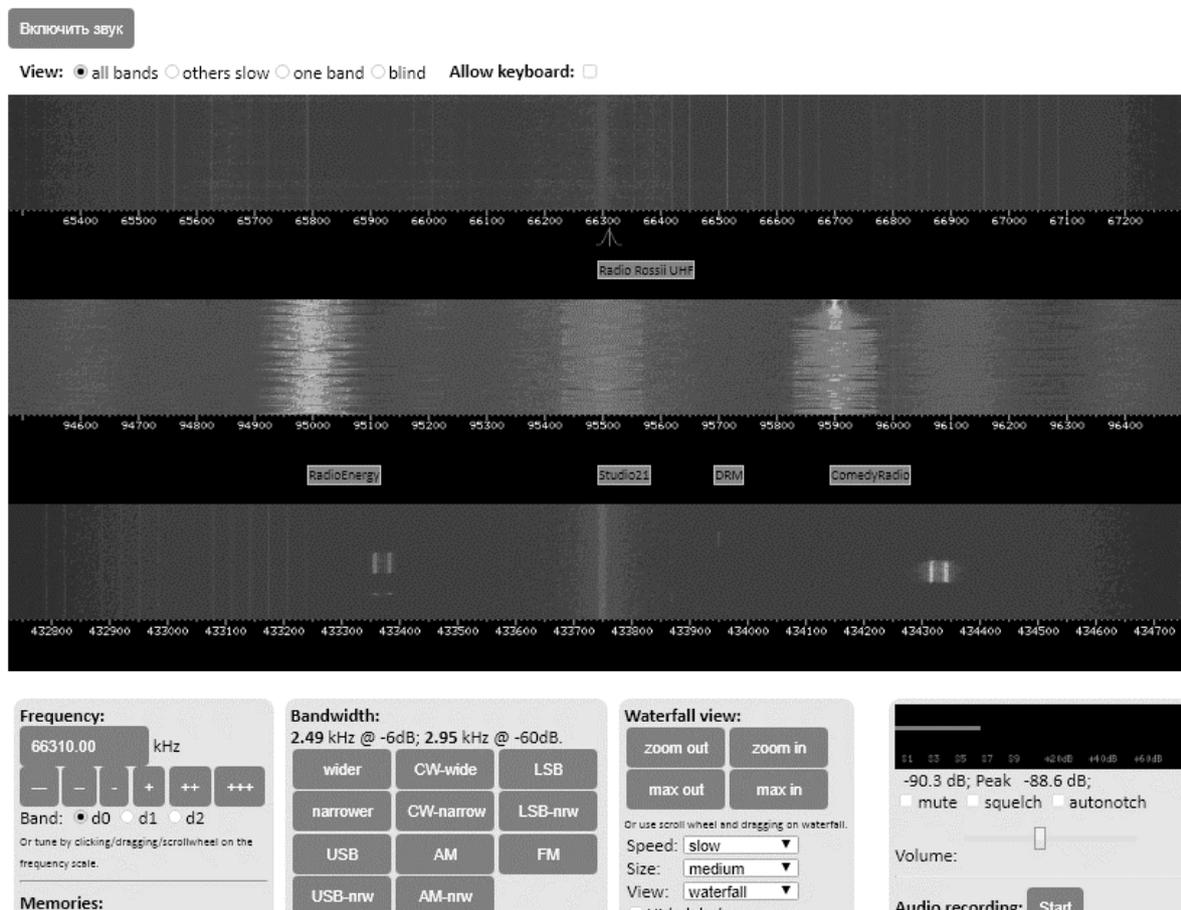


Рис. 2. Облачная платформа для исследований радиотехнологий связи

Описанный ниже прототип системы мониторинга приведён для FM-диапазона – самого распространённого и доступного в понимании качественных характеристик и параметров приёма. Итак, с аппаратной точки зрения, за основу прототипа системы мониторинга берётся описанный выше приёмник RTL2832U. Основой прототипа также будут являться принципы программно-конфигурируемого радио и технологии WebSDR, однако, в отличие от существующей системы “Websdr.org”, предлагаемая концепция будет выводить следующие параметры приёма:

- детектирование пропадания сигнала на заданной частоте;
- детектирование пилот-тона (бинарный);
- наличие/отсутствие звука на заданной частоте, режим приёма – стерео/моно (бинарный);

– девиация МРХ (кГц); зачастую радиовещатели не выполняют установленные Нормами ГКРЧ 19-02 требования к девиации сигнала, чем провоцируют дополнительные помехи по соседнему каналу приёма;

– RF level (dB μ V);

– значение оценки качества принимаемого сигнала согласно рекомендации ITU-BS 641 по уровню принимаемого сигнала [3];

параметры, передаваемые/принимаемые по стандарту RDS (*Radio Data System*) – многоцелевой стандарт, предназначенный для передачи информационных сообщений по каналам ЧМ-радиовещания в диапазоне УКВ. Нашёл наиболее широкое применение в автомобильных магнитолах/радиоприёмниках, для отображения на их дисплеях сопутствующей радиопередачам информации, передаваемой радиостанциями, такой как: название станции, название передачи, время, погода, состояние трафика на дороге, значение поправки для глобальной спутниковой навигационной системы и т. д. Стандарт RDS является одним из самых недооценённых стандартов, используемых в радиовещании.

Данные параметры будут отображаться на лицевой панели html-страницы в качестве графиков и цифробуквенных значений (мощность, RDS) и помимо доступа к ним в режиме «live», будет доступна возможность записи, хранения и последующего воспроизведения данных в зависимости от временного промежутка, необходимого для последующего анализа в случае появления каких-либо технических проблем с передачей/приёмом. В качестве программы, на которой будет реализована программная часть будет выступать MATLAB/SIMULINK, далее с помощью блока “tcp_out” через разработанный шлюз данные будут передаваться на html-страницу имеющую «внешний» IP адрес для свободного доступа, согласно упрощенной блок-схеме (рис. 3).

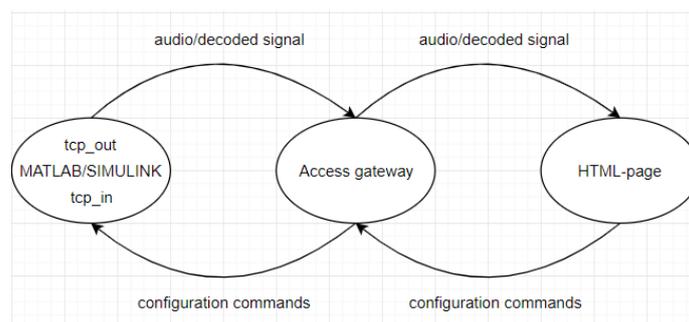


Рис. 3. Упрощенная блок-схема работы сервера

Программно-конфигурируемое радио и технология WebSDR в тандеме имеют в будущем отличную перспективу перерасти из радиолобительского развлечения в большую платформу, позволяющую удалённо без установки какого-либо дополнительного оборудования, помимо приёмника, произво-

дить мониторинг различных радиотехнических параметров и характеристик. Использование основного преимущества платформы – её универсальности, предоставляет большой спектр реализации данной платформы также и в образовательной сфере для изучения технологий беспроводной связи. Главной проблемой реализации платформы является грамотное построение шлюза, через который с одной стороны будут передаваться команды-запросы на сервер, а с другой выдаваться данные от сервера на html-страницу.

Список используемых источников

1. Arslan, H., & Mitola III, J. (2007). Cognitive radio, software-defined radio, and adaptive wireless systems. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 7(9), 1033–1035.
2. GitHub (2019). Available at: <https://github.com/SUWS/websdr-config> (accessed 28 November 2019).
3. ITU-R BS.641: Determination of Radio-Frequency Protection Ratios for Frequency-Modulated Sound Broadcasting.

Статья представлена заведующим кафедрой PCuB СПбГУТ, кандидатом технических наук, профессором О. В. Воробьевым.

УДК 378.162.33
ГРНТИ 49.34.06

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕФАРМИНГУ В ИНТЕРЕСАХ 4–5 ПОКОЛЕНИЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В. Е. Коротин, Т. А. Павлов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье затронуты правовые аспекты процедур рефарминга, однако большая ее часть уделена технической составляющей. Опираясь на уже существующий опыт рефарминга в РФ и за рубежом, можно составить примерную картину происходящего и вектор движения технических решений в данной области. В качестве основы были взяты исследования зарубежных коллег касательно различных форм рефарминга частот, использующихся технологиями GSM и CDMA для нужд 4 поколения мобильной связи. В частности, касательно динамического разделения спектра (Dynamic Spectrum Sharing), а также системы подложки OFDMA и CDMA, для возможности работы OFDMA сетей в спектре, предназначенном для CDMA сетей.

рефарминг, GSM, LTE, OFDMA, CDMA, M2M.

Частотный спектр – это конечный ресурс, у которого есть строго определенные границы, выйти за которые физически невозможно. В связи с этим, вместе с развитием технологий мобильной связи, все крупнее назревал вопрос и об использовании частотного спектра. Ведь технологий и стандартов становится все больше, а частотный ресурс не увеличивается. К тому же, помимо конкуренции между новыми и старыми технологиями мобильной связи, в спектре также присутствовали или присутствуют и другие технологии – например, аналоговое телевидение, спутниковая связь и т. д.

Обсуждение процедур рефарминга началось еще во времена роста технологий третьего поколения мобильной связи [1], но весомость и сложность этих решений с каждым поколением только усиливается. При разработке первого стандарта LTE рефарминг частот стал еще более актуален. Это было связано с тем, что стандарт предполагал использование совершенно разных полос частот, исходя из того, какие из этих полос свободны в каждой конкретной стране, а также частотно-территориального плана каждого конкретного оператора сотовой связи. Необходимо было разработать механизмы и процедуры передачи частот, закрепленных за одной технологией, к другой, более новой. Это касалось и касается как юридических, так и технических аспектов вопроса.

Для начала, необходимо определиться, что следует считать рефармингом. Ни процедура, ни понятийный аппарат, касающийся рефарминга в настоящее время в РФ законодательно не определен. Также, в настоящий момент отсутствует законодательное регулирование возможности принудительного досрочного высвобождения частот, используемых устаревшими технологиями, в пользу технологий четвертого и пятого поколений мобильной связи [2].

Поэтому необходимо обозначить определение объекта исследования. Итак, рефарминг – это перераспределение частот для более эффективного их использования. Государственный регулирующий орган (в РФ это ГКРЧ) высвобождает какую-либо полосу от занятия устаревшей технологией, и вместе с тем разрешает операторам сотовой связи использовать данный диапазон для более новых и перспективных технологий. Наиболее яркий пример – в России стандарт GSM занимает две частотных полосы: 900 и 1800 МГц. На данный момент от его использования не могут отказаться окончательно, однако значительную часть частот из этих диапазонов передали под более новые стандарты: 900 МГц для UMTS и 1800 МГц для LTE [3].

Наиболее близким термином, установленным нормативными актами, является технологическая нейтральность. У термина «технологическая нейтральность использования радиочастот» нет строгого определения на международном уровне. Согласно [4]: «Под технологической нейтральностью использования радиочастот понимается возможность оператора

применять в конкретной полосе радиочастот, выделенной какому-либо оператору, ту или иную радио технологию без получения дополнительных специальных разрешений со стороны регулятора на отдельную технологию.»

В реализации процесса регулирования использования спектра выделяют две условных составляющих: юридическая и технологическая. Юридическая составляющая заключается в свободе выбора оператором мобильной связи радиотехнологии для использования на выделенном ему участке спектра. Это необходимо для гибкости и динамичности таких процессов, ведь на согласование смены радиотехнологии может уйти значительное время, хотя изменения в электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (РЭС) при смене технологии будут несущественны [4]. Для реализации юридической составляющей необходимо внесение изменений в законодательную базу, обеспечивающую выдачу соответствующих лицензий.

Теперь, когда был разобран понятийный аппарат и юридическая составляющая вопроса, необходимо перейти к техническому аспекту.

Суть технологической составляющей состоит в строгом установлении условий использования полос частот для обеспечения допустимого уровня взаимного помехового влияния между сетями различных операторов в одной полосе частот и между технологиями в соседних полосах частот.

Технологическая составляющая может быть реализована различными методами, что обусловлено многообразием физических эффектов при возникновении помехового влияния между РЭС, а также сложностью законов распространения радиоволн и алгоритмов работы радиооборудования. Именно технологическая составляющая требует отдельного рассмотрения и согласования в рамках регулирования радиочастотного спектра при реализации технологической нейтральности.

Традиционно совместное использование спектра осуществляется двумя способами: совместное использование наложением спектра, которое позволяет вторичным пользователям по возможности получать доступ к неиспользуемому спектру унаследованных (первичных) пользователей, и совместное использование спектра на основе подложки, которое позволяет вторичным и основным пользователям осуществлять совместную передачу в той же группе. Соответственно, существует два типа моделей рефарминга спектра: модель наложения и модель подложки [5].

Поскольку в вопросе классификации типов рефарминга никакой стандартизации также не проводилось, единой утвержденной терминологии не существует, поэтому одни и те же методы могут называться по-разному. В частности, описанные выше методы во многих публикациях [6, 7] зовутся «динамическим» и «статическим» методами рефарминга спектра. Это гово-

рит о том, что многие исследователи сходятся в своих рассуждениях относительно того, с помощью каких методик стоит производить рефарминг спектра; однако, единая концепция еще не утверждена.

Система рефарминга спектра, рассматриваемая в [5], подразумевает совместную работу OFDMA и CDMA технологий в одном и том же спектре, и что самое важное, на одной и той же антенне базовой станции. По сути, главный аспект предлагаемого решения заключается в корректном различении базовой станцией OFDMA и CDMA сигналов от UE одновременно в одном спектре. Для такой реализации предполагается разделение полосы частот CDMA на некоторое число ортогональных поднесущих. Таким образом, речь идет о модели подложки или же «статической» модели.

Система рефарминга спектра LTE/GSM, рассматриваемая в [6], которая работает в диапазоне GSM, относится к моделям наложения или «динамическим» моделям.

M2M-сегмент (*Machine-To-Machine*) мобильной сети обычно использует GSM ввиду его простоты, энергоэффективности и, что самое главное, малой конечной стоимости одного устройства (например, датчика). Также, M2M-устройства, оснащенные модулем GSM, проще продавать по всему миру, поскольку этот стандарт сотовой связи развернут практически в каждой стране и еще долго будет иметь самое обширное покрытие площади в мире среди всех стандартов сотовой связи. Производители конечных устройств не будут спешить оснащать свой продукт поддержкой более новых поколений сотовой связи, ибо это поднимет цену одного устройства минимум в 3 раза. [6] Операторам же, в свою очередь, с каждым днем все менее выгодно выделять под стандарт GSM весь спектр, который был за ним закреплен изначально.

Приведенные выше обсуждения подразумевают, что операторам мобильной сети, возможно, придется продолжать предоставлять услугу GSM для устаревших устройств, особенно M2M, хотя они хотели бы перевооружить свой спектр GSM для LTE. В [6] авторы статьи предлагают новый подход к рефармингу: динамический рефарминг спектра (DSR) для сосуществования GSM и LTE. DSR позволяет провести полный рефарминг спектра GSM для LTE. Некоторые физические ресурсные блоки (РБ) LTE будут зарезервированы для передачи GSM, то есть eNodeB не будет распределять эти зарезервированные РБ для какого-либо пользовательского оборудования (UE) и, соответственно, подавлять опорные сигналы. При таком подходе операторы могут перевести свой спектр GSM в LTE, в то же время предоставляя возможность подключения GSM своим клиентам с низкой скоростью передачи данных M2M. Более важно, что спектр может динамически распределяться между LTE и GSM просто путем регулировки количества зарезервированных РБ. Этот подход выгоден по сравнению со статическим разделением унаследованного спектра на часть для GSM и часть

для LTE из-за более эффективного использования спектра. Кроме того, основная идея резервирования РБ LTE может быть применена и к другим сценариям; например, аналогичная идея используется для развертывания небольших сот LTE, совместно использующих тот же спектр, что и существующие сети GSM. [6]

Список используемых источников

1. 900 MHz and 1800 MHz band refarming case study [Электронный ресурс] // NERA Economic Consulting. URL: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/04/refarmingcasestudyfrance20111130.pdf> (дата обращения 22.01.2020).
2. Гузанов К. А. Правовое регулирование деятельности по оказанию услуг связи в условиях их конвергенции. – М. : Юстицинформ, 2019. – 196 с.
3. Решение ГКРЧ от 11.12.2013 № 13-22-02 «Об использовании полос радиочастот 890-915 МГц и 935-960 МГц радиоэлектронными средствами стандарта UMTS и последующих его модификаций и полос радиочастот 1710–1785 МГц и 1805–1880 МГц для применения РЭС сетей связи стандарта LTE и последующих его модификаций».
4. Технологическая нейтральность использования радиочастот – международный опыт, положительные и отрицательные аспекты, возможности по внедрению в некоторых полосах частот [Электронный ресурс] // Научно-исследовательский институт радио. URL: <https://niir.ru/news/otkrytie-dannye/doklady-i-prezentacii-fgup-niir/tehnologicheskaya-nejtralnost-ispolzovaniya-radiochastot-mezhdunarodnyj-opyt-polozhitelnye-i-otricatelnye-aspekty-vozmozhnosti-po-vnedreniyu-v-nekotoryx-polosax-chastot/> (дата обращения 23.01.2020).
5. Han, Shiyong & Liang, Ying-Chang & Soong, Bh. (2014). Spectrum Refarming: A New Paradigm of Spectrum Sharing for Cellular Networks. Communications // IEEE Transactions on. 63. 10.1109/TCOMM.2015.2418196.
6. Lin, Xingqin & Viswanathan, Harish. (2013). Dynamic Spectrum Refarming with Overlay for Legacy Devices // IEEE Transactions on Wireless Communications. 12. 10.1109/TWC.2013.092313.130227.
7. Lin, Xingqin & Viswanathan, Harish. (2013). Dynamic Spectrum Refarming of GSM Spectrum for LTE Small Cells. 10.1109/GLOCOMW.2013.6825068.

УДК 621.389
ГРНТИ 59.14.29

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АКТИВНЫХ ФАР

С. В. Кузьмин, А. С. Шопша

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Важным аспектом поддержания рабочих параметров активной фазированной антенной решётки является обеспечения теплового режима как системы в целом, так и ее отдельных модулей. Особенности построения антенной решетки заключаются в низком КПД полевых транзисторов, входящих в основу приемопередающего модуля, и в необходимости расположения излучающих компонентов с шагом соизмеримым с половиной длины волны. Эти особенности приводят к большой рассеиваемой мощности при высокой плотности компоновки.

АФАР, ППМ, тепловой режим, система теплоотвода.

Важным этапом проектирования и конструирования антенных решёток является тепловой расчёт для нахождения точек с наибольшей температурой [1]. Развитие микроэлектроники привело к широкому применению активных фазированных антенных решёток (АФАР). В основе АФАР лежит приемо-передающий модуль (ППМ), представляющий собой корпусное малогабаритное устройство, в закрытом объеме которого размещены тепловыделяющие элементы. В связи с этим появляются задачи, связанные с обеспечением тепловых режимов, как отдельных ППМ, так и АФАР в целом.

Массогабаритные показатели системы охлаждения и её стоимость стремятся уменьшить, для этого применяются новые материалы и технологии. Для поиска новых конструкторских решений производят моделирование и оптимизацию систем в современных САПР.

Одна из особенностей построения антенной решетки заключается в необходимости расположения излучателей с шагом соизмеримым с половиной длины волны. Такая зависимость приводит к увеличению плотности компоновки устройств, расположенных за излучателями, в том числе, во избежание потерь в фидерных трактах.

Другая особенность – это низкий КПД (менее 40 %) полевых транзисторов, лежащих в основе усилителей мощности ППМ, что приводит к большой рассеиваемой мощности.

Работа активных СВЧ устройств в импульсном режиме сопряжена с дополнительными трудностями, связанными с необходимостью учёта поведения полупроводников при нестационарном воздействии во время переходного процесса [2].

Обеспечение тепловых режимов АФАР важно для стабилизации функциональных характеристик и повышения надежности антенных элементов. Здесь ключевую роль играет система терморегулирования, которая поддерживает рабочую температуру на корпусах ППМ не выше заданной. Необходимо помнить, что ППМ содержит в своём составе и другие функциональные узлы, чувствительные к изменению температуры – МШУ, ферритовые изделия, фазовращатели, аттенюаторы и др. В ряде случаев требуется и их термостабилизация.

При увеличении рабочей частоты габариты ППМ уменьшаются, а тепловыделения практически не меняются. Поэтому плотности теплового потока возрастают, а места для размещения системы охлаждения становятся значительно меньше. Таким образом приходим к тому, что необходимо из относительно небольшого пространства отвести тепло в окружающую среду, учитывая малую поверхность теплового контакта.

Зная особенности построения АФАР, рассмотрим применение следующих систем охлаждения [3]: жидкостной, испарительной, на основе термоэлектрических модулей (ТЭМ), а также варианты их комбинирования.

В случае применения жидкостной системы охлаждения отвод тепла осуществляется с помощью охлаждающей жидкости, принудительно циркулирующей между теплонагруженной зоной и холодильником. Теплоноситель охлаждается в радиаторе за счет принудительного обдува воздухом вентилятором, а расширительный бак служит компенсацией теплового расширения теплоносителя.

Основное преимущество жидкостной системы охлаждения – уменьшение массы элементов системы охлаждения в ППМ (за счет выноса радиатора и вентилятора из модуля) и возможность с минимальными снижениями энергетической эффективности работать при больших колебаниях тепловыделений модулей.

Однако при конструировании жидкостной системы можно столкнуться с недостаточной интенсивностью теплообмена в связи с ламинарным движением хладагента в каналах охлаждения. В таком случае проблема может решаться подбором жидкости, обладающей высокой теплопроводностью, а также изменением геометрии каналов для обеспечения перемешивания жидкости.

Испарительное охлаждение является разновидностью жидкостного охлаждения [4]. Особым типом испарительного охлаждения являются тепловые трубки (ТТ). Испарительные трубки представляют собой полый тонкостенный металлический стержень, внутренние стенки которого покрыты

пористым фитилём, способным насыщаться рабочей жидкостью и обладающим капиллярным эффектом. Таким образом, ТТ состоит всего из трех элементов: корпус, рабочая жидкость, КПМ (капиллярно-пористый материал).

Эффективность ТТ зависит от выбора теплоносителя, материала и конструкции фитиля, а также давления в полости трубки. Стоит отметить, что испарительные системы отличаются меньшим количеством циркулирующего теплоносителя, по сравнению с жидкостной системой. Однако необходимо помнить про ограниченную длину тепловых трубок.

Действие элементов Пельтье основано на получении разности температур при прохождении постоянного тока в цепи, состоящей из двух разнородных проводников. Количество тепла, отводимое ТЭМ, зависит от свойств материалов и величины прикладываемого тока. Такой вариант системы охлаждения имеет малые габаритные характеристики и высокий КПД, что вполне подходит для охлаждения АФАР. Также, иногда, для большей эффективности, применяют многокаскадные ТЭМ, которые могут обеспечить разницу температур горячей и холодной стороны в 70–75 °С ($T_{\text{окр}} = 25 \text{ °С}$).

Стоит отметить, что из перечисленных выше систем автономностью обладает только жидкостная система. Применение испарительной системы ограничивается максимальной длиной тепловых трубок, а применение элементов Пельтье возможно лишь при не постоянном режиме работы или при дополнительном охлаждении горячей стороны ТЭМ.

Проведем моделирование тепловых процессов [5], происходящих в ППМ при отсутствии какого-либо охлаждения, кроме естественной конвекции. В качестве начальных данных имеем габаритные размеры модуля (75×55×8,2 мм), максимальную температуру окружающей среды (50 °С) и количество тепловой мощности, выделяемой транзистором (75 Вт). Теплопроводность материалов представлена в таблице (см. ниже).

Результаты моделирования представлены на рис. 1. Из результатов моделирования видим, что за временной промежуток в 60 секунд корпус ППМ имеет температуру в 150 °С, а сам транзистор нагрелся до 200 градусов, также нагрел печатную плату и часть корпуса под собой. Таким образом очевидно необходим теплоотвод от нижней поверхности корпуса.

ТАБЛИЦА. Теплопроводность материалов

Материал	Теплопроводность Вт/(м °С)
Медь	390
Стеклотекстолит FR-4	0,2
Термопаста Zalman ZM-STG2	4,1

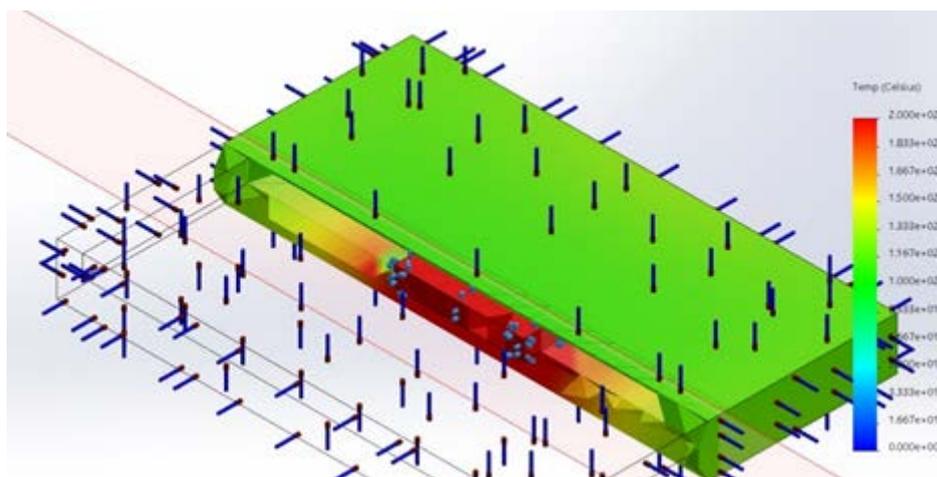


Рис. 1. Результат моделирования процессов тепловыделения в ППМ

Изменим временной интервал, чтобы пронаблюдать насколько быстро происходит нагрев транзистора. Зададим временной интервал равный 10 секундам при тех же граничных значениях. Полученный результат отображен на рис. 2. Видим, что, нагрев происходит стремительно, т. е. уже в первые 10 секунд работы при отсутствии должного охлаждения транзистор нагревается до недопустимо высоких температур.

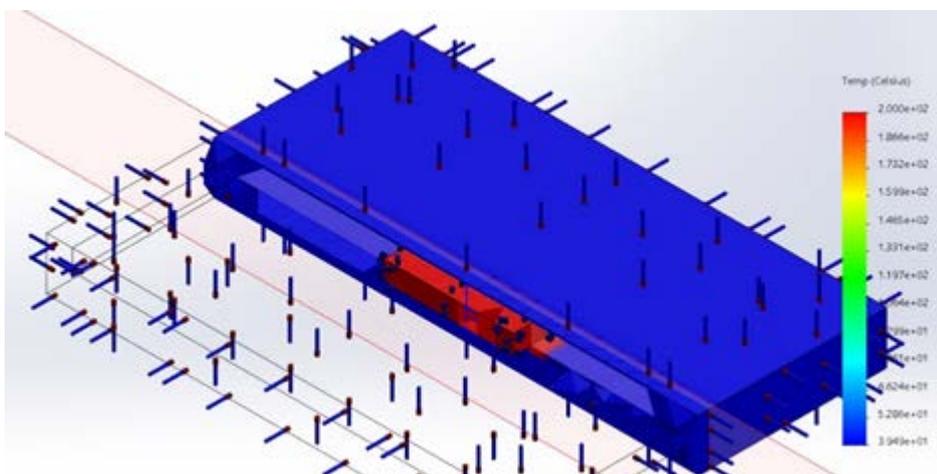


Рис. 2. Результат моделирования процессов тепловыделения ППМ

Далее приложим к нижней поверхности корпуса температуру в -10°C , имитируя действие системы охлаждения (рис. 3). При подобном упрощении можем наблюдать, что в течении часа температура корпуса остается ниже 70°C , однако температура транзистора по-прежнему остается недопустимо высокой.

Таким образом можно сделать вывод о необходимости создания местного теплоотвода непосредственно под тепловыделяющим элементом

(например, использование ТЭМ), а также стоит увеличить теплопроводность печатной платы за счет увеличения количества металлизированных отверстий.

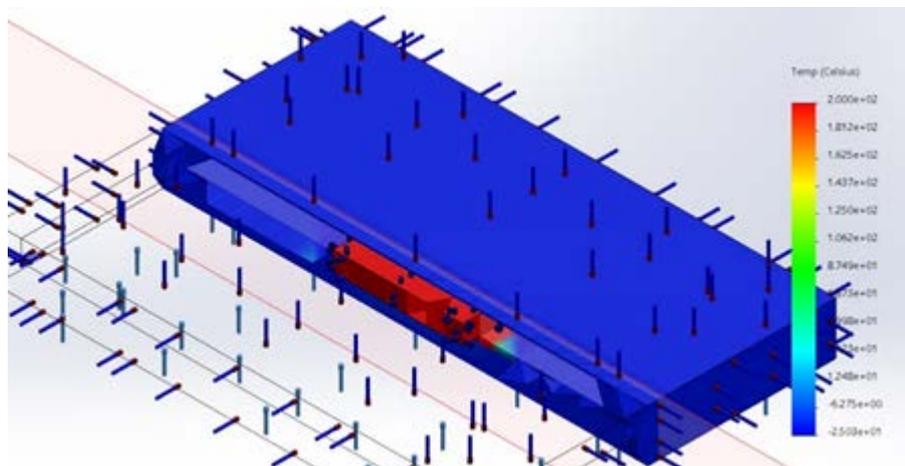


Рис. 3. Результат моделирования процессов тепловыделения ППМ

Современные САПР позволяют решать достаточно большой круг задач, но все аспекты учесть в модели не удаётся и требуется экспериментальная проверка результатов, подобная той, которая описана в [6]. Поэтому, в дальнейшем планируется создание специализированных стендов для подтверждения эффективности решений, полученных с применением численных методов.

Для обеспечения наиболее эффективного теплоотвода, по характеристикам и стоимости, система обеспечения тепловых режимов должна быть уникальной для каждой АФАР. Но подходы к решению задачи синтеза систем охлаждения могут быть выявлены и обобщены, что позволит ускорить разработку новых изделий. Этому будут посвящены дальнейшие исследования.

Список используемых источников

1. Вендик О. Г., Парнес М. Д. Антенны с электрическим сканированием (введение в теорию) / Под ред. Бахраха. М. : Сайнс-Пресс, 2001. 232 с.
2. Парнес М. Д. Тепловой расчет полупроводниковых устройств СВЧ в импульсном режиме // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2016. Т. 1. С. 19–22.
3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. JL : Энергия, 1971. 116–118 с.
4. Волохов В.А. и др. Системы охлаждения теплонагруженных радиоэлектронных приборов. М. : Сов. радио, 1975. 59–60 с.
5. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. М. : ДМК Пресс, 2010. 449–458 с.
6. Драк О. Т., Жигалов В. Г., Задорожный А. И., Парнес М. Д. Опыт решения задачи теплоотвода от передающего модуля АФАР // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2015. Т. 1. С. 292–295.

УДК 331.4
ГРНТИ 87.33.33

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ХИМИЧЕСКОЙ АВАРИИ

А. В. Куликович, И. Н. Мещерякова, Н. В. Сакова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Наличие на городских территориях большого количества опасных производственных объектов требует проведения предварительных оценок возможных аварийных ситуаций и разработки предупредительных мер. Техногенные аварии наносят большой материальный ущерб техническим средствам, населению и окружающей природной среде. В работе рассматривается авария на химически опасном объекте города Рыбинска Ярославской области. Проведен расчет зоны химического заражения и величины экологического ущерба.

химическая авария, зона химического заражения, экологический ущерб.

Современное развитие городских территорий, связанных со строительством и вводом в эксплуатацию объектов хозяйственного, жилого и социального назначения, требует создания качественной городской среды. Одним из условий, определяющих качество городской среды, является безопасность и защищенность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях (далее ЧС). Под чрезвычайной ситуацией понимают «обстановку на определенной территории, сложившуюся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей» [1].

Существует большое количество химически опасных объектов, что приводит к высокой вероятности возникновения тяжелых чрезвычайных ситуаций. Химические аварии связаны с выбросом в окружающую среду аварийно химически опасных веществ, которые способны в опасных концентрациях приводить к тяжелым поражениям людей, животных и растений. На предприятиях, находящихся в городах, одновременно хранятся очень большие количества аварийно химически опасных веществ, доходящих до сотен и тысяч тонн, следовательно, масштабы аварий на таких объектах бывают значительными. Кроме того, химические аварии характеризуются очень быстрым развитием, что исключает возможность предотвращения негативного влияния на окружающую среду ядовитых веществ. Поэтому при проектировании таких объектов, выдаче лицензий и разрешений

и в процессе их функционирования встает задача оценки последствий таких чрезвычайных ситуаций, в том числе последствий для окружающей природной среды. Предприятия, эксплуатирующие опасные производственные объекты, обязаны иметь Паспорт безопасности, в котором приводится информация о возможных авариях, защитных мероприятиях и величине возможного материального ущерба [2]. Однако, как показывает практика, не все составляющие ущерба рассчитываются при подготовке Паспорта безопасности. В частности, величина экологического ущерба обычно не определяется.

В данной работе проведена оценка экологических последствий химической аварии на предприятии МУП Водоканал г. Рыбинска Ярославской области.

Город Рыбинск является крупным промышленным центром, а также крупным транспортным узлом с численностью населения на 198,1 человек. В городе имеется 53 крупных и средних предприятий. Ведущими отраслями промышленности являются: машиностроительная, электротехническая, судостроительная, деревообрабатывающая и легкая. В городе производятся авиационные двигатели, дорожные машины, газовые турбины, суда класса «река-море», электротехническая и кабельная продукция, мебель, хлебобулочные изделия, продукция мясной переработки. Город расположен на берегах крупнейшей русской реки – Волги и берегах Рыбинского водохранилища. На территории города располагается несколько особо охраняемых природных территорий. На берегах Рыбинского водохранилища севернее города располагается Дарвинский заповедник.

На территории города находятся 12 химически опасных объектов с запасами хлора и аммиака. Объекты располагаются в непосредственной близости от жилых домов и реки Волги, причем один из объектов находится на самом берегу Волги.

На предприятии МУП Водоканал хранится 12 и 42 т хлора. Хлор поступает в металлических сварных контейнерах. Выход параметров за критические значения, разрушение и повреждение аппаратуры, ошибки персонала и внешние воздействия могут привести к разрушению контейнера с хлором и выбросу хлора в окружающую среду.

Для расчета аварии воспользуемся методикой прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте РД 52.04.253 – 90 [3]. Методика предусматривает определение глубины и площади зоны заражения, времени подхода ядовитого облака к различным объектам, числа пораженных людей.

Эквивалентное количество $Q_{Э2}$ (т) вещества во вторичном облаке составит:

- Для хранилища с 12т спустя 8ч поле аварии – 3,041 т.

– Для хранилища с 42т спустя 8 ч после аварии – 5,905 т.

Расчет глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ при авариях на технологических емкостях, хранилищах и транспорте ведется с использованием приложений 2 и 5 РД 52.04.253-90.

Глубина зоны заражения составит:

– Для хранилища с 12т спустя 8ч после аварии – 4,91 км².

– Для хранилища с 42т спустя 8ч после аварии – 16,62 км².

На рис. 1–2 представлены графики зон химического заражения при авариях на объекте МУП «Водоканал» Очистные сооружения водопровода № 1, и МУП «Водоканал» Очистные сооружения канализации, расположенных на городской территории.

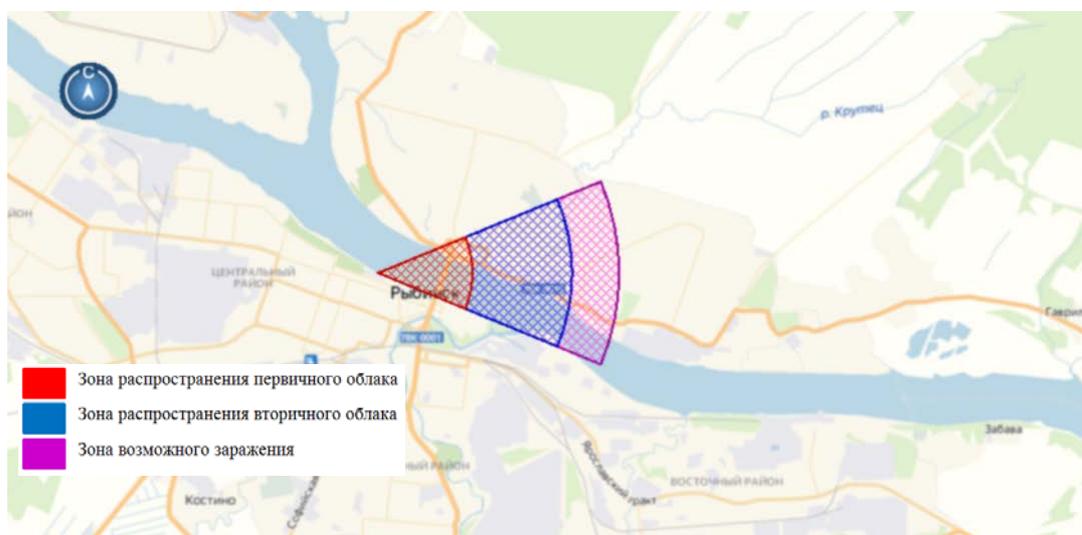


Рис. 1. Зона заражения в результате аварии на объекте МУП «Водоканал» Очистные сооружения водопровода № 1, при западном ветре, 8 ч. после аварии

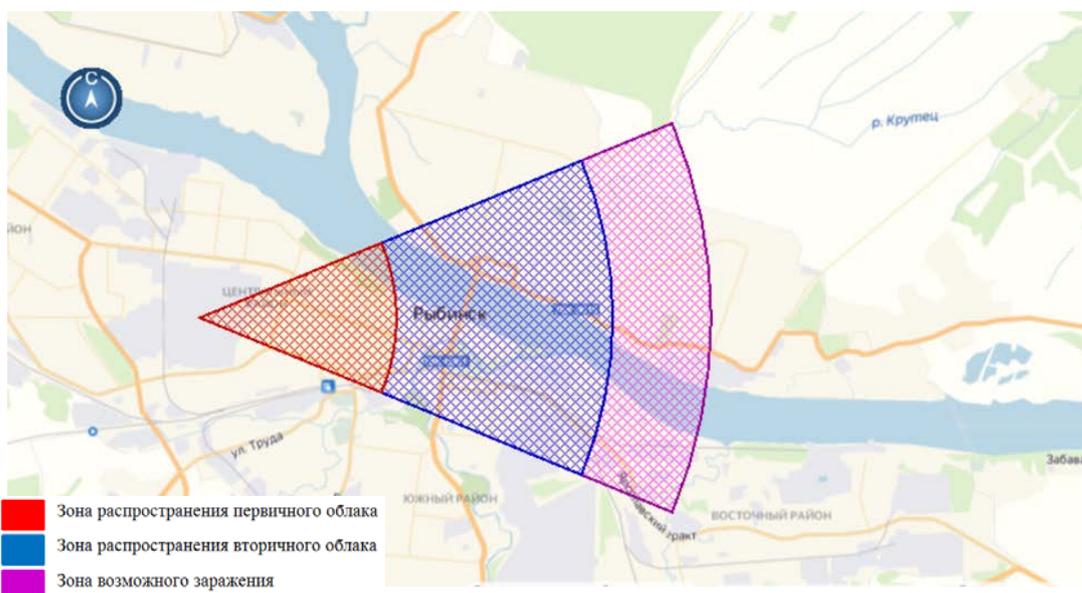


Рис. 2. Зона заражения в результате аварии на объекте МУП «Водоканал» Очистные сооружения канализации, при западном ветре, 8 ч. после аварии

Моделирование аварий на химических объектах города позволяет сделать вывод, что практически все жилые районы города в зависимости от направления ветра попадают в зону химического заражения [4].

При данном развитии химической аварии облако распространяется в сторону жилой застройки, исторических парков и садоводств, что приведет к отравлению и потерям среди населения, а также отравление ядовитыми парами животных и растений. При такой достаточно крупной аварии, и близкой расположенности предприятия к р. Волге, примерно 50 % жидкого хлора попадут в реку, что нарушит в ней естественные экосистемы и приведет к гибели водных растений, рыб, и планктона. При изменении направления ветра ядовитое облако накроет природные лесные территории и акваторию Рыбинского водохранилища.

Оценка величины экологического ущерба производилась в соответствии с Постановлением Госгортехнадзора РФ от 29.10.2002 № 63 «Об утверждении Методических рекомендаций по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [5]. Настоящим постановлением устанавливается порядок определения ущерба, структура которого включает:

- полные финансовые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария;
- расходы на ликвидацию аварии; социально-экономические потери, связанные с травмированием и гибелью людей (как персонала организации, так и третьих лиц);
- вред, нанесенный окружающей природной среде; косвенный ущерб и потери государства от выбытия трудовых ресурсов [5].

Экологический ущерб (Пэкол) рассчитывается как сумма ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды:

$$П = Эа + Эв + Эп + Эб + Эр,$$

где: Эа – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.; Эв – ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб.; Эп – ущерб от загрязнения почвы, руб.; Эб – ущерб, связанный с уничтожением биологических (в т. ч. лесных массивов) ресурсов, руб.

Указанный нормативный документ дает только структуру величины экологического ущерба и предлагает производить расчеты на основе других нормативных методик.

Анализ нормативной документации позволил сделать вывод что при использовании современных методик можно рассчитать лишь ущерб от загрязнения атмосферы и водных ресурсов. Ущерб от загрязнения почвы, а также связанный с уничтожением биологических ресурсов невозможно рассчитать при прогнозировании химической аварии. По существующим

нормативным методикам данный вид ущерба оценивается только после произошедшей аварии.

Экологический ущерб от аварии на МУП «Водоканал» Очистные сооружения водопровода № 1:

- плата за выброс в атмосферу – 113 318 руб.;
- плата за сброс в воду – 11 474 330 868 руб.;
- общий экологический – 11 474 444 186 руб.

Экологический ущерб от аварии на МУП «Водоканал» Очистные сооружения канализации:

- плата за выброс в атмосферу – 396 615 руб.

Полный экологический ущерб атмосферному воздуху и водным объектам в результате аварии на двух предприятиях составит 11 474 840 800 руб.

Анализ величины ущерба показывает, что в настоящее время плата за загрязнение атмосферы в нашем государстве очень мала. При расчете платы в условиях аварии, связанной с выбросом ядовитых веществ, используется повышающий коэффициент. Однако даже при этом сумма, которую платит предприятие за выброс, является несоизмеримой с величиной вреда, наносимого всем живым организмам и человеку.

Таким образом, в работе сделана попытка оценки величины экологического ущерба ЧС, однако в настоящее время мы не можем рассчитать значение экологического ущерба при повреждении отдельных компонентов окружающей среды, в связи с этим окончательная оценка является недостаточно точной и требует более детальной проработки. Для получения более точных оценок необходимо совершенствовать нормативную базу как в области охраны труда, так и в области безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Список используемых источников

1. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ.
2. Котенко П. К., Шевцов В. И. Основы безопасности в чрезвычайных ситуациях : учебно-методическое пособие. СПб. : Научное издание, 2018. 136 с.
3. Методики прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте РД 52.04.253-90. Санкт-Петербург, 2000
4. Сакова Н. В., Панихидников С. А Анализ опасности воздействия поражающих факторов техногенных чрезвычайных ситуаций на городской территории // Качество и жизнь. 2018. № 1 (17). С. 30–35.
5. Постановление Госгортехнадзора РФ от 29.10.2002 № 63 «Об утверждении Методических рекомендаций по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (вместе с «Методическими рекомендациями...РД 03-496-02»).

УДК 627.8.03
ГРНТИ 87.33.31

АНАЛИЗ ГИДРОУЗЛА КАК ОБЪЕКТА-ИСТОЧНИКА ПОВЫШЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

А. В. Куликович, С. А. Панихидников

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается гидроузел с позиций потенциально-возникающих опасностей для населения и окружающей природной среды в случае их разрушения. Приводится анализ причин разрушения, подробно описываются последствия при разрушении различного типа плотин. Приводятся примеры чрезвычайных ситуаций, связанных с частичным или полным разрушением плотин. Делается вывод о необходимости увеличения финансирования в области обеспечения гидротехнических сооружений.

гидротехнические сооружения, разрушения плотин, чрезвычайные ситуации техногенного характера, система обеспечения безопасности гидроузлов.

Как известно, гидроузел – это сложное инженерное сооружение, наиболее ответственным элементом которого является плотина, сдерживающая напор воды водохранилища. В нашей стране насчитывается свыше 1100 водохранилищ объемом более 10^6 м³ каждое. Объем некоторых водохранилищ превышает 10^9 м³. Плотины могут быть из местных материалов (земляные, каменно-набросные, из суглинка), бетонные, арочные, смешанного типа, в состав которого входят: плотина из местных материалов и бетонная. Большинство (~ 75 %) крупнейших отечественных плотин составляют плотины из местных материалов и смешанного типа, причем большую часть напорного фронта последних также составляют плотины из местных материалов [1].

При разрушении гидроузла ущерб будет обуславливаться прекращением или снижением выпуска продукции вследствие нарушения энерго- и водоснабжения народного хозяйства, а также нарушением ирригации, судоходства и т. д. Однако особенно значительный ущерб стране может быть причинен вследствие того, что при разрушении плотины потенциальная энергия воды в водохранилище высвобождается в виде волны прорыва, затапливающей густонаселенные речные долины. Особенностью современного гидротехнического строительства является каскадное расположение гидроузлов. Так, в нашей стране более 200 крупнейших гидроузлов составляют немногим более 30 важнейших каскадов. В случае каскадного расположения гидроузлов под действием волны прорыва может происходить разрушение плотин нижележащих гидроузлов со значительным увеличением

зоны затопления. Обширные участки речных долин, а также важные объекты защищены от наводнений дамбами, протяженность которых для крупной реки может составить сотни километров. Волна прорыва, размывая не рассчитанные на ее воздействие дамбы, будет затоплять территории и объекты, считавшиеся защищенными [2].

Размывая долину реки, волна прорыва спрямляет русло, изменяя границы предварительно рассчитанных зон затопления и, соединяясь с грунтовыми водами, поднимает их уровни, что способствует гидравлическому перенасыщению грунта и заболачиванию местности. Болота превращаются в непреодолимые озера, озера выходят из берегов, а ручьи и реки, впадающие в долину, вследствие того, что сток из них подпирается волной прорыва, текут вспять, подтапливая окружающую их местность, подъездные пути, мостовые переходы и мосты. В мирное время экономические районы и административные области, по территории которых распространялась волна прорыва, объявляются Правительством «районами национального бедствия». В эти районы направляются войска для оказания помощи пострадавшему населению [2, 3].

В зоне затопления происходит разрушение объектов народного хозяйства, транспортных коммуникаций и линий связи и т. д. Кроме того, необходимо учитывать динамический характер воздействия волны прорыва на окружающую гидрологическую сеть, экологическую среду.

Самое раннее разрушение плотины (по известным данным) произошло в 2850 г. до н. э. в Египте в 18 милях к югу от современного Каира – размыв плотины Саад Эль-Кафара. Одна из первых зарегистрированных аварий плотин, сопровождавшихся человеческими жертвами, произошла в результате размыва плотины Пуэнтес в 1802 г. в Испании. За последнее столетие полному или частичному разрушению подверглись 166 плотин из местных материалов, 73 плотины смешанного типа, 70 бетонных, 2 арочных плотины [3, 4].

Следующие примеры показывают масштабы катастроф, вызываемых разрушением плотин [2, 5]:

крупнейшая катастрофа произошла на китайской реке Хуанхэ в 1933 году, когда из-за прорыва дамбы утонули 18 тысяч человек;

гигантский оползень, сошедший у пл.эЖотины Вайонт на севере Италии в 1963 году, унес жизни более 2,5 тысяч человек: вода и куски земной коры переваляли через плотину и смыли с лица земли целый небольшой город;

в 1972 году паводок разрушил в Индии земляную дамбу – погибли 2 тысячи человек;

в 2001 году в Польше Висла прорвала дамба в пяти местах, эвакуированы 12 тысяч человек.

Как правило, в теле плотины образуется первоначальный проран относительно небольших размеров, который в дальнейшем увеличивается во времени при изливе воды из водохранилища через проран.

В результате разрушения сооружения напорного фронта и последующего излива воды из водохранилища образуется волна прорыва, способная вызывать катастрофические разрушения в нижнем бьефе. Размеры зоны затопления и поражающее действие волны прорыва определяются параметрами волны прорыва (высота, скорость течения, время прихода в рассматриваемый створ фронта, гребня и хвоста волны, продолжительность затопления). В свою очередь параметры волны прорыва зависят (при заданных геометрических размерах водохранилища и плотины) от процесса разрушения плотины (время разрушения, размеры конечного прорана), а также характерных особенностей речной долины. Разрушение волной прорыва плотин и дамб во многом зависит от характера воздействия потока (боковое обтекание или перелив через гребень сооружения) и от наличия защитного крепления сооружения. В свою очередь разрушение волной прорыва плотин и дамб может существенно повлиять на параметры волны прорыва и характер ее дальнейшего распространения. Так, прорыв волной прорыва дамбы приводят к разделению потока: часть потока продолжает течение по старому руслу, а часть – расширяя границы прорана в дамбе, – устремляется на защищаемую территорию.

Система обеспечения безопасности гидротехнических сооружений введена в Российской Федерации Законом «О безопасности гидротехнических сооружений» в 1997 году. Однако, как справедливо отмечается в средствах массовой информации, в настоящее время на ликвидацию последствий наводнений и паводков государство тратит в 15 раз больше, чем на обеспечение безопасности гидротехнических сооружений: наводнение в Ленске стоило бюджету около 10 млрд руб., бедствия на Северном Кавказе – еще 15 млрд руб., а на поддержание в исправном состоянии дамб и плотин выделяется обычно около 1,5 млрд руб. по двум федеральным программам и 2,0–2,5 млрд из бюджетов регионов [1, 3].

Из множества особенностей отечественных гидротехнических сооружений в контексте проблемы управления риском аварий гидротехнических сооружений (ГТС) следует выделить [2, 3, 4]:

– разнообразие гидросооружений, представленных такими уникальными комплексами, как дворцово-парковый ансамбль «Константиновский» в Стрельне, комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, гидросооружения первых Петровских заводов в Санкт-Петербурге и на Урале, плотины Братской, Иркутской ГЭС, каскад ГЭС на Волге, Центральная станция аэрации на острове Белом в Санкт-Петербурге и т. д.;

- значительное число и сложный, недостаточно изученный характер как природных, так и техногенных нагрузок, и воздействий на гидротехнические сооружения;
- старение и изменение назначения гидротехнических сооружений, исторических памятников в процессе длительной эксплуатации;
- недостаток и даже отсутствие проектной и исполнительной документации по значительной части эксплуатируемых гидротехнических сооружений;
- эксплуатирующие ГТС службы, как правило, скрываются от надзорных и контролирующих органов, а послеаварийные ремонты зачастую выполняются собственными силами без соответствующих обоснований.

Таким образом, учитывая значительное разнообразие типов и назначения отечественных гидросооружений, сложный и переменный характер природных и техногенных нагрузок и воздействий на них, а также огромный ущерб от гидродинамических аварий, имевших место в России и за рубежом, обеспечению безопасности гидротехнических сооружений уделяется до сих пор мало внимания, сил и средств.

Список используемых источников

1. Марчук А. К., Марчук Н. А. Плотины и геодинамика. Опыт натурных наблюдений. М. : МИФЗ РАН, 2006. 156 с.
2. Гришин М. М. Гидротехнические сооружения. М., 1968. 464 с.
3. Моисеев С. Н. Каменно-земляные и каменно-набросные плотины. М., 1970. 224 с.
4. Гришин М. М., Розанов Н. П. Бетонные плотины. М., 1975. 352 с.
5. Дерюгин Г. К., Наумов О. С. Разрушение плотин в связи с пропуском сбросных расходов // Гидротехническое строительство. 1995. № 7. С. 30–33.

УДК 621.039.58.65:621.039.75.16
ГРНТИ 87.23.33

ПРОБЛЕМЫ ЗАХОРОНЕНИЯ НИЗКОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. В. Куликович, С. А. Панихидников, Н. В. Сакова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Во многих отраслях народного хозяйства используются источники ионизирующих излучений. Образующиеся радиоактивные отходы подлежат захоронению, которое осуществляется через систему спецкомбинатов «Радон». Радиационная обстановка

и состояние хранилищ на многих спецкомбинатах не соответствует требованиям современных норм безопасности. На пяти спецкомбинатах имеющиеся хранилища РАО близки к заполнению, большинство пунктов захоронения нуждаются в реконструкции и модернизации. Помимо этого, отсутствие надлежащего сквозного непрерывного контроля за находящейся в обращении изотопной продукцией является одной из причин ежегодно обнаруживаемых случаев локального радиоактивного загрязнения, потери источников ионизирующего излучения или наличия неучтенных радиоактивных источников.

источники ионизирующих излучений, радиоактивные отходы, спецкомбинаты «Радон», захоронение радиоактивных отходов.

В настоящее время во многих отраслях народного хозяйства, промышленности, медицине, широко используются различного типа источники ионизирующего излучения и радиоактивные изотопы. После завершения эксплуатации образующиеся радиоактивные отходы (РАО), получившие название муниципальные, необходимо захоранивать. Утилизация осуществляется через систему спецкомбинатов, включающие пункты захоронения радиоактивных отходов (ПХРО) «Радон». Указанные организации осуществляют вывоз радиоактивных материалов с помощью спецтранспорта, приемку, переработку с использованием особых технологий и захоронение отработавших свой срок источники радиоактивных излучений, загрязненные радионуклидами различные предметы, грунт и т. п. К потенциальным источникам радиоактивных отходов, которые могут подлежать захоронению, относятся территории, оказавшиеся загрязненными радиоактивными веществами вследствие осуществлявшихся ранее захоронением радиоактивных отходов, а также в результате чернобыльской и других катастроф. К настоящему времени в состав спецкомбинатов «Радон» входят пункты (места) приема отходов, цеха по сортировке, переработке и подготовке к захоронению отходов, хранилища низкоактивных РАО, подразделения, осуществляющие радиометрический и радиологический контроль, а также санитарно-защитные зоны [1, 2].

Первоначально централизованный сбор, сортировку, переработку и промышленную локализацию муниципальных РАО начали осуществлять в СССР в начале 1961 г. на полигоне захоронения в 20 км от города Сергиев Посад (Московская область). В последние годы в этом месте располагается Московское научно-производственное объединение «Радон», являющееся самым крупным из всех организаций указанного профиля, который структурно состоит из нескольких научно-исследовательских подразделений. Указанное региональное объединение осуществляет утилизацию муниципальных низкоактивных РАО, которые поступают более чем от двух тысяч организаций и научно-производственных объединений Москвы из 9 областей Центральной части РФ, где проживает свыше 40 млн человек. Именно

на эти области приходится более 70 % всех образующихся в РФ РАО рассматриваемого вида [2, 3].

В Московском научно-производственном объединении «Радон» эксплуатируется около 20 хранилищ общей вместимостью более 100 тыс. м³ переработанных РАО. Суммарная активность захороненных отходов оценивается более чем 1 млн Ки. Ежегодно на НПО «Радон» города Москвы осуществляется переработка в среднем более 3,5 тыс. м³ твердых и 320 м³ жидких РАО, активность которых составляет 120–200 тыс. Ки. Другие спецкомбинаты «Радон» осуществляют свою деятельность по региональному принципу (табл.), при этом охватывается вся территория Российской Федерации [2, 4].

ТАБЛИЦА. Спецкомбинаты «Радон» и пункты захоронения радиоактивных отходов

Спецкомбинаты и ПЗРО	Объем хранилищ, м ³	Заполнение, %	Активность, Ки	Зона обслуживания
Башкирский спецкомбинат	400	95	2 500	Башкирия
Волгоградский спецкомбинат	1 200	34	10 800	Астраханская, Волгоградская обл., Калмыкия
Грозненский спецкомбинат	2 100	43	1 250	Дагестанская респ., Ингушетия, Кабардино-Балкария, Северо-Осетинская респ., Чечня
Екатеринбургский спецкомбинат	2 700	93	86 400	Свердловская, Пермская, Тюменская обл.
Иркутский спецкомбинат	800	70	3 900	Бурятия, Иркутская обл., Тува, Читинская обл., Республика Саха (Якутия)
Казанский спецкомбинат	600	97	1 187	Марий Эл, Татария, Удмуртия, Чувашская респ.
Куйбышевский спецкомбинат	600	53	2 230	Куйбышевская, Оренбургская, Ульяновская обл.
Ленинградский спецкомбинат	60 460	76	310 000	Вологодская, Калининградская обл., Карелия, Ленинградская, Новгородская, Псковская обл.

Спецкомбинаты и ПЗРО	Объем хранилищ, м ³	Заполнение, %	Активность, Ки	Зона обслуживания
Московское НПО «Радон»	178 000 5 000 5 000	100 90 10	1 017 000	Брянская, Владимирская, Калужская, Московская, Смоленская, Тульская, Калининская, Ярославская обл.
Мурманский спецкомбинат	600	50	4 500	Архангельская, Мурманская обл.
Нижегородский спецкомбинат	1 000	70	6 500	Ивановская, Кировская, Костромская обл., Республика Коми, Мордовия, Нижегородская обл.
Новосибирский спецкомбинат	1 200	50	2 167	Алтайский край, Кемеровская обл., Красноярский край, Новосибирская, Омская, Тюменская обл., Республика Горный Алтай
Ростовский спецкомбинат	600	60	8 200	Краснодарский край, Ростовская обл., Ставропольский край
Саратовский спецкомбинат	1 740	30	5 247	Белгородская, Курская, Липецкая, Орловская, Пензенская, Саратовская, Тамбовская обл.
Хабаровский спецкомбинат	1 300 600	39 100	54 520	Амурская, Камчатская, Магаданская обл., Приморский край, Сахалинская обл., Хабаровский край, Республика Саха (Якутия)
Челябинский спецкомбинат	1 990	76	5 579	Курганская, Челябинская обл.

По данным Роспотребнадзора и Московского научно-производственного объединения «Радон», осуществляющих сбор данных по всем спецкомбинатам России, на 17 тыс. предприятиях РФ эксплуатируется свыше 400 тыс. различных источников ионизирующего излучения. Предприятия и организации, осуществляющие эксплуатацию радиоактивных источников, их сбор и подготовку к транспортировке на спецкомбинаты «Радон». Ежегодно предприятиями в системе «Радон» принимаются на переработку

и захоронение свыше 14 тыс. м³ твердых и жидких РАО, более 50 тысяч источников радиоактивного излучения суммарной активностью свыше 150 тыс. Ки. Общий объем хранилищ для захоронения РАО всех спецкомбинатов «Радон» составляет около 260 тыс. м³, они заполнены от 35 до 90 %. До недавнего времени суммарная активность РАО, находящихся в указанных хранилищах, составляет более 1,7 млн Ки [1, 2, 5].

В системе спецкомбинатов «Радон» радиоактивные отходы сортируются в зависимости от состава и физического состояния. После этого принимается решение по выбору метода переработки: прессование, сжигание, цементирование, битумирование. Переработав одним из указанных способов, низкоактивные РАО помещают в специальные бетонированные колодцы глубиной 6 метров, предварительно облицованные нержавеющей сталью. После заполнения одним слоем контейнерами с отходами, осуществляется заливка цементом и процесс повторяется заново.

На переработку и захоронение в хранилища системы спецкомбинатов «Радон» принимаются только низкоактивные источники и отходы. Однако в качестве исключения на временное хранение могут приниматься высокоактивные отходы от АЭС, исследовательских реакторов и ядерных установок. Помимо указанных материалов на ПЗРО могут поступать ионообменные материалы, фрагменты деталей и конструкций ядерных реакторов, переработанная пульпа [3, 4].

В прошлое десятилетие по всей стране начались мероприятия по широкомасштабному поиску и утилизации неучтенных источников радиоактивного излучения. Только в двух субъектах Российской Федерации – в г. Москве и Московской области, по данным Федерального надзора РФ по ядерной и радиационной безопасности, было найдено и утилизировано свыше 1 100 мест и очагов радиоактивного загрязнения и источников различной интенсивности. В некоторых местах проводились дезактивационные мероприятия, в остальных случаях загрязненный грунт транспортировался на захоронение на спецкомбинаты «Радон» [2, 4].

Спецкомбинаты «Радон» являются радиационно опасными объектами и относятся к объектам федеральной собственности. После ряда проверок было установлено, что на некоторых спецкомбинатах «Радон» радиационная обстановка не соответствует требованиям безопасности. Только четырем спецобъектам «Радон» до недавнего времени Росатомнадзором РФ было выдано разрешение на полный объем работ (Московскому НПО, Саратовскому, Нижегородскому и Хабаровскому). На семи спецкомбинатах существующие хранилища низкоактивных РАО близки к заполнению, ряд ПЗРО нуждаются в модернизации и реконструкции. В Мурманском спецкомбинате «Радон» ряд ПЗРО были закрыты Госкоматомнадзором РФ в связи с нарушениями в организации работ требованиям радиационной безопасности и несоответствие технического состояния ПЗРО. До начала 90-х

годов прошлого века Грозненский спецкомбинат «Радон» обеспечивал прием низкоактивных РАО из пяти республик Северного Кавказа. В последние десятилетия вывоз низкоактивных РАО из данных регионов и хранение радиоактивных отходов прекращено, поскольку ряд зданий и сооружений пострадали во время боевых действий в середине 90-х годов прошлого века [1,4].

В середине прошлого десятилетия была замечена тенденция к отказу в приеме низкоактивных РАО некоторыми спецкомбинатами «Радон», поскольку резко возросли стоимости услуг для предприятий, оказавшихся за пределами ранее установленных зон обслуживания. Данная ситуация может создать реальную опасность «расползания» радиоактивного загрязнения по населенным пунктам и их окрестностям, а также возникновения стихийных свалок РАО [2, 5].

Таким образом, отсутствие надлежащего сквозного непрерывного контроля за находящейся в обращении изотопной продукцией является одной из причин ежегодно обнаруживаемых случаев локального радиоактивного загрязнения, потери источников ионизирующего излучения или наличия неучтенных радиоактивных источников.

Список используемых источников

1. Отчет о деятельности Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности в 1994 году. М., 1995.
2. Ядерная энциклопедия. М. : Изд-во «Благотворительный фонд Ярошинской». 1996. 656 с.
3. Муратов О. Э., Тихонов М. Н., Царева С. М. Обращение с эксплуатационными радиоактивными отходами на объектах ядерной энергетики // Экология промышленного производства. 2012. № 3. С. 49-58.
4. Муратов О. Э., Довгуша В. В., Тихонов М. Н. Радиоэкологические аспекты обращения с радиоактивными отходами и облученным ядерным топливом // Экология промышленного производства. 2009. № 1. С. 60-67.
5. Гуськов А. В. Определение максимальной активности твердых радиоактивных отходов для приповерхностного хранения в ГУП МосПО «Радон» // Вопросы радиационной безопасности. 2010. № 1. С. 47-57.

УДК 537.876.46
ГРНТИ 47.45.99

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ПЕРИОДИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОМ КИРАЛЬНОМ МЕТАМАТЕРИАЛЕ С УЧЕТОМ ДИСПЕРСИИ

Е. В. Куркин, О. В. Осипов

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В работе проводится расчет дисперсионных характеристик собственных волн периодически неоднородного в продольном направлении кирального метаматериала СВЧ, состоящего из чередующихся киральных слоев с различными материальными параметрами. При решении задачи была учтена дисперсия материальных параметров кирального метаматериала. Доказано, что в метаструктуре возможно распространение собственных волн с круговыми поляризациями, обладающими на дисперсионных характеристиках непересекающимися окнами прозрачности и непрозрачности.

метаматериал, киральная среда, периодическая неоднородность, дисперсионная характеристика, спиральный элемент.

Проблема создания новых искусственных материалов в настоящее время является крайне важной с точки зрения получения нестандартных свойств взаимодействия электромагнитного поля с веществом. Структуры, созданные композиционным образом на основе нескольких типов естественных сред, получили название метаматериалов [1, 2]. Такие метасреды представляют собой совокупность некоторых элементов, которые размещаются в общем контейнере. Если элементы имеют зеркально асимметричную форму, то метаматериал называется киральным [3].

В предлагаемой работе рассматривается периодически неоднородная метаструктура, состоящая из чередующихся в продольном направлении слоев из кирального метаматериала. Каждый киральный слой представляет собой планарный диэлектрический контейнер, в котором на расстояниях порядка длины волны размещаются киральные элементы в виде проводящих тонкопроволочных спиралей. Два соседних киральных слоя отличаются друг от друга линейными и азимутальными размерами спиральных элементов и тем самым значением материальных параметров. Здесь уместно отметить, что для описания кирального метаматериала, наряду с диэлектрической и магнитной проницаемостями, используется безразмерный параметр (показатель) киральности χ , определяющий степень взаимосвязи электро-

ских и магнитных процессов в композиционной среде. Геометрия задачи показана на рис. 1. Через l_1 и l_2 на рис. 1 обозначены толщины двух соседних слоев из кирального метаматериала; через χ_1 и χ_2 – параметры киральности. Заметим, что параметры киральности зависят от частоты электромагнитной волны, вследствие пространственной дисперсии кирального метаматериала.

Основной целью работы является определение дисперсионных характеристик собственных волн периодически неоднородного кирального метаматериала.

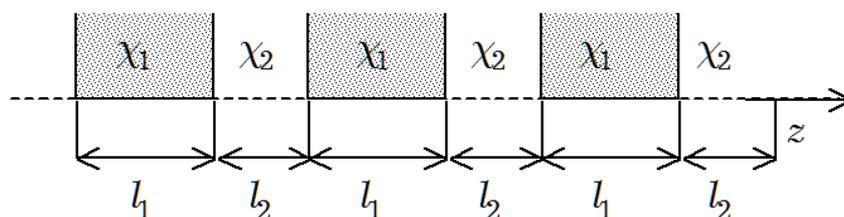


Рис. 1. Геометрия задачи

Киральный метаматериал в общем случае описывается частотно-зависимыми материальными уравнениями следующего вида [3]:

$$\vec{\mathbf{D}} = \varepsilon(\omega)\vec{\mathbf{E}} \mp i\chi(\omega)\vec{\mathbf{H}}, \quad \vec{\mathbf{B}} = \mu\vec{\mathbf{H}} \pm i\chi(\omega)\vec{\mathbf{E}}, \quad (1)$$

где ε , μ – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости кирального метаматериала; χ – параметр киральности среды. Верхние и нижние знаки в соотношениях (1) определяют тип зеркальной разновидности спирального элемента (правая или левая форма закрутки).

Дисперсионные зависимости диэлектрической проницаемости и параметра киральности имеют следующий вид:

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2}; \quad \chi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)}, \quad (2)$$

где ε – эффективная диэлектрическая проницаемость кирального метаматериала; c – скорость света; A – параметр, связанный с расстоянием между спиральями; β_0 – параметр, связанный с процессами поляризации в среде; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость контейнера, в котором размещены спирали; ω_0 – резонансная частота.

Задача решалась методом частичных областей. Краевые задачи для векторов поля в киральном слое представляли собой краевые задачи Дирихле на уравнениях Хилла:

$$\frac{d^2 \vec{E}_{R,L}}{dz^2} + k_1^2 \left(1 \pm \frac{2\chi_1}{n_1} \right) \vec{E}_{R,L} = 0, \quad (3)$$

где \vec{E}_R – напряженность электрического поля волны с правокруговой поляризацией (ПКП); \vec{E}_L – напряженность электрического поля волны с левокруговой поляризацией (ЛКП); $k_1 = k_0 \sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}$ – волновое число для плоской однородной волны в среде с параметрами ε_1 и μ_1 ; $n_1 = \sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}$ – показатель преломления кирального слоя.

Учет периодической неоднородности осуществлялся с использованием теоремы Флоке:

$$E_{R,L}^{(3)}(z) = F_{R,L}(z) \vec{E}_{R,L}^{(1)}(z-d), \quad (4)$$

где $F_{R,L}(z)$ – периодические функции; $d = l_1 + l_2$ – период неоднородности кирального метаматериала.

В результате решения краевых задач на уравнениях (3) с учетом соотношений (1) и (2), теоремы Флоке (4), а также с использованием граничных условий были получены дисперсионные уравнения для волн с право и левокруговыми поляризациями в рассматриваемом метаматериале, которые затем решались численными методами.

В результате численного анализа доказано, что распространяющиеся в структуре волны с право и левокруговыми поляризациями обладают чередующимися частотными окнами прозрачности и непрозрачности. В этом случае метаструктура на основе периодически чередующихся киральных слоёв одного и того же зеркального типа (то есть все киральные слои созданы на основе спиральных элементов либо с правой, либо с левой закруткой) может выполнять роль частотно селективного фильтра для волн с право и левокруговыми поляризациями.

Также доказано, что в периодически неоднородном киральном метаматериале из чередующихся киральных слоёв существуют интервалы частот, на которых не происходит распространение ни одной из двух волн собственных волн. В таком режиме киральный метаматериал может применяться в качестве частотно селективного экрана СВЧ.

В работе показано, что в метаструктуре вид зеркальной разновидности спирального элемента (правая или левая форма закрутки) и их концентрация оказывает существенное влияние на ширину полосы непрозрачности: увеличение концентрации спиралей с левой закруткой приводит к резкому сужению полосы непрозрачности волны ЛКП и резкому увеличению полосы непрозрачности волны ПКП.

Список используемых источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J. C., Smith, D. R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen. A. J. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media. London: Artech House, 1994. 291 p.

УДК 654.16
ГРНТИ 49.43.29

3D МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И МЕТРИКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕТЯХ РАДИОДОСТУПА 5G

В. О. Лазарев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Существующие модели оценок пределов точности позиционирования источников радиоизлучения в большинстве случаев используют плоскостные метрики оценки точности позиционирования, не учитывая ошибку по высоте, что в условиях городской застройки может вносить существенные искажения в определение местоположения источника в пространстве для сетей радиодоступа 5G. В данной работе рассмотрены оценки пределов точности позиционирования источников радиоизлучения в пространстве с использованием разностно-дальномерного и/или угломерного метода позиционирования. Продемонстрированы различные способы получения оценок пределов точности позиционирования, такие как эллипсоид рассеяния нижней границы Крамера-Рао и сферическое вероятное отклонение. Предложена модель определения оценки точности позиционирования в пространстве, проанализированы зависимости величин оценок пределов точности позиционирования от положения приемных устройств и их количества, результаты анализа представлены в виде графиков в среде MATLAB.

CRLB, SEP, TDOA, AOA, нижняя граница Крамера-Рао, сферическое вероятное отклонение, разностно-дальномерный метод, угломерный метод, позиционирование.

В современных сетях радиодоступа все большую роль начинают играть сервисы, в основе которых лежит определение местоположения (ОМП) источника радиоизлучения (ИРИ) [1]. Исходя из этого, возникает потребность в инструменте для определения пределов точности ОМП при заданной топологии расположения приемных устройств (ПУ) и ИРИ. В процедуре ОМП используются различные методы позиционирования, из которых широко используемыми являются: разностно-дальномерный метод (TDOA, *Time-*

Difference of Arrival, далее РДМ), угломерный метод (АОА, *Angle of Arrival*, далее УМ), а также их комбинация.

Дальнейшее исследование построено на основе принципов действия РДМ и УМ в пространстве, что требует уточнения, по сравнению с предыдущими исследованиями [2, 3].

Принцип действия РДМ заключается в измерении дальности распространения сигнала, которая выражается через разность времени прихода сигнала на ПУ. При этом разница между расстояниями d_i и d_j от фокальных точек до любой точки на гиперboloиде описывается следующим выражением:

$$\Delta d = 2a = \text{const}, \quad (1)$$

при этом a определяется как:

$$\Delta d = |d_i - d_j|, \quad a = \frac{1}{2} c |\Delta T_{ij}|, \quad (2)$$

где i и j соответствуют двум различным ПУ, d – расстояние от ИРИ до ПУ, c – скорость света, T – задержка распространения сигнала от ИРИ до ПУ. Принцип действия РДМ в пространстве показан на рис. 1а.

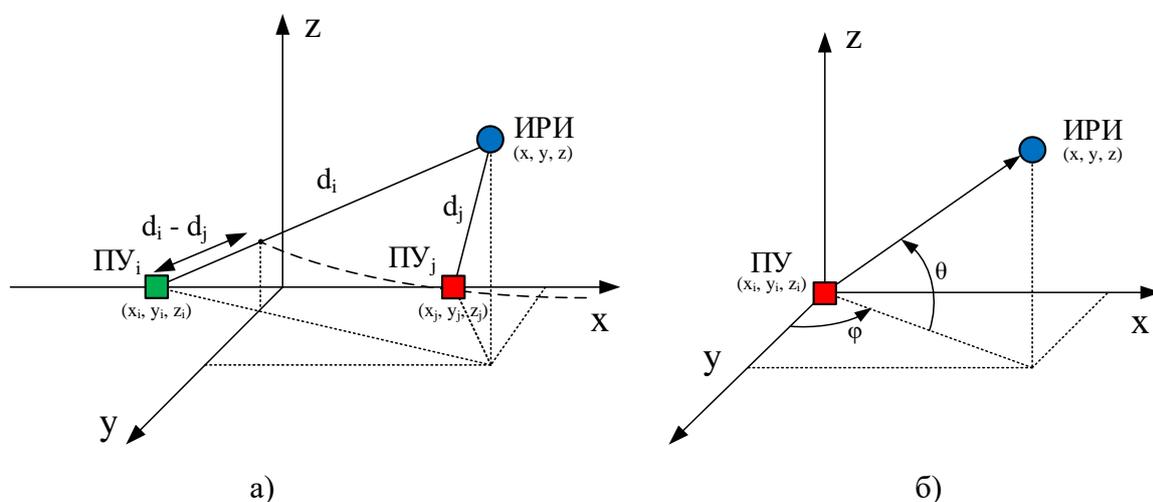


Рис. 1. Принцип действия РДМ (а) и УМ (б) в пространстве

Принцип действия УМ представлен на рис. 1б. В отличие от двухмерного случая, описанного в [2], УМ в пространстве описывается двумя углами: азимутом и углом места, которые представлены следующими выражениями:

$$\varphi = \arctan\left(\frac{x-x_i}{y-y_i}\right), \quad \theta = \arctan\left(\frac{z-z_i}{\sqrt{(y-y_i)^2+(x-x_i)^2}}\right), \quad (3)$$

где x_i, y_i, z_i – координаты ПУ, x, y, z – координаты ИРИ, φ – угол между ПУ в плоскости xy и позицией ИРИ (азимут), θ – угол между вертикальной осью z и позицией ИРИ (угол места).

Предлагаемая в дальнейшем модель построена на ошибках первичных измерений и предполагает, что оценки координат ИРИ уже известны. Для получения ковариационной матрицы ошибок, используемой далее для расчета метрик оценки точности позиционирования, должны быть найдены частные производные для выбранного метода позиционирования, используя выражения (1)–(3).

Модели и методы оценки точности позиционирования для некоторых частных случаев на плоскости были исследованы в [4] и усовершенствованы в [2, 3]. В настоящем разделе представим развитие обобщенной модели из [2, 3] в части математической и имитационной моделей оценки точности позиционирования ИРИ в пространстве по метрикам сферического вероятного отклонения (СВО) и эллипсоидов рассеяния нижней границы Крамера-Рао (НГКР).

Метрика эллипсоида НГКР определяется геометрическим местом точек оценок координат ИРИ, характеризуется функцией плотности вероятности и включает в себя константу κ , определяющую размер n -мерной области, ограниченной некоторой поверхностью, которая в общем случае представляет собой n -мерный гиперэллипсоид [2, 5]. Выражение вероятности нахождения оценок координат ИРИ в трехмерном пространстве эллипсоида для частного случая в 3D определяется выражением:

$$P_e(\kappa) = a \iiint_{R_1} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \frac{\zeta_i^2}{\lambda_i}\right) d\zeta_1 d\zeta_2 d\zeta_3, \quad (4)$$

где константа a может быть найдена из ковариационной матрицы \mathbf{P} для частного случая в 3D при $n = 3$:

$$a = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^3 |\mathbf{P}|}}$$

Область R_1 представляет собой внутреннее пространство эллипсоида рассеяния, внутри которого расположены реализации вектора измерений:

$$R_1 = \left\{ \boldsymbol{\zeta}: \sum_{i=1}^3 \frac{\zeta_i^2}{\lambda_i} \leq \kappa \right\},$$

где ζ_i – компоненты вектора измерений $\boldsymbol{\zeta}$, а длина главных осей равна:

$$\sqrt{\kappa\lambda_i}, \quad i = 1, 2, 3,$$

где λ_i – собственное значение, полученное из ковариационной матрицы \mathbf{P} . В дальнейшем, вместо ζ_1, ζ_2 и ζ_3 для удобства при обозначении осей эллипсоида рассеяния (рис. 2) будем использовать компоненты x, y и z , соответственно.

Определив область эллипсоида рассеяния для получения оценки НГКР с помощью собственных значений при заданной вероятности $P = 0,5$, далее рассмотрим метрику сферического вероятного отклонения при позиционировании ИРИ в пространстве.

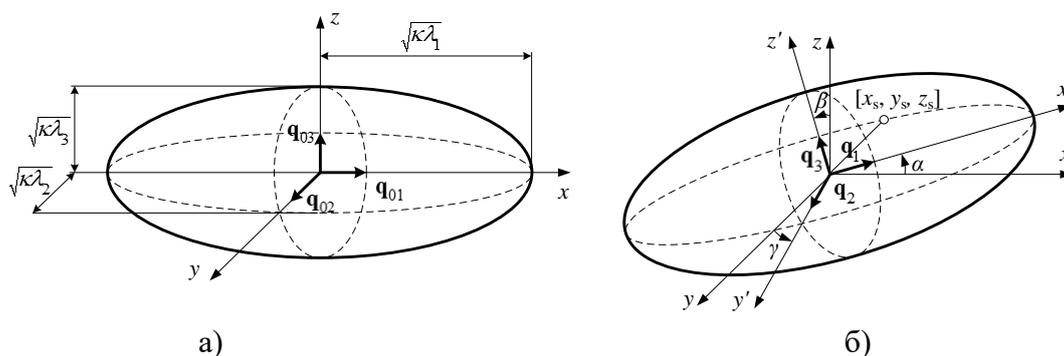


Рис. 2. Эллипсоид рассеяния: а) его оси и их длины; б) вращение осей координат

Метрика сферического вероятного отклонения СВО (SEP, *Spherical Error Probable*) определяется как радиус сферы, центр которой совпадает со средним значением оценки координат ИРИ \mathbf{m} , и содержит половину реализаций случайного вектора оценки координат $\hat{\mathbf{x}}$. СВО является мерой неопределенности оценки местоположения $\hat{\mathbf{x}}$ относительно значения его математического ожидания \mathbf{m} в пространстве.

Итоговое выражение для вычисления СВО выглядит следующим образом:

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^3 \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}} \iiint_{R_3} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \frac{\zeta_i^2}{\lambda_i}\right) d\zeta_1 d\zeta_2 d\zeta_3,$$

$$R_3 = \{(\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3): (\zeta_1^2 + \zeta_2^2 + \zeta_3^2)^{1/2} \leq \text{SEP}\}, \quad (5)$$

значения λ_i аналогичны значениям при вычислении НГКР, ζ_i – компоненты вектора измерений ζ , обозначающего направления осей; область R_3 – внутреннее пространство сферы.

Выражения (4) и (5) используются в разработанной имитационной модели для вычисления метрик НГКР и СВО.

Примеры сценария движения четырех ПУ, с изменением всех трех координат по мере движения и разных величинах ошибки первичных измерений, приведены на рис. 3.

Из анализа рис. 3 можно сделать вывод, что предложенная ИМ на основе метрик НГКР и СВО позволяет сравнить пределы точности ОМП при разных начальных условиях, таких как, например, ошибка первичных измерений РДМ и УМ, движение ПУ по различным траекториям и их количество. Результаты моделирования сведены в таблицу, из которой следует, что предельная точность ОМП снижается быстрее при величине ошибки в 100 нс для РДМ, что не противоречит теории и подтверждает корректность работы модели.

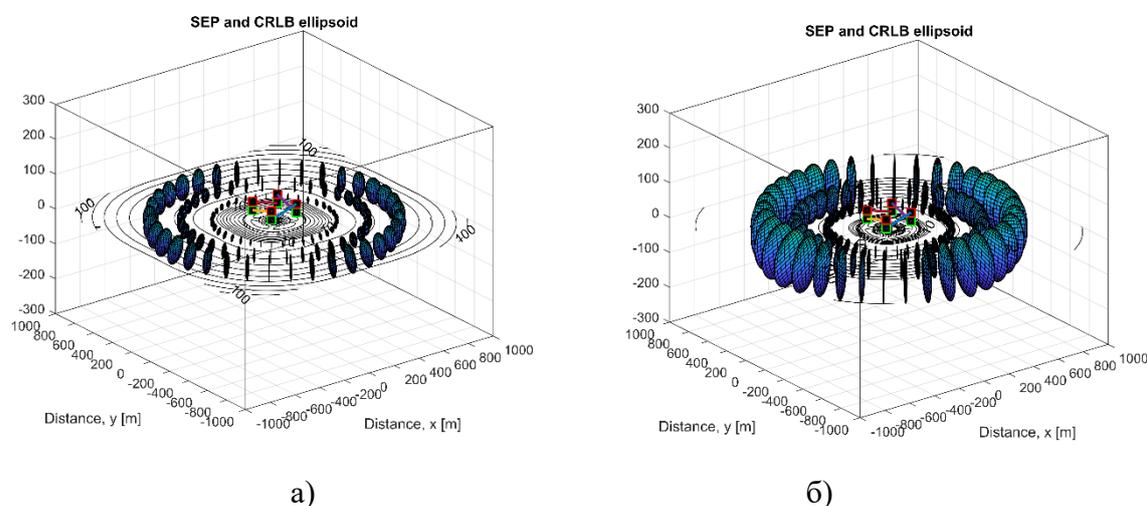


Рис. 3. Эллипсоиды рассеяния НГКР и контуры СВО в пространстве для РДМ и величине ошибки первичных измерений (СКО) равной: а) 50 нс; б) 100 нс

ТАБЛИЦА. Сравнение пределов точности РДМ на основе метрики СВО

Расстояние СКО, нс	Значение метрики СВО, м				
	100	200	300	400	500
50	2,15	16,32	43,83	80,76	125,34
100	4,31	32,65	87,66	161,52	250,68

Представленные в работе метрики оценки пределов точности ОМП и предложенная ИМ позволяют визуализировать различные сценарии размещения ПУ и ИРИ для дальнейшей проверки требований ОМП стандартов связи сетей радиодоступа 5G.

Список используемых источников

1. 3GPP TS 22.261 V17.1.0, Service requirements for the 5G system, Stage 1. (Release 17). Dec. 2019.

2. Лазарев В. О., Фокин Г. А. Оценка точности позиционирования источника радиоизлучения разностно-дальномерным и угломерным методами. Часть 1 // Труды учебных заведений связи. 2019. Т. 5. № 2. С. 88–100.

3. Фокин Г. А., Лазарев В. О. Оценка точности позиционирования источника радиоизлучения разностно-дальномерным и угломерным методами. Часть 2. 2D-моделирование // Труды учебных заведений связи. 2019. Т. 5. № 4. С. 65–78.

4. Høyе G. Analyses of the geolocation accuracy that can be obtained from shipborne sensors by use of time difference of arrival (TDOA), scanphase, and angle of arrival (AOA) measurements // Forsvarets forskningsinstitut, 2010. 178 p.

5. Torrieri D. J. Statistical Theory of Passive Location Systems // Cox I. J., Wilfong G. T. (eds) Autonomous Robot Vehicles. New York: Springer, 1990.

Статья представлена научным руководителем, доцентом кафедры РСuВ, кандидатом технических наук, доцентом Г. А. Фокиным.

УДК 654.16
ГРНТИ 49.43.29

СЦЕНАРИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СВЕРХПЛОТНЫХ СЕТЯХ РАДИОДОСТУПА 5G

В. О. Лазарев, Г. А. Фокин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Перспективные сети радиодоступа 5-го поколения предполагают использование позиционирования как одного из инструментов повышения эффективности работы сервисов и услуг связи на основе данных геолокации сетевых устройств, как базовых станций, так и абонентских терминалов. В новых спецификациях 3GPP TS 22.261 сформулированы требования к точности определения местоположения как по вертикали, так и по горизонтали. В данной работе рассмотрены различные сценарии оценки точности ОМП в сверхплотных радиосетях для проверки выполнения требований спецификации. Предложена модель оценки и визуализации точности ОМП для сценариев с использованием стационарных и подвижных пунктов приема. В качестве методов позиционирования используется разностно-дальномерный и угломерный методы. Метриками оценки пределов точности позиционирования в пространстве выступают эллипсоид рассеяния нижней границы Крамера-Рао и сферическое вероятное отклонение.

CRLB, SEP, TDOA, AOA, нижняя граница Крамера-Рао, сферическое вероятное отклонение, разностно-дальномерный метод, угломерный метод, позиционирование.

В сетях 5G обеспечение связи возможно на основе предварительной оценки местоположения объекта для улучшения масштабируемости, надеж-

ности и снижения задержек [1]. Кроме того, в сверхплотных радиосетях осуществление сеансов связи может происходить с учетом местоположения и различных техник диаграммообразования, что значительно расширяет возможности пространственного мультиплексирования источников радиополучения (ИРИ). Целью настоящего исследования является выявление способов повышения точности определения местоположения (ОМП) для пространственного разделения соседних ИРИ, используя модель сетки приемных устройств (ПУ) для проверки соответствия требованиям 3GPP и сценария с расположением ПУ в условиях плотной городской застройки как частного случая сверхплотной радиосети.

Начиная с 15-го релиза стандарта, 3GPP были стандартизованы требования к точности для вертикального и горизонтального позиционирования в сетях 5-го поколения, окончательно сформированные в 17-ом релизе [2, 3]. В настоящий момент требования разделены на несколько уровней, приведенных в таблице 1 (полная таблица приведена в [3]).

Для дальнейшего анализа соответствия модели требованиям 3GPP, будем использовать значения точности позиционирования для горизонтального случая: 10, 3, 1 и 0,3 м. Далее, перейдем к модели расположения ПУ в виде сетки. В качестве метода ОМП будем использовать разностно-дальномерный метод (РДМ).

ТАБЛИЦА 1. Требования точности горизонтального и вертикального позиционирования

Уровни управления ОМП	Точность (95 % уровень достоверности)		Доступность сервиса ОМП, %
	Горизонтальная точность, м	Вертикальная точность, м	
1	10	3	95
2	3	3	99
3	1	2	99
4	1	2	99,9
5	0.3	2	99
6	0.3	2	99,9

Основная идея предложенной модели заключается в получении зависимости совокупных значений метрики нижней границы Крамера-Рао (НГКР), которые могут быть найдены по следующей формуле

$$CRLB = \sqrt{\sum_{i=0}^N \lambda_i}, \quad (1)$$

где λ_i – значения главной диагонали матрицы собственных значений [4].

Значение выражения (1) зависит от количества ПУ и, в конечном итоге, от расстояния d между соседними ПУ для заданной области. Предложенная модель позволяет определить, при каком расстоянии между ПУ могут быть удовлетворены требования, представленные в таблице 1.

Модель сетки расположения ПУ представлена на рис. 1. Размер заданной области равен $L \times L$. Изменение числа ПУ соответствует порядку n , а общее количество ПУ в сетке равно $n \times n$. В качестве опорных точек для определения значений совокупной НГКР, будем использовать точки т. н. оптимистичного и пессимистичного сценария.

Для определения таких точек, были промоделированы несколько топологий расположения ПУ при следующих параметрах: $L = 500$ м, $n = 2$ и $n = 11$, результаты моделирования представлены на рис. 2. Анализ результатов моделирования показывает, что оптимистичной точкой является центр сетки, равноудаленный от всех ее сегментов, в то время как пессимистичная точка расположена на концах главных диагоналей сетки.

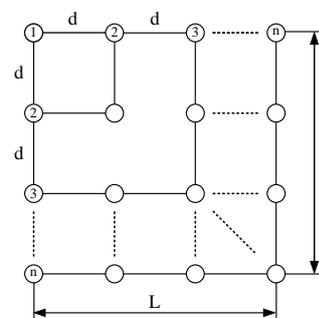


Рис. 1. Модель расположения ПУ в виде сетки

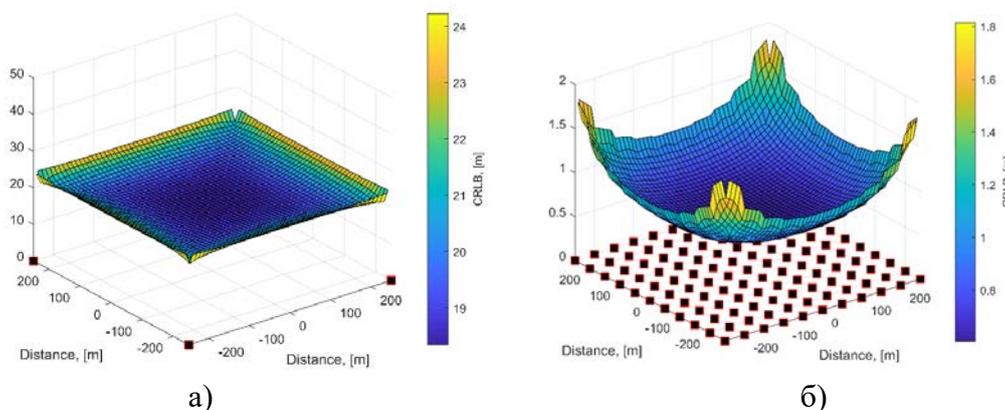


Рис. 2. Значения совокупной НГКР для сетки порядка а) $n = 2$; б) $n = 11$

Исходя из вышеизложенных допущений, значение метрики совокупной НГКР от расстояния между датчиками для оптимистического и пессимистического случаев показано на рис. 3, результаты обобщены в таблице 2.

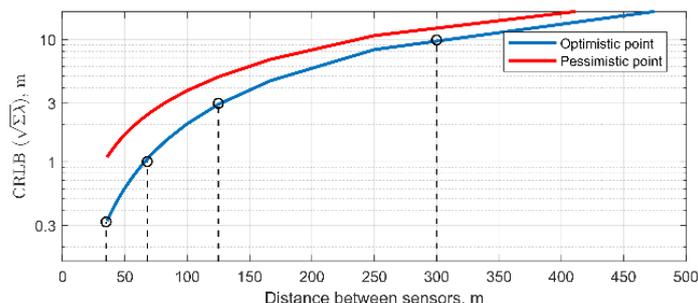


Рис. 3. Зависимость значений совокупной НГКР от расстояния между ПУ

ТАБЛИЦА 2. Значения совокупной НГКР модели сетки для оптимистичной и пессимистичной точек

НГКР, м	Расстояние между ПУ d , м	
	Оптимистичная точка	Пессимистичная точка
0,3	30	–
1	70	30
3	125	80
10	300	240

Из таблицы 2 следует, что в оптимистичном случае при расстоянии между соседними ПУ около 30 м требования 3GPP по точности в 0,3 м удовлетворяются.

Расположение ПУ в рассматриваемом примере для сверхплотных сетей, используемое в имитационной модели (ИМ), основано на исследованиях конфигурации расположения придорожных ПУ в [1] и изображено на рис. 4.

Оно представляет собой близкий к реальному случай в условиях городской застройки и может быть рассмотрен в несколько этапов, на каждом из которых добавляют определенное количество ПУ к модели:

- 1) ПУ, расположенные на высоте 8 м (обозначены зеленым);
- 2) дополнительные ПУ, расположенные на той же высоте 8 м (обозначены синим цветом);
- 3) ПУ на высоте 15 м (обозначены желтым цветом);
- 4) ПУ, расположенные на двух разных высотах – 30 и 7,5 м (обозначены красным цветом).

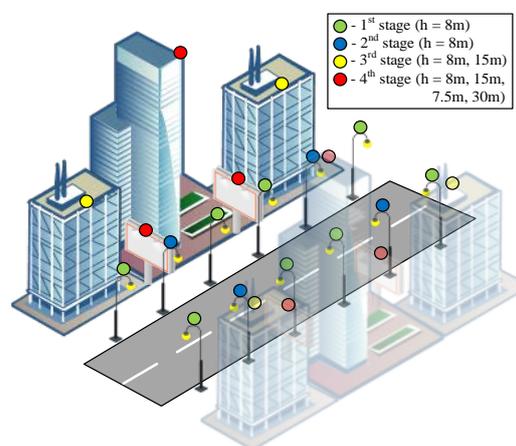


Рис. 4. Пример расположения ПУ в условиях плотной городской застройки

Сценарий ИМ рассчитывается в условиях плотной городской среды (площадь 175×175 м). Точки местоположения ИРИ в модели назначаются по сетке с шагом 25 м между двумя соседними ИРИ. Предположим, что первичные измерения разностно-дальномерного (РДМ) и угломерного метода (УМ) являются средними значениями, полученными в течение периода измерения, и имеют одинаковые СКО, равные 50 нс и 2° соответственно. После определения начальных условий и этапов моделирования, опишем полученные результаты моделирования с использованием РДМ, УМ и РДМ-УМ для случая совокупной метрики НГКР.

На рис. 5 изображены эллипсоиды рассеяния НГКР для различных этапов ИМ, которые были получены для определенных позиций ПУ на различной высоте с использованием РДМ. Значения точности при использовании РДМ, УМ и комбинации РДМ-УМ сведены в таблицу 3.

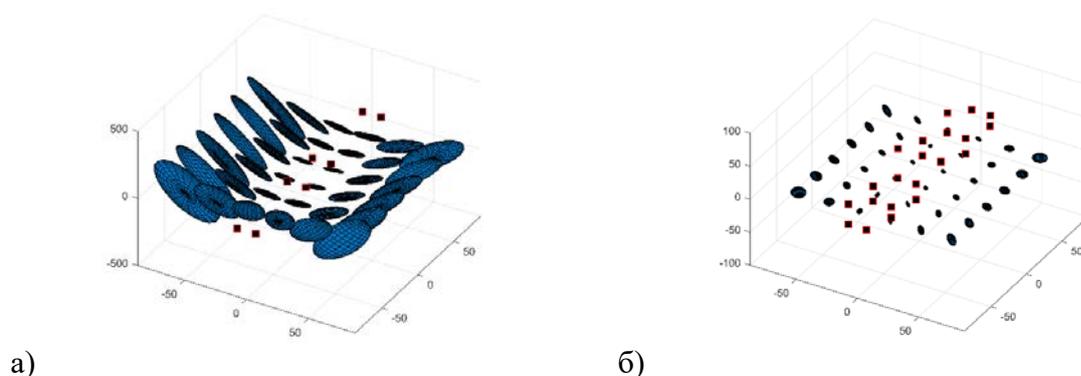


Рис. 5. Эллипсоиды НГКР при использовании РДМ на:
а) первом этапе; б) четвертом этапе

Согласно рис. 5, наиболее значимое направление ошибки ОМП лежит на оси Z. Увеличение числа ПУ на одной и той же высоте существенно не влияет на значение совокупной НГКР, но использование ПУ, разнесенных по высоте, позволяет увеличить точность ОМП для всех методов.

ТАБЛИЦА 3. Значение совокупной НГКР на различных этапах моделирования

Метод позиционирования	Максимальное значение совокупной НГКР на различных этапах моделирования, м			
	1 (8 ПУ)	2 (12 ПУ)	3 (16 ПУ)	4 (22 ПУ)
РДМ	325,85	215,47	35,04	15,54
УМ	4,14	3,63	3,15	2,64
РДМ-УМ	4,08	3,57	3,06	2,56

В настоящей работе предложены и реализованы модели и сценарии оценки пределов точности позиционирования ИРИ в пространстве, которые

позволяют определить, удовлетворяют ли сценарии при заданных условиях требованиям стандарта 3GPP, и могут быть использованы на практике при обосновании сценариев построения и функционирования радиостанций в составе сверхплотных радиосетей.

Список используемых источников

1. Koivisto M., Hakkarainen A., Costa M., Kela P., Leppanen K., Valkama M. High-Efficiency Device Positioning and Location-Aware Communications in Dense 5G Networks // IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 8, pp. 188–195, Aug. 2017.
2. 3GPP TR 22.862 V14.1.0 Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers for Critical Communications; Stage 1. (Release 14). Sep. 2016.
3. 3GPP TS 22.261 V17.1.0 Service requirements for the 5G system, Stage 1. (Release 17). Dec. 2019.
4. Zekavat R., Buehrer R. M. Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances. 2nd Edition. John Wiley & Sons, 2019.

УДК 621.391

ГРНТИ 49.43.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПУТНИКОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ HTS

А. Н. Ликонцев, А. Ж. Лялина

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Достижения в технологии спутниковой связи в последние годы привели к значительному увеличению пропускной способности, обеспечиваемой множеством новых систем «High Throughput Satellite. Системы HTS – это новое поколение космических станций, способных обеспечивать высокую пропускную способность по сравнению с обычными спутниковыми системами. Принципиальным отличием архитектуры систем HTS является использование нескольких точечных лучей («spot beams») для охвата желаемой зоны обслуживания. В настоящей статье рассматриваются особенности данной системы, ее преимущества и недостатки по сравнению с традиционными, а также представлена разработанная модель спутникового канала системы HTS.

моделирование, спутниковый канал связи, HTS, DVB-S2X, адаптивно-кодовая модуляция.

Обзор современного состояния спутниковых систем связи

С тех пор как был запущен первый коммерческий спутник связи на геостационарной орбите, индустрия спутниковой связи значительно эволюционировала благодаря многочисленным технологическим инновациям [1, 2], таким как:

- Увеличение мощности спутников: благодаря использованию более эффективных солнечных батарей, литий-ионных аккумуляторов, освоения терморегуляции и др.

- Улучшенная технология полезной нагрузки: многолучевые антенны с большим количеством лучей (до нескольких сотен на одном спутнике), легкие рефлекторы, больше интеграции и вычислительные мощности для бортовой электроники, уменьшение в размерах и массе радиочастотных компонентов, повышенная эффективность усилителей высокой мощности, наличие радиочастотных компонентов Ка-диапазона и др.

- Развитие радиочастотной связи: улучшение характеристик каналов распространения посредством улучшения моделей каналов (включая Ка-диапазон и выше); исследование и внедрение методов смягчения затухания и т. д.

- Улучшенная цифровая модуляция и более эффективные способы канального кодирования [3]: турбокоды (*Turbo-codes*), кодирование с малой плотностью проверок на четность (*Low-Density Parity-Check*, LDPC), и др.), реализация адаптивной модуляции и техник кодирования (например, стандарт DVB-S2X), улучшение техник множественного доступа и т. д.

Миниатюризация и уменьшение в стоимости эксплуатационных характеристик наземной оконечной станции

Сектор остается передовым техническим направлением и предоставляет необходимые услуги связи и вещания для бизнеса, правительства и обычных пользователей по всему миру. Спутниковые системы все больше интегрируются в разнообразные телекоммуникационные системы и играют фундаментальную роль в формировании глобального цифрового общества.

Особенности технологии HTS

Как и другие телекоммуникационные технологии, спутниковые системы подвержены технологическим жизненным циклам. Новые поколения оборудования приводят к изменениям в производительности, снижению стоимости эксплуатации систем и приводят к выходу из строя старых систем.

Системы HTS [4] – это новое поколение космических станций, способных обеспечивать высокую пропускную способность по сравнению с обычными спутниковыми системами FSS, BSS и MSS. Одним принципиальным отличием в архитектуре систем HTS по сравнению со старыми системами

заключается в использовании нескольких точечных лучей («*spot beams*») вместо широких для охвата желаемой зоны обслуживания.

Эти точечные лучи дают двойную выгоду:

– Более высокий коэффициент усиления передачи/приема: Усиление антенны обратно пропорционально ширине ее луча, поэтому более узкий луч приводит к увеличению мощности (как передающей, так и приемной), и, следовательно, позволяет использовать пользовательские терминалы меньших размеров. Увеличение доступной мощности также позволяет использовать схемы модуляции и кодирования высшего порядка (MODCODs). Они, в свою очередь, позволяют достичь высокой спектральной эффективности, определяемой как скорость передачи бит на единицу используемой полосы частот. Чем выше спектральная эффективность, тем выше скорость передачи данных за единицу времени использования орбитального спектра. Это очень важная особенность из-за перегруженности орбитальных слотов и ограниченности доступного спектра.

– Повторное использование частот: системы HTS используют высокую направленность антенн космической станции на зоны, занимаемые точечными лучами, что позволяет нескольким лучам повторно использовать одни и те же частоты. Коэффициент повторного использования частот с использованием узких разделенных лучей теоретически равен количеству этих лучей при условии их разнесения на некоторое расстояние. Однако непрерывное покрытие заданной области требует перекрытия лучей, под которым подразумевается использование разных частот и поляризацій в смежных лучах во избежание интерференции.

Разработка модели спутникового канала с использованием технологии HTS

Разрабатываемая модель должна представлять собой совокупность из нескольких частей: подсистемы стандарта DVB-S2X, реализация основных частей алгоритма ACM и высокочастотная часть спутникового канала [5, 6, 7].

Модель должна включать в себя следующие блоки:

- Модель стандарта DVB-S2X.
- Исследовательский вариант модели ACM. Стоит пояснить, что для более детального анализа состояния сигнала при прохождении через модель, было принято устанавливать значения MODCOD вручную через специальный задающий блок.
- Модель высокочастотной части.
- Два задающих блока: основные параметры канала и ACM.
- Блок расчета затуханий вследствие осадков. Само значение осадков устанавливается в задающем блоке основных параметров.
- Блок динамического вычисления SNR. В данном блоке отображается значение SNR для более детального анализа.

– Блок динамического расчета BER, ошибок и кол-ва полученных бит. Расценивается как результат работы системы: сколько бит было отправлено, получено, а также BER.

– Блок расчета усиления антенн в зависимости от введенных параметров в соответствии с особенностями системы HTS.

Реализация модели в среде MATLAB

Таким образом, разработанная модель, представленная на рис., позволяет:

– Оценивать качество передачи в зависимости от основных требований к бюджету канала в любом частотном диапазоне.

– Оценивать ослабление сигнала под воздействием осадков заданной интенсивности и его влияние на передачу.

– Оценивать влияние различных модуляций и скоростей кодирования на полосу пропускания, скорость передачи и т. п.

– Получать наглядное представление о качестве передачи (сигнальное созвездие, график спектральной плотности мощности передаваемого и принимаемого сигнала)

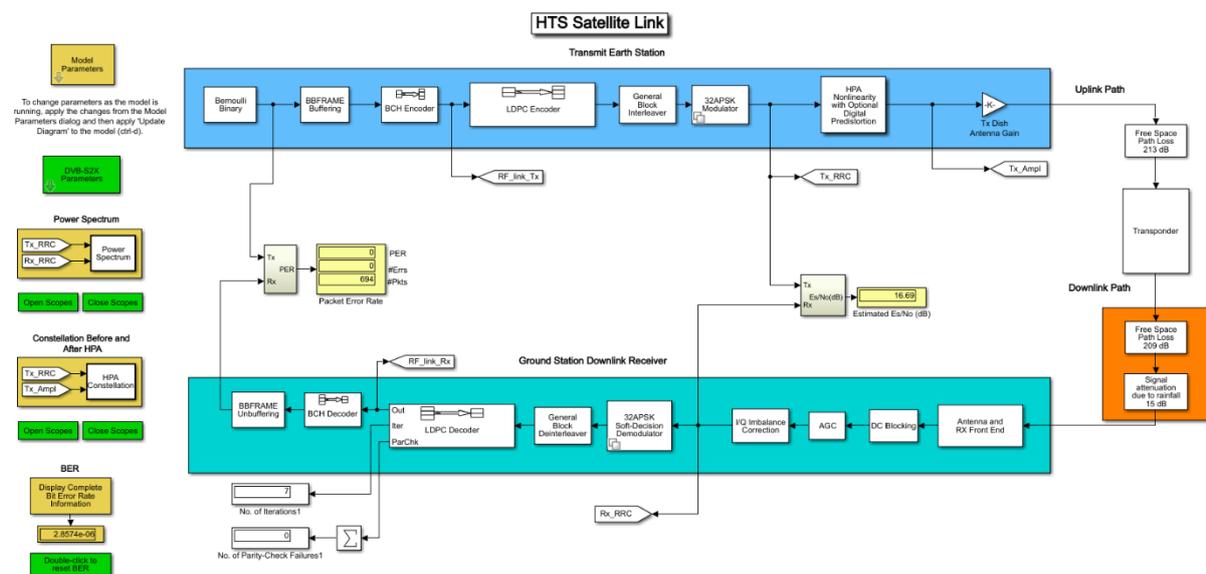


Рис. Реализация разрабатываемой модели

Перспективы развития спутниковых систем

Спутниковые технологии остаются одними из ключевых в обеспечении связи [8, 9].

Несмотря на устойчивый рост и развитие наземных сетей, остаются места по всему миру, где безопасные, устойчивые и легко настраиваемые линии передачи достаточной пропускной способности для клиентов из различных областей могут быть предоставлены только через спутниковую связь.

Кроме того, спутники предоставляют широкий спектр полезных возможностей, таких как вещание и альтернативный путь обеспечения полностью отказоустойчивых сетей связи.

Потенциал для модернизации инфраструктуры наземного сегмента, ускоренное время сборки и запуска и тот факт, что лучи могут быть направленными и, следовательно, передислоцированными в другие районы, позволяет спутниковым провайдерам быстро реагировать на меняющиеся требования клиентов, горячие зоны спроса и сдвиги в балансе предложения по другим маршрутам и технологиям.

Системы HTS за последние годы преобразовали спутниковую связь промышленности, предоставляя гораздо более высокие мощности при более оптимальных затратах, которые в потребительском и коммерческом сегменте можно сопоставить, к примеру, с мощностями и затратами на обеспечение линий DSL.

Спутниковая связь остается одной из самых технически передовых отраслей, так как использует самые современные технологии [10, 11] для постоянного увеличения возможностей, пропускной способности и производительности, доставляя своим клиентам связь, где и когда им это нужно.

Список используемых источников

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: пер. с англ. М. : Вильямс, 2004. 1104 с.
2. Сифоров В. И. Радиоприемные устройства, 5 изд. М., 1954.
3. Тартаковский Г. П. Динамика систем автоматической регулировки усиления. М.-Л., 1957.
4. Солтанов А. Г. Схемы декодирования и оценка эффективности LDPC-кодов. Применение, преимущества и перспективы развития // Безопасность информационных технологий. 2010. Т. 17. № 2. С. 61–67.
5. Minoli D. Innovations in satellite communications and satellite technology: the industry implications of DVB-S2X, high throughput satellites, Ultra HD, M2M, and IP. John Wiley & Sons, 2015.
6. Azarbad B., Sali A. B. DVB-S2 Model in Matlab: Issues and Impairments // MATLAB-A Fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications-Volume 2. IntechOpen, 2012.
7. Kaneko K. et al. Construction of a flexibility analysis model for flexible high-throughput satellite communication systems with a digital channelizer // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2017. Т. 67. No 3. Pp. 2097–2107.
8. Kharchenko V. et al. Computer modeling of radio frequency satellite transponder for transmission of ADS-B messages satellite communication channel // Proceedings of the National Aviation University. 2014. No 4. Pp. 14–20.
9. Surekha T. P., Ananthapadmanabha T., Puttamadappa C. C-band VSAT data communication system and RF impairments // arXiv preprint arXiv:1206.1722. – 2012.
10. Lei J., Vázquez-Castro M. Á. Multibeam satellite frequency/time duality study and capacity optimization // Journal of Communications and Networks. 2011. Т. 13. No 5. Pp. 472–480.

11. Perez-Neira A. I. et al. Signal processing for high throughput satellite systems: Challenges in new interference-limited scenarios // arXiv preprint arXiv:1802.03958. 2018.

12. Gomes M. et al. Magnitude Modulation for Peak Power Control of RRC Pulse-Shaped Signals.

УДК 621.391
ГРНТИ 49.43.31

УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЯМЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ТРАНСЛЯЦИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕЗИДЕНТСКИХ КОРТЕЖЕЙ В ВЕНЕСУЭЛЕ

А. Н. Ликонцев, Х. А. Фигероа Агрета

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Большие трудности возникают при организации прямых телевизионных трансляций перемещения президентских кортежей для встреч с местными жителями в Венесуэле. Как правило, длина пути превышает 10 километров, и в этом случае сложно обеспечить надежную и устойчивую передачу информации от кортежа к телевизионному передающему центру. Для решения этой задачи вдоль всего маршрута устанавливаются ретрансляторы сигналов, получаемых от движущегося в кортеже транспортного средства, обеспечивающего видеосъемку. Количество требуемых приемных устройств напрямую зависит от длины и типа маршрута. Эти устройства ретранслируют сигнал с помощью малых спутниковых станций телевизионному передающему центру. В статье рассматриваются пути реализации и оптимизации управления устройствами проведения таких трансляций.

прямой эфир, телевизионная передача, управление ресурсами, президентский кортеж.

Введение

Трансляции общения президента с народом имеют большое значение для Венесуэлы, так как являются жизненно важной частью работы правительства. Через них народ узнаёт о текущих делах страны, мерах и результатах решений, принятых правительством. В настоящее время Венесуэла страдает от санкций со стороны США. Из-за этого очень важно, чтобы все президентские передачи транслировались для борьбы с медийной войной. При этом необходимо обеспечить высокое качество трансляций и исключить сбои.

Одно из событий, которое представляет наибольшую сложность для передачи национальному телевидению, являются кортеж – это мероприятия,

в которых президент передвигается по улицам, общаясь и приветствуя местных жителей. Эти события должны транслироваться в прямом эфире.

Маршрут зависит от президента и его команды, которые сообщают о нём телевизионной команде за несколько дней до трансляции. Этого времени недостаточно для организации трансляции.

Для того, чтобы трансляция не прерывалась, камеры, микрофоны, электрический генератор, микшер камер, передатчик и антенны устанавливаются в фургоне (рис. 1), который движется непосредственно перед президентом.

Трудность заключается в прямой трансляции на всём маршруте. Для этого в фургоне установлен беспроводной передатчик (рис. 2). В настоящее время в Венесуэле используются устройства, которые позволяют передавать аудио и видео с качеством HD или SD, на частоте 2,4 ГГц с помощью передатчика мощностью 5 Вт.



Рис. 1. Фургон с камерами и передатчиком



Рис. 2. Беспроводной передатчик

Этот передатчик (рис. 2) имеет возможность передавать сигналы на несколько приемников одновременно [1]. Принимающие устройства (рис. 3) находятся на стратегических объектах, позволяющих обеспечить оптимальный уровень сигнала. Деревья, высотные здания, мосты, влияют на затухания сигнала. Количество приемников напрямую зависит от длины и типа маршрута. Для маршрута с большим количеством переходов количество приемников значительно увеличивается [2].

Приемники размещают на таком расстоянии друг от друга, чтобы обеспечить резервирование сигнала в случае выхода из строя одного из них [3]. Рядом с каждым приемником установлен спутниковый терминал VSAT (рис. 4), который осуществляет передачу на



Рис. 3. Мультиформатный приемник и декодер

спутник VENESAT-1. Использование системы спутниковой связи связано с тем, что расстояние между передатчиком, осуществляющим телевизионное вещание, и приемником достаточно большое и при отсутствии прямой видимости, качественная связь невозможна.

Необходимо отметить, что передаваемый сигнал принимается различными телеканалами, которые получают его посредством системы спутниковой связи.

Текущие проблемы

В связи с тем, что количество устройств ограничено, требуется обеспечить хорошее управление ими, чтобы охватить все события и не допустить сбоев [4].

Маршрут, как правило, больше 10 км, что требует установку достаточного количества приемников и терминалов VSAT для бесперебойной передачи. Обычно приемники устанавливаются на каждые 700 м, их количество зависит от типа маршрута, количества зданий, высоты и т. д. Основная проблема в этом случае заключается в том, что приемник не всегда имеет прямую видимость с передатчиком. Здания, транспортные средства создают высокий уровень искажений сигнала, поэтому всегда стоит задача избежать или уменьшить эти факторы [5].

Хорошие результаты были достигнуты путем размещения приемника и передатчика на вертолете, который всегда располагается над передатчиком фургона (рис. 5).



Рис. 4. Портативный VSAT

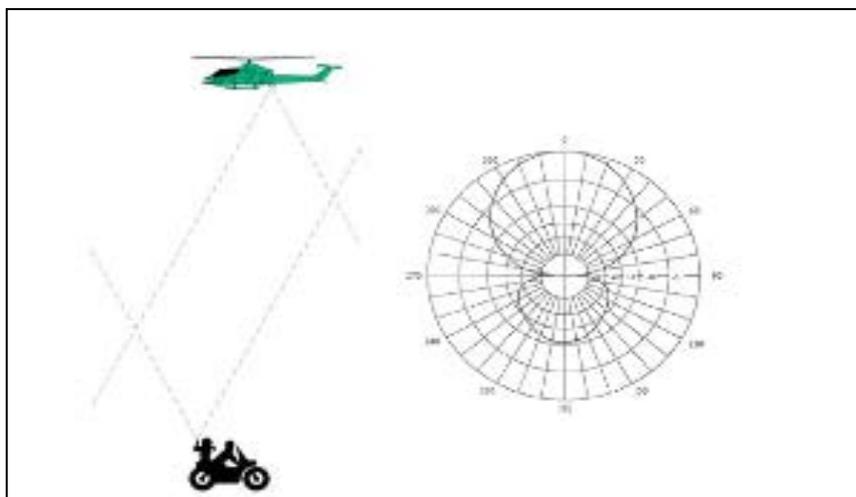


Рис. 5. Передача на вертолет

Вертолет оснащается той же моделью приемника и той же моделью передатчика, которая используется в фургоне. Передатчик получает сигнал от фургона, а затем передает его в самое высокое здание Каракаса для передачи на спутник.



Рис. 6. Покрытие приема с вертолетом из самого высокого здания в Каракасе-Венесуэла

С помощью вертолета достигается уверенная передача сигнала до самого высокого здания в Каракасе (рис. 6), что позволяет обеспечивать почти полное покрытие всего города.

Этот метод значительно снижает риск потери сигнала в приемниках, так как вертолет всегда имеет и будет иметь прямую видимость с передатчиком на земле. Данный метод позволяет сократить количество приемопередающих устройств, а также уменьшить занятость транспондеров спутника VENESAT-1, которые могут быть задействованы для других целей.

Список используемых источников

1. [Tomasi] Sistemas de comunicaciones electrónicas; Wayne Tomasi; 2ª ed.; 1996; Prentice Hall. Atenuación Y Absorción De Ondas, Propiedades Ópticas De Las Ondas De Radio. PP. 351–359.
2. [Tomasi] Sistemas de comunicaciones electrónicas; Wayne Tomasi; 2ª ed.; 1996; Prentice Hall. Propagación Terrestre De Las Ondas Electromagnéticas. PP. 359–364.
3. The RF transmission system [Handbook]; Jerry C. Whitaker 1ª ed.; 2002; Morgan Hill. Preventing Rf System Failure Chapter 18.
4. The RF transmission system [Handbook]; Jerry C. Whitaker 1ª ed.; 2002; Morgan Hill. Troubleshooting Rf Equipment. Chapter 19.
5. Fundamentals of Digital Television Transmission. Gerald W. Collins, PE 2001 John Wiley & Sons, Inc. Test and Measurement For Digital Television. PP. 245–250.

УДК 537.876.46
ГРНТИ 47.45.99

РАСЧЕТ ДИСПЕРСИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНАРНОЙ ВОЛНОВЕДУЩЕЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОГО КИРАЛЬНО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТАМАТЕРИАЛА

А. И. Лиманова, О. В. Осипов

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В работе проводится расчет дисперсионных характеристик плоского волновода на основе двухслойного кирально-диэлектрического метаматериала. При решении задачи были учтены дисперсионные зависимости материальных параметров кирального слоя. Метаматериал описывался моделью Максвелла-Гарнетта. Доказано, что дисперсионные кривые собственных волн представляют собой дуплеты волн с эллиптическими поляризациями с единой частотой отсечки.

метаматериал, киральная среда, волновод, дисперсия, собственные волны.

В настоящее время активно изучаются свойства метаматериалов, представляющих собой композиционные структуры из двух и более типов материалов естественного происхождения [1, 2]. Особняком в большом разнообразии метаматериалов выступают киральные среды, в которых в качестве элементов используются включения зеркально асимметричной формы [3, 4]. В данной работе в качестве включений использованы проводящие тонкопроволочные спиральные элементы, размещенные в диэлектрическом контейнере.

Работа посвящена расчету дисперсионных характеристик собственных волн плоского двухслойного волновода, один из слоев которого является однородным диэлектрическим 1, а другой представляет собой киральный метаматериал 2 (рис. 1).

Плоский киральный слой создается на основе тонкопроволочных проводящих спиральных элементов, которые размещены в диэлектрическом контейнере.

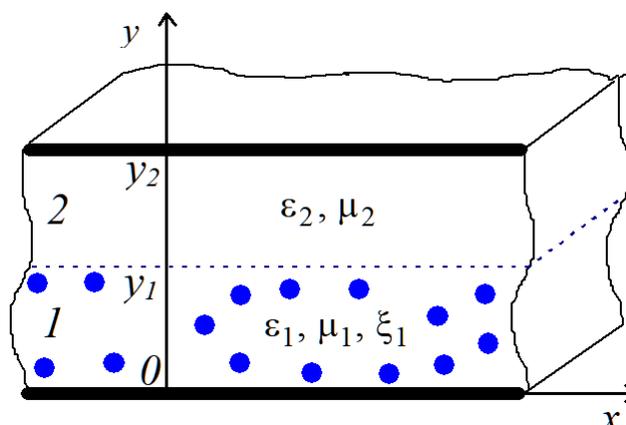


Рис. 1. Геометрия задачи

Расстояние между соседними элементами является одинаковым и оно соизмеримо с длиной волны в волноводе. Все спиральные элементы хаотически ориентированы в диэлектрическом контейнере. Геометрия задачи приведена на рис. 1.

Киральный метаматериал будем описывать материальными уравнениями Линделла-Сиволы [3]:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \mp i \xi \vec{H}, \quad \vec{B} = \mu \vec{H} \pm i \xi \vec{E}, \quad (1)$$

где ε, μ – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости кирального слоя, соответственно; ξ – относительный параметры киральности метаматериала.

Эффективная диэлектрическая проницаемость кирального слоя волновода описывается моделью Максвелла-Гарнетта, которая с учетом дисперсии материальных параметров слоя определяется следующим образом:

$$\frac{\varepsilon - \varepsilon_s}{\varepsilon + 2\varepsilon_s} = \alpha \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_s}{\varepsilon_c + 2\varepsilon_s}; \quad \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2};$$

$$\xi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)}, \quad (2)$$

где ε – эффективная диэлектрическая проницаемость метаматериала; ε_s – относительная диэлектрическая проницаемость тонкопроволочной спирали; α – объемная концентрация спиралей в диэлектрическом контейнере; c – скорость электромагнитной волны в вакууме; A – параметр, связанный с линейным расстоянием между тонкопроволочными спиралью; β_0 – параметр, связанный с процессами поляризации в киральном слое волновода; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрического контейнера, в котором размещаются спирали.

Для решения задачи был использован метод частичных областей. На первом были получены обобщенные соотношения для составляющих векторов поля в киральном слое волновода с использованием соотношений (1) и (2). На втором этапе были выведены аналитические соотношения для составляющих векторов поля в диэлектрическом слое плоского волновода. В полученных выражениях имеются неизвестные коэффициенты, которые затем находились при использовании граничных условий на границе раздела кирального и диэлектрического слоев, а также граничных условий на идеально проводящих стенках волновода. В результате была получена

система линейных алгебраических уравнений, равенство нулю определителя которой соответствует дисперсионному уравнению для собственных волн плоского кирально-диэлектрического волновода.

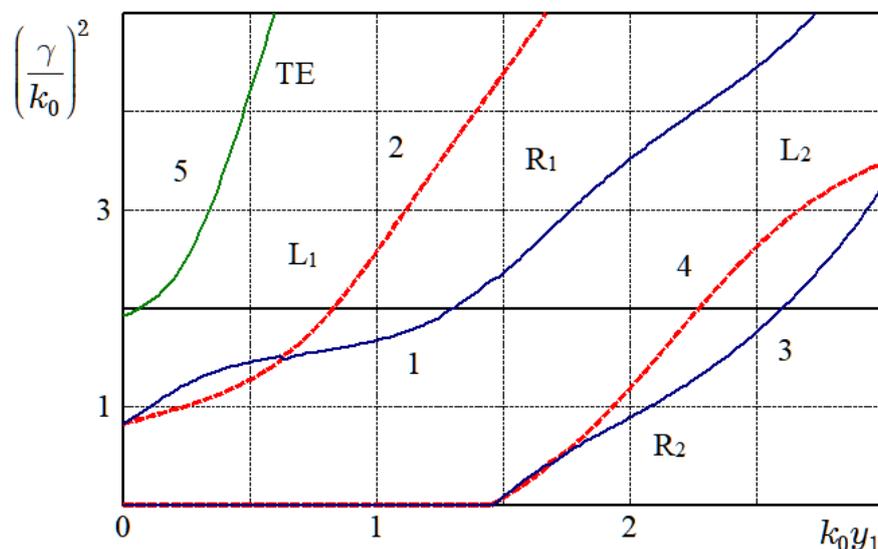


Рис. 2. Нормированные дисперсионные характеристики

На рис. 2 представлены зависимости квадратов нормированных постоянных распространения $(\gamma/k_0)^2$ собственных волн от нормированной толщины слоя из кирального метаматериала $k_0 y_1$ для кирально-диэлектрического волновода (k_0 – волновое число для плоской электромагнитной волны в вакууме). Из представленных дисперсионных характеристик видно, что киральность одного из слоев метаструктуры приводит к бифуркации собственных волн (одна волна с правозвращающейся поляризацией, вторая волна с левозвращающейся поляризацией). Для каждой из двух бифуркационных мод имеется некоторая частота вырождения, на которой распространение волн с правым и левым вращением происходит с одинаковой фазовой скоростью.

Список используемых источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J.C., Smith, D.R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen A. J. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media. London : Artech House, 1994. 291 p.
4. Неганов В. А., Осипов О. В. Отражающие, волноведущие и излучающие структуры с киральными элементами. М. : Радио и связь, 2006. 280 с.

УДК 628.32
ГРНТИ 87.53.13

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЛМЗ ИМ. К. ЛИБКНЕХТА

Н. Е. Манвелова, П. И. Тумаков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Гальваническое производство машиностроительных предприятий является загрязнителем водных объектов главным образом поверхностных и подземных водоёмов, ввиду образования больших объёмов сточных вод, содержащих ионы тяжёлых металлов, вредные примеси неорганических кислот и щелочей, поверхностно-активные вещества и другие высокотоксичные соединения. Для очистки СВ содержащих ИТМ наиболее эффективны системы локальной очистки.

очистка СВ от соединений тяжёлых металлов на ЛОС, повторное использование очищенной воды

АО «ЛМЗ им. К. Либкнехта» является ведущим машиностроительным предприятием, которое производит современную продукцию военного и гражданского назначения, востребованную на международных рынках.

Одной из основных экологических проблем предприятия является образование загрязнённых сточных вод гальванического производства. Сточные воды можно разделить на две группы: концентрированные – это отработанные технологические растворы с высокой концентрацией загрязняющих веществ, малые по объёму и промывные воды от отдельных технологических операций, имеющие большие объёмы и низкую концентрацию загрязняющих примесей. Концентрации основных загрязняющих веществ СВ гальванических производств приведены в таблице 1 [1].

Рассмотрим методы очистки промывных вод гальванического производства и сравним показатели концентраций загрязнений в СВ с концентрациями, допустимыми при сбросе в централизованную систему водоотведения (ДК цсв), значения которых представлены в таблице 2.

Существует несколько методов очистки СВ от ИТМ, освоенных в промышленных масштабах.

Реагентный метод заключается в переводе растворимых соединений ИТМ в нерастворимые при добавлении реагентов с последующим отделением их в виде осадков. В качестве реагентов используют $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и NaOH , Na_2S и т. д. [2].

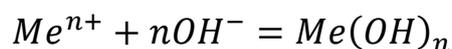
ТАБЛИЦА 1. Концентрации основных загрязняющих веществ цехов гальванопокрытий

Показатели	Промывные воды	Отработанные растворы
рН	3–11	3–11
Механические примеси, мг/л	До 50	До 300
Нефтепродукты, мг/л	До 2	До 50
Общее солесодержание, мг/л	500–1 000	10 000–300 000
Железо, мг/л	20–200	40 000–89 000
Хром шестивалентный, мг/л	10–80	50 000–250 000
Цианиды, мг/л	10–60	10 000–150 000
Медь, мг/л	10–50	10 000–150 000
Никель, мг/л	10–50	50 000–200 000
Цинк, мг/л	10–60	10 000–100 000
Кадмий, мг/л	5–30	5 000–50 000

ТАБЛИЦА 2. Исходные концентрации загрязнений сточных вод
АО «ЛМЗ им. К. Либкнехта»

Наименование	Выпуск № 1	Выпуск № 2	Смешение	Норматив ДК, мг/дм ³ [4]
фосфор фосфатов	3	6,8	5,33	0,2
железо общее	4,95	6,05	5,62	2,8
медь	0,18	0,1	0,07	0,16
цинк	0,15	0,21	0,19	0,38
никель	0,02	0,034	0,03	0,2
алюминий	0,75	0,8	0,78	1,3
марганец	0,25	0,15	0,19	0,45
ртуть	0,00058	0,00022	0,0003	0,0002
нефтепродукты	3,01	1,33	1,98	3,3
фенолы	0,037	0,077	0,06	0,034
СПАВ (анионоактивные)	0,72	1,82	1,39	5,0
СПАВ (неионогенные)	0,21	0,12	0,15	5,0
Жиры	1	2,6	1,98	–

В общем виде химическая реакция выглядит следующим образом:



Недостатками реагентного метода очистки является большое количество токсичных отходов – гальвано - шламов с высоким содержанием влаги, невозможность в большинстве случаев очистки сточных вод до уровня ПДК, большой расход реагентов и как следствие этого – дополнительное засоление очищаемой воды. Поэтому возврат воды после реагентного метода очистки используется крайне редко, так как существует достаточно большой риск ухудшения качества продукции.

Сорбционные методы. Эти методы заключается в фильтровании обрабатываемых сточных вод через слой сорбента или ионообменной смолы. Ионообменные свойства смол обусловлены наличием в них функциональных ионогенных групп кислотного или основного характера, которые подвижны и способны к обмену с катионами и анионами примесей, содержащимися в воде. Сорбенты типа активированных углей поглощают из СВ в основном органические примеси.

Электрохимическая очистка гальваностокос основана на применении процессов: восстановления примесей тяжелых металлов на катоде или их осаждения вследствие взаимодействия с продуктами катодной реакции; окисления примесей непосредственно на аноде и в объеме раствора продуктами анодной реакции; с последующей электрокоагуляцией или флотацией примесей газами, выделяющимися на электродах.

Сущность метода обессоливания обратным осмосом заключается в продавливании загрязненных сточных вод через полупроницаемые мембраны, которые пропускают растворитель (воду) и задерживают растворенные вещества [2]. В каждом отдельном случае выбор мембраны определяется характером загрязнений сточных вод.

Поскольку гальваническое производство является загрязнителем сточных вод ИТМ в ЛОС используются все перечисленные методы.

В течение длительного времени на территории АО «ЛМЗ им. К. Либкнехта», расположенном по адресу: Санкт-Петербург, Калининский р-н, ул. Чугунная, д. 14 наблюдалось регулярное превышение допустимых концентраций в сточных водах по показателям: фосфор фосфатов, железо общее, ртуть, фенолы, что обозначило необходимость создания локальных очистных сооружений. Данные по выпускам приведены в таблице 2 (см. выше).

После очистки СВ, содержащих ИТМ, на локальной очистной системе сточная вода поступает далее в общегородскую систему водоотведения.

ЛОС на ЛМЗ им. К. Либкнехта представляет собой установку, состоящую из четырёх технологических узлов: первичного отстойника; блок тонкослойных модулей; блок коалесцентных модулей; сорбционный фильтр (рис. 1). Сорбционный модуль представляет собой безнапорный фильтр, заполненный специальной зернистой загрузкой. При прохождении

через фильтрующий слой вода доочищается от соединений тяжелых металлов, а также эмульгированных и растворенных нефтепродуктов.

Тонкослойные модули применяются в качестве активных элементов, сгустителей, осветлителей, отстойников и т. д. Принцип работы: осветление воды происходит в наклонных каналах сотовой конструкции. При движении воды по каналу происходит осаждение взвешенных частиц на стенку канала. В результате скольжения осевших твердых частиц по наклонной поверхности каналов происходит их самоудаление из тонкослойного модуля. Сотовая конструкция блоков обеспечивает их высокую прочность при малой массе [5].

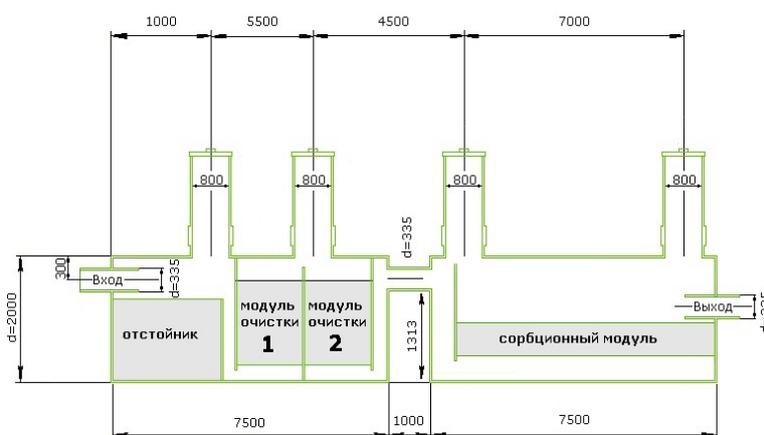


Рис. 1. Установка локальной очистки сточных вод содержащих ИТМ
АО «ЛМЗ им. К. Либкнехта»

Производительность ЛОС по очищенной СВ 50 л/с. Расчетный суточный объем всплывших нефтепродуктов составляет 0,0007 м³/сут. Удаление всплывших нефтепродуктов 1 раз в 3 месяца. Используется сорбент – «Новосорб».

На сегодняшний день перед предприятием стоит актуальная задача снижения объема водопотребления. В этой связи предложено реализация рециклического использования воды с использованием в качестве метода доочистки СВ очистку на установке обратного осмоса МА-50 (ООО «Руссфильтр») (рис. 2).

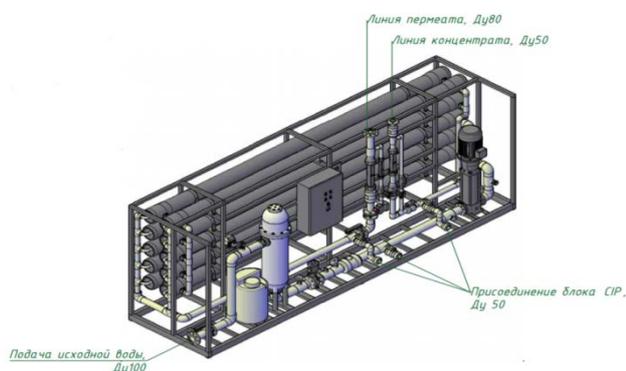


Рис. 2. Установка МА-50 (ООО «Руссфильтр»)

Установка для очистки сточных вод серии МА-50 используются в качестве локальных - для очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешен-

ных веществ, поверхностного стока с территорий промышленных площадок, автодорог, площадок автосервиса (АЗС, СТО, автостоянки и т. д.) до норм рыбохозяйственных водоемов [3]. Качество воды, очищенной на установке МА-50, позволяет также использовать эту воду повторно в технологических процессах производства.

Таким образом, вследствие наличия гальванических производств, имеющих значительные по объемам и по концентрациям сточные воды, содержащие ионы тяжелых металлов – машиностроительные предприятия являются одним из опасных источников загрязнения окружающей среды и представляют собой высокую экологическую опасность.

Наиболее эффективными с экологической и технической точки зрения являются системы локальной внутри цеховой очистки для удаления примесей соединений тяжелых металлов, до их поступления в систему общесплавной городской канализации.

При создании системы локальной очистки (ЛОС) целесообразно применение безреагентных механических (отстаивание, фильтрация) и физико-химических (сорбция) методов извлечения примесей из СВ. Для организации повторного использования очищенной на ЛОС воды предлагается использовать установку обратного осмоса МА-50.

Список используемых источников

1. Смирнова В. С., Худорожкова С. А., Ручкинова О. И. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых цветных металлов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. № 2. С. 405–417.
2. Красногорская Н. Н., Сапожникова Е. Н., Набиев А. Т., Головина А. В., Легуш Э. Ф., Пестриков С. В. Физико-химическое сопоставление реагентных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 114–115.
3. Свитцов А. А., Абылгазиев Т. Ж., Акобян А. А., Овсянников А. С. Мембранная техника в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – М., 1991. – 110 с.
4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98704 (дата обращения 10.01.2020).
5. Правительство Санкт-Петербурга, Комитет по энергетике и инженерному обеспечению; Об установлении нормативов водоотведения по составу сточных вод в централизованные системы водоотведения Санкт-Петербурга от 8 ноября 2012 года № 148 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gov.spb.ru/law?print&nd=537926463> (дата обращения 15.01.2020).
6. Коалесцентный модуль, коалесцентный фильтр, коалесцентный сепаратор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.i-stroy.su/modul.html> (дата обращения 15.01.2020).

УДК 621.395
ГРНТИ 49.46.29

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ АЭРОЗОЛЬНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО И ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНОВ В АТМОСФЕРЕ

Е. Р. Милютин¹, А. Ю. Яременко¹, Ю. И. Яременко²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
²ООО «РосохранТелеком»

В настоящее время наблюдается развитие атмосферных оптических систем передачи, которые применяются, в основном, для решения проблемы «последней мили». Их использование на трассах протяженностью более одного-двух километров ограничивается зависимостью от состояния атмосферного оптического канала и, главным образом, от потерь в аэрозолях. Отсюда вытекает необходимость исследования характеристик аэрозольных потерь, знание которых требуется для оценки эффективности атмосферных оптических систем передачи.

атмосферные оптические системы передачи, оценка аэрозольного ослабления.

В соответствии с мировыми тенденциями в процессе развития сетей связи приоритетными направлениями являются системы подвижной связи (СПС) и оптические системы передачи (ОСП). В настоящее время наблюдается развитие атмосферных оптических систем передачи (АОСП), которые применяются, в основном, для решения проблемы «последней мили». По данным производителей более 50 % оборудования АОСП приобретается операторами СПС для линий привязки базовых станций. Использование АОСП на трассах протяженностью более одного-двух километров ограничивается зависимостью от состояния атмосферного оптического канала (АОК) и, главным образом, от потерь в аэрозолях.

Согласно закону Бугера эти потери определяются следующим образом [1]:

$$\tau_a(\lambda) = \exp[-\alpha_a(\lambda)L], \quad (1)$$

где $\alpha_a(\lambda) = k_a(\lambda) + \sigma_a(\lambda)$, α_a – коэффициент аэрозольного ослабления; k_a и σ_a – коэффициенты аэрозольного поглощения и рассеяния соответственно; L – длина трассы.

Все перечисленные параметры АОК являются функциями длины волны излучения λ и времени t . В общем случае, для расчета коэффициента

ослабления α_a энергии волны в аэрозолях необходимо знать их микро-структуру и водность (интенсивность). На практике для расчета $\alpha_a(\lambda)$ применяют эмпирические соотношения, используя связь появления аэрозолей с снижением прозрачности атмосферы, характеризуемой метеорологической дальностью видимости (МДВ) – S_M и определяемой на длине волны $\lambda_0 = 0,55$ мкм, соответствующей порогу контрастной чувствительности глаза $\varepsilon_r = 0,02$

$$S_M = - \frac{\ln \varepsilon}{\alpha_a} = \frac{3,91}{\alpha_a \left[\frac{1}{\text{км}} \right]} = \frac{16,96}{\alpha_a \left[\frac{\text{дБ}}{\text{км}} \right]}, \text{ км} \quad (2)$$

Градации аэрозолей и связь с S_M приводятся в таблице [2].

ТАБЛИЦА. Градации аэрозолей и связь с S_M .

№ п/п	Вид аэрозоля	Метеорологическая дальность видимости S_M
1	Сильный туман	< 50 м
2	Умеренный туман	50–500 м
3	Слабый туман	500–1000 м
4	Сильная дымка	1–2 км
5	Умеренная дымка	2–4 км
6	Слабая дымка	4–10 км

Соотношение (2) позволяет непосредственно использовать S_M для определения коэффициента ослабления энергии волны. Для длин волн видимого и ближнего инфракрасного диапазонов, отличных от $\lambda = 0,55$ мкм, коэффициент ослабления за счет рассеяния определяется как:

$$\alpha_a = \frac{3,91}{S_M} \left(\frac{0,55}{\lambda_i} \right)^m, \quad (3)$$

где λ_i – волна, лежащая в окне прозрачности атмосферы; m – параметр, зависящий от S_M (при $S_M < 6$ км $m = 0,585 S_M^{1/3}$, для средних условий видимости $m = 1,3$, для очень хороших – $m > 1,5$).

Недостаток выражения (3) заключается в том, что коэффициент m не дифференцирован для $S_M < 6$ км, тогда как наибольшее ослабление лазерного излучения вызывают туманы с $S_M < 1$ км.

Поэтому в [3] на основе расчетов по точным формулам и экспериментальных данных были предложены дифференцированные значения m для $S_M < 6$ км:

$$m = \begin{cases} 0 & \text{при } S_M < 0,5 \text{ км,} \\ S_M - 0,5 & \text{при } 0,5 \text{ км} \leq S_M < 1 \text{ км,} \\ 0,16 S_M + 0,34 & \text{при } 1 \text{ км} \leq S_M \leq 6 \text{ км.} \end{cases}$$

Из этих выражений следует, что уже в случае умеренного тумана исчезает зависимость ослабления от длины волны, что, очевидно, можно объяснить тем, что с увеличением плотности тумана начинает проявляться взаимодействие капель друг с другом и исходное соотношение (1) не выполняется.

По мере увеличения длины волны с переходом в ИК диапазон в показателе преломления капель воды возрастает мнимая часть, обуславливающая поглощение лазерного излучения, и применение формул (3), (4) требует дополнительного расчета коэффициента поглощения, что уменьшает практическую ценность ее использования, хотя именно с дальним ИК диапазоном, в котором на $\lambda = 10,6$ мкм работает мощный лазер на CO_2 , связаны ожидания дальнейшего прогресса АОСП.

Полученные выше оценки коэффициента пропускания τ_a были выполнены на основе уравнения (3), применение которого для среднего ИК диапазона приводит к значительным ошибкам в величинах ослабления излучения. Кроме того, для АОСП с перспективным лазером на CO_2 ($\lambda = 10,6$ мкм) использование соотношения (3) вообще затруднительно, так как на ослабление излучения этого лазера преобладающее влияние оказывают линии поглощения в CO_2 и H_2O , а также непрерывное поглощение в водяном паре.

Поэтому для получения оценки коэффициента пропускания атмосферы на $\lambda = 10,6$ мкм могут быть использованы [4] данные экспериментальных исследований ослабления излучения CO_2 лазера.

Определенный экспериментально коэффициент ослабления излучения CO_2 лазера с $\lambda = 10,6$ мкм определяется суммой вкладов молекулярного поглощения в атмосферном углекислом газе α_{CO_2} , поглощения в континууме водяного пара α_{H_2O} и аэрозольного ослабления α_a :

$$\alpha_{\text{эксп}} = \alpha_{CO_2} + \alpha_{\Sigma} = \alpha_{CO_2} + \alpha_{H_2O} + \alpha_a.$$

Вклад молекулярного поглощения в атмосферном CO_2 оценивался на основе измерений концентрации CO_2 , а величина α_{CO_2} для основной линии генерации P_{20} лазера определялась по приближенной формуле [4]:

$$\alpha_{CO_2}(10,6) \cong \frac{6,36 \cdot 10^5}{T_T^{3/2}} \exp\left(-\frac{2230}{T_T}\right),$$

где T_T – температура воздуха в градусах Кельвина.

Коэффициент поглощения излучения в континууме водяного пара рассчитывался по известной формуле Берча

$$\alpha_{H_2O}(10,6) = 0,177 \frac{P_D^2}{T_T} \exp\left(\frac{1745}{T_T} - \frac{1745}{296}\right), \text{ км}^{-1},$$

где P_D – парциальное давление водяного пара в гПа.

Для выявления зависимостей в дальнейшем анализе использовались данные величин α_Σ и α_a .

Результаты обработки выделенных значений α_a показали, что МДВ можно использовать для оценок величин α_a в окне прозрачности атмосферы в среднем ИК диапазоне путем введения некоторого коэффициента связи a_c [4]:

$$\alpha_a(10,6) = \frac{a_c}{S_M}, \text{ км}^{-1},$$

где $a_c = \begin{cases} 0,28 & \text{для летних дымок,} \\ 0,98 & \text{для зимних дымок.} \end{cases}$

Относительные коэффициенты $\frac{\alpha_a(10,6)}{\alpha_a(0,55)}$ аэрозольного ослабления в летних дымках соответствуют континентальной сельской модели LOWTRAN-3В, аналогичные данные для зимних дымок ближе всего к данным, рассчитанным по морской полярной модели Нильсона

$$\frac{\alpha_a(10,6)}{\alpha_a(0,55)} \cong \begin{cases} 0,07 \pm 0,01 & \text{для летних дымок,} \\ 0,25 \pm 0,05 & \text{для зимних дымок.} \end{cases}$$

Измерения, выполненные в тумане и туманной дымке, подтвердили известный факт отсутствия спектральной селективности ослабления излучения в условиях низкой прозрачности.

Из (3)–(6) видно, что в большинстве случаев при всех S_M рассматриваемые волны испытывают меньшее ослабление, нежели $\lambda_0 = 0,55$ мкм, а $\lambda = 10,6$ мкм, как и следовало ожидать, меньше ослабляется при одинаковых S_M , чем $\lambda = 1,20$ мкм и $\lambda = 3,70$ мкм [2], что еще раз указывает на перспективность применения этой волны в АОЛС.

Результаты расчетов показали [2], что перерывы в работе современных АОСП километровой протяженности с энергетическим запасом в (40–60) дБ вызывает только появление умеренного и сильного туманов с $S_M < 0,2$ км. Поэтому для территорий, где предполагается использование АОСП, необходимо установить вероятность появления и время существования таких туманов. Подобные исследования активно проводятся в настоящее время в ряде европейских стран и в США.

Список используемых источников

1. Зуев В. Е. Распространение видимых и инфракрасных волн в атмосфере. М. : Сов. Радио, 1970. 496 с.
2. Милютин Е. Р. Атмосферные оптические линии связи в России // Вестник связи. 2008. № 2. С.89.
3. Kim I. I., McArthur R., Korevaar E. Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in for and haze for optical wireless communication // Proc. of SPIE. 2001. V. 4214. P. 26.
4. Милютин Е. Р., Сербин А. И., Яременко Ю. И. Законы распределения коэффициента прозрачности атмосферы для видимого и ИК излучений на горизонтальных трассах // Оптика атмосферы. 1991. Т. 4. № 8. С. 796–802.

УДК 004.4'277.2
ГРНТИ 28.23.33

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ МУЗЫКИ В СТИЛЕ WITCH HOUSE

М. Е. Нелюбова, Г. Г. Рогозинский

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена созданию алгоритма для генерации музыкального контента в стиле Witch House. Алгоритм представляет собой код, написанный на языке Csound. При запуске программы пользователь вводит параметры, определяющие генерацию мелодии, длительности, ритмики. Созданный алгоритмом контент должны быть максимально приближенными стилистически к жанру и представлять собой цельное музыкальное произведение.

алгоритмическая композиция, языки компьютерной музыки, Csound.

О создании алгоритмов для написания музыки задумывались задолго до изобретения компьютеров и вычислительных машин. Музыкальные экзерсисы по комбинаторному составлению мелодий начал испанский богослов XIII века Рамон Луллий. В XVII веке изобретение Луллия вдохновило немецкого иезуита Афанасиуса Кирхера на сочинение пятисотстраничного трактата «Универсальная музургия, или великое искусство созвучий и диссонансов» (*Musurgia Universalis*, 1650). Кирхер писал, что в любой области человеческой деятельности новое может быть достигнуто путем перебора небольшого числа основных элементов.

В начале XVIII века многие немецкие композиторы интересовались механическими методами композиции. Среди них: Лоренс Христоф Мицлер,

а также ученик И. С. Баха Иоганн Филипп Кирнбергер. В 1779 году австрийский композитор Максимилиан Штадлер выпустил наборы таблиц тактов для производства менуэтов и трио с помощью игральные кости. Примерно в то же время в Лондоне выходит сочинение, позволяющее «любому лицу, даже совершенно не сведущему в музыке, сочинять десять тысяч менуэтов в самой приятной манере и без единой ошибки». Аналогичные анонимные работы нередко приписывались известным композиторам, например, И. Гайдну.

Около 1859 года в Лондоне вышла книга «Мелографикон» с подзаголовком «Новое сочинение по теории музыки, позволяющее сочинять бесчисленное множество мелодий, благодаря которым молодые люди, имеющие вкус к поэзии, обретают возможность перелагать свои стихи на музыку для голоса и фортепиано без необходимости научных познаний в этом виде искусства» [1].

С появлением электромузыкальных инструментов и вычислительной техники композиторы смогли обогатить тембровую палитру и начать программировать музыкальные структуры. Первые образцы «машинной музыки» были представлены в конце 1950-х гг., когда кибернетики из США и СССР создали модели фугированных, серийных, алеаторических песенных форм. В результате многочисленных успешных экспериментов появились неожиданные по художественному результату музыкальные композиции, поразившие воображение не только публики, но и самих создателей. В настоящее время композиторы-математики изобретают новые машины для сочинения музыки [2].

Стиль Witch house (витч-хаус) – это направление электронной танцевальной музыки, вдохновленное оккультными мотивами и часто мрачной эстетикой. На музыку Witch house оказали влияние хип-хоп, брейк, индустриальные звуки и нерегулярные шумы. Термин Witch House была впервые использован для определения жанра в 2009 году Трэвисом Эгеди (*PicturePlane*). Несмотря на свое название, Witch House не является поджанром популярной хаус-музыки (см. рис., ниже).

С точки зрения звука, для жанра характерно использование искаженных сэмплов и призрачных атмосфер, с протяженными синтезаторными линиями и измененным по высоте вокалом. Звуки размыты эффектами временной обработки. Нередко использование хоруса и большого количество реверберации, при экстремальной компрессии микса.

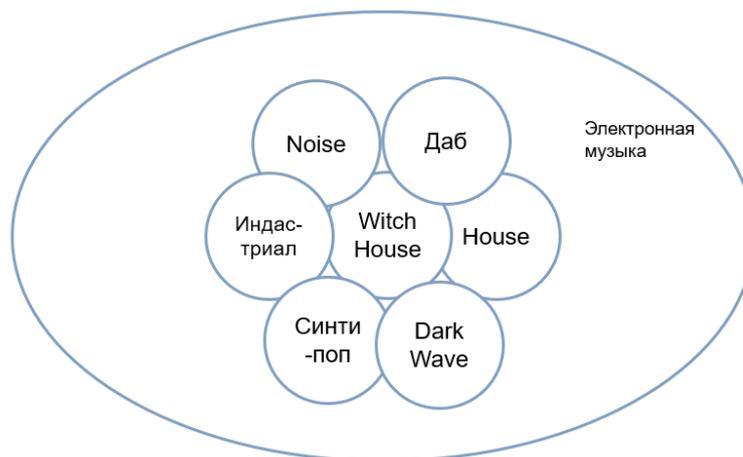


Рис. Witch House и его связь с другими стилями электронной музыки

С алгоритмической точки зрения язык музыки обладает тремя замечательными особенностями. Во-первых, среди всех языков искусств это единственный рекурсивно-параллельный. В музыкальном произведении некоторые темы могут существовать одновременно, копироваться, рекурсивно погружаться друг в друга, взаимодействовать между собой. Анализируя многие рекурсивные системы, связанные с развитием во времени природных процессов, человек наблюдает только «копии копий» – далекие отражения загадочных событий – и пытается по этим следам распознать основу – раскрутить рекурсию вспять. Для некоторых случаев даже существование базиса системы проблематично, хотя сам процесс рекурсивности развития сомнений не вызывает» [3].

Во-вторых, язык музыки интерпретируется человеком на схемном уровне: у музыкальных тем нет имен каждый волен давать им свои имена. В музыкальном произведении человек наблюдает схему развития некоторых абстрактных категорий. Придавая категориям конкретный смысл, получаем одну из возможных интерпретаций.

В-третьих, язык музыки дискретно-непрерывен. Дискретен звукоряд, непрерывность проявляется в возможности плавных переходов одного звука в другой. У человека, по всей видимости, также существуют 2 уровня мышления: дискретный, задаваемый словами, и непрерывный – на уровне потока сознания. Специалисты по вычислительной технике приходят к убеждению, что наиболее перспективны для задач искусственного интеллекта дискретно-аналоговые вычислительные системы.

Отмеченные выше факторы позволяет нам формально подойти к описанию такого стиля музыки как Witch House. В начале анализа была собрана база из наиболее характерных для данного жанра композиций (свыше 100 композиций более чем 60 авторов). Каждая композиция разбивалась на структурные элементы. Определялась длина трека, темп в ударах в ми-

нугу, ритмический рисунок. Для каждого структурного элемента устанавливалась его длина, нота, роль и место в композиции. Из некоторых элементов составлялись паттерны, повторяющиеся в ходе композиций. Произведя разбор и анализ треков, мы смогли установить общие правила для исследуемого стиля и найти наиболее частые звуковые решения.

В основном, витч-хаус построен на основе трехчастной формы. Её называют также песенной или тернарной. Различаются 2 вида трёхчастной формы – простая и сложная; в простой каждый раздел является периодом, средний может быть и коротким переходом; в сложной – каждый раздел представляет собой, как правило, двухчастную или простую трёхчастную форму. В основном, в треках жанра витч-хаус трек начинается со вступления. После первой трети песни начинается основная часть, которая включает в себя несколько инструментов и мелодий. Затем следует кульминация, после которой следует спад. Завершение трека перекликается с началом.

Большинство композиций в жанре витч-хаус написаны в диапазоне темпов от 90 до 130 ВРМ (*beats per minute*). Как и большинство стилей электронной танцевальной музыки, витч-хаус базируется на системе так называемых паттернов (*pattern*), размер 1, 2 или 4 такта. Наиболее подвижным в ритмическом плане является рисунок тарелок (*hats*), который, как и в других стилях пост-хип-хоп музыки, характеризуется вкраплениями 32 и 64 длительностей, а также триольных структур.

Мелодия, как правило, строится на диатонике. Как правило, мелодия гомофонная, однако часто обрабатывается арпеджио. В ладу иногда встречаются пониженные ступени, например, вторая пониженная, что придает музыке мрачный колорит.

В тембральном плане, за исключением ритм-секции, можно выделить бас, пэд и лид. Большая часть звуков – синтезированные, в основном, с использованием субтрактивного синтеза. В основе многих тембров в витч-хаусе комплекс из нескольких расстроенных пилообразных сигналов.

Представление выше соображения требуют дальнейшей алгоритмизации. Это позволит на их основе написать генеративный код на языке компьютерной музыки Csound.

Список используемых источников

1. Гарднер М. Путешествие во времени; пер. с англ. Ю. А. Данилова. М. : Мир, 1990. 336 с.
2. Гантер Б., Хенкель Х., Вилле Р. Музыка и математика. Зальцбургские беседы о музыке 1984 под председательством Герберта фон Караяна. М. : Наука, 1994. 125 с.
3. Анисимова А. В. Информатика. Творчество. Рекурсия. Киев : Наукова думка, 1988. 224 с.

УДК 537.876.46
ГРНТИ 47.45.99

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХСЛОЙНЫХ КИРАЛЬНЫХ МЕТАСТРУКТУР ДЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СВЧ ЭНЕРГИИ

О. В. Осипов, Д. М. Семенченков

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Работа посвящена расчету электромагнитных характеристик двухслойного кирального метаматериала с целью концентрации СВЧ энергии в плоскости структуры. В работе получены выражения для коэффициентов отражения и прохождения плоской электромагнитной волны СВЧ от планарного двухслойного кирального метаматериала на основе тонкопроволочных идеально проводящих микроспиралей. Проведен расчет частотных зависимостей коэффициентов отражения и прохождения и определены частоты, на которых возможна концентрация энергии.

метаматериал, киральная среда, сверхвысокочастотное излучение, концентрация энергии, модель Максвелла-Гарнетта.

Современный этап характеризуется созданием новых искусственных материалов, которые проявляют в определенных частотных диапазонах электромагнитные свойства, нетрадиционные для материалов естественного происхождения [1, 2]. Такие материалы называются метаматериалами. Также с 90-х гг. XX века активный интерес исследователей представляет изучение так называемых киральных сред, которые, по сути, представляют собой метаматериалы на основе элементов зеркально асимметричной формы. Киральный метаматериал (КММ) – это композитная среда, которая представляет собой совокупность равномерно размещенных проводящих зеркально асимметричных элементов в однородном контейнере. Для описания материальных параметров метаматериала используется, например, модель Максвелла-Гарнетта, позволяющая рассчитать эффективную диэлектрическую проницаемость метаматериала в целом. Также для описания КММ используется относительный параметр киральности, определяющий степень взаимовлияния электрических и магнитных процессов в искусственной киральной среде.

В предлагаемой работе исследуется метаструктура, состоящая из двух планарных киральных слоев с различными материальными параметрами. Каждый из двух слоев создается на основе тонкопроволочных микро-

спиралей, размещенных на одинаковом расстоянии друг от друга в диэлектрическом контейнере. Упрощенная геометрия задачи показана на вставке к рис.

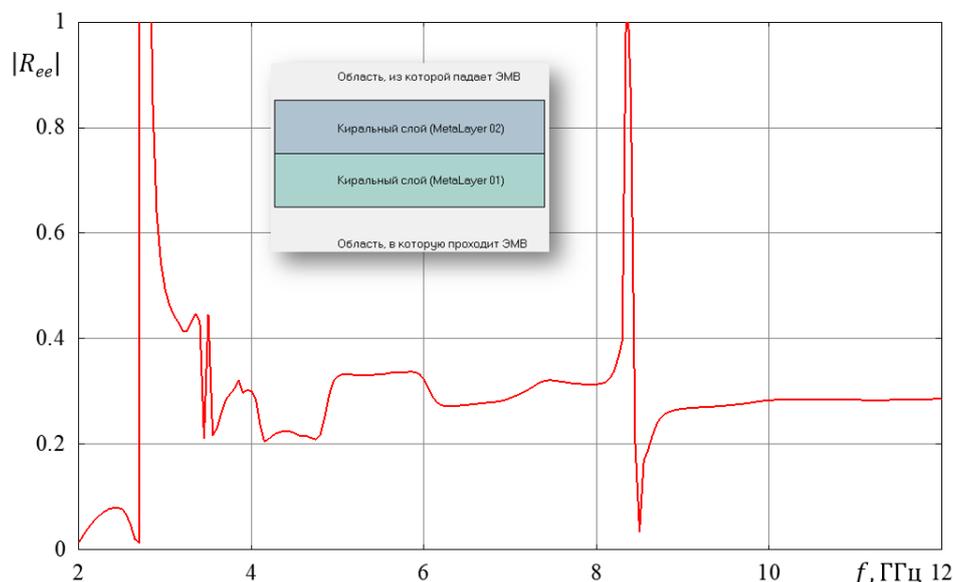


Рис. Зависимость модуля коэффициента отражения основной компоненты от частоты

На исследуемую метаструктуру из вакуума (область 1) падает плоская однородная электромагнитная волна с линейной поляризацией под произвольным углом. Как известно [3, 4], при взаимодействии поля с КММ возникает явление кросс-поляризации, то есть возникновения ортогонально поляризованных компонент поля в структурах поля отраженной и прошедшей волн. Также известно, что в КММ распространяются две волны с право и левокруговыми поляризациями [3].

Для описания киральной среды будем использовать материальные уравнения в нотации Линделла-Сиволы [3]:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \mp i\chi \vec{H}, \quad \vec{B} = \mu \vec{H} \pm i\chi \vec{E}, \quad (1)$$

где ε, μ – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости среда; χ – относительный параметр киральности.

Для вычисления эффективной диэлектрической проницаемости используется модель Максвелла-Гарнетта с учетом дисперсионных соотношений для киральной среды:

$$\frac{\varepsilon - \varepsilon_s}{\varepsilon + 2\varepsilon_s} = \alpha \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_s}{\varepsilon_c + 2\varepsilon_s}; \quad \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2};$$
$$\chi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)},$$
(2)

где ε – относительная эффективная диэлектрическая проницаемость метаматериала; ε_s – относительная диэлектрическая проницаемость спирального элемента; α – объемная концентрация спиральных элементов в контейнере; c – скорость электромагнитной волны в вакууме; A – параметр, имеющий размерность длины и связанный с расстоянием между элементами; β_0 – параметр, имеющий размерность частоты и связанный с внутренними процессами в среде; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрического контейнера, в котором размещаются спирали.

Задача решалась следующим образом. Были получены выражения для векторов электромагнитного поля в каждом из двух киральных слоев с использованием соотношений (1) и (2), а также во внешних вакуумных областях 1 и 4. Данные соотношения содержат неизвестные коэффициенты отражения и прохождения основной и кросс-поляризованной компонент полей, а также локальные коэффициенты отражения и прохождения волн с право и левокруговыми поляризациями в киральных слоях.

На следующем этапе были использованы стандартные граничные условия, заключающиеся в равенстве тангенциальных составляющих векторов электромагнитного поля на границах раздела областей. В результате относительно неизвестных коэффициентов получена система из 12-ти алгебраических уравнений, которая далее решалась численными методами. При расчетах для материальных параметров киральных слоев использовались соотношения (2).

На рис. приведен типичный пример для исследуемого метаматериала зависимости модуля коэффициента отражения основной компоненты от частоты. Как видно из рис., на частотах 2,72 и 8,4 ГГц от метаматериала электромагнитная волна практически не отражается. Более того, что на этих частотах модули коэффициента прохождения равны 0,17 и 0,1, соответственно. Данный факт описывает ситуацию, что на данных частотах СВЧ волна «захватывается» метаматериалом, то есть происходит ее концентрация внутри двух киральных слоев. Этот эффект может быть использован при создании СВЧ-хабов для концентрации СВЧ энергии с целью дальнейшего преобразования в постоянный электрический ток при помощи ректенн.

Список используемых источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J. C., Smith, D. R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen A. J. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media. London: Artech House, 1994. 291 p.
4. Неганов В. А., Осипов О. В. Отражающие, волноведущие и излучающие структуры с киральными элементами. М. : Радио и связь, 2006. 280 с.

УДК 535.012

ГРНТИ 29.31.15

**О ВОЗМОЖНОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА
ПРИ ПОМОЩИ КИРАЛЬНЫХ СТЕКОЛ****О. В. Осипов, Н. А. Цилимбаев**

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Работа посвящена расчету оптических характеристик отражения и прохождения световых волн через киральные стекла, представляющие собой оптические метаматериалы. Проведен расчет частотных зависимостей коэффициентов отражения и прохождения и определены частоты, на которых возможна концентрация энергии. Доказана возможность концентрации оптической энергии инфракрасного диапазона системой из трех киральных стекол, разделенных между собой двумя воздушными зазорами (аналог двойного стеклопакета, в котором кварцевые стекла заменены на киральные).

метаматериал, киральная среда, оптическое излучение, концентрация энергии, киральное стекло.

Как известно, современный этап развития новых материалов характеризуется активным исследованием метаматериалов оптического и СВЧ диапазонов. Метаматериал представляет собой композиционную среду на основе хотя бы двух различных материалов и проявляет уникальные свойства, по сравнению с естественными средами. В частности, именно в метаматериалах возможно отрицательное преломление и преодоление субволнового предела [1, 2, 3].

В оптике широкоую известность получили оптически активные среды, обладающие свойством киральности (хиральности) и позволяющие вращать

плоскость поляризации световой волны. В данной работе рассматривается, так называемое, киральное стекло. Киральное стекло представляет собой либо кварцевое стекло с внедренными атомами другого зеркально асимметричного элемента, либо стекло с сильно различающимися концентрациями левых и правых форм кварца.

С другой стороны, в настоящее время одной из важных проблем является развитие альтернативной энергетики. Основными источниками получения концентрированной энергии Солнца являются солнечные панели и солнечные электростанции.

В данной работе предлагается способ создания киральных стекол, позволяющих концентрировать энергию оптических волн ИК диапазона, в то время как волны видимого диапазона проходят через стекла без поглощения. Общий принцип концентрации оптической энергии заключается в следующем. При создании кварцевых стекол необходимо придать им киральные свойства, то есть либо добавить зеркально асимметричные атомы других химических элементов, либо изменить соотношение концентраций левых и правых форм кристаллов кварца.

Киральное стекло описывается следующими материальными уравнениями:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \mp i\chi \vec{H}, \quad \vec{B} = \vec{H} \pm i\chi \vec{E}, \quad (1)$$

где $\varepsilon = n^2$ – относительная диэлектрическая проницаемость, соответственно; χ – параметр киральности среды; n – показатель преломления. Соотношения (1) записаны в Гауссовой системе единиц.

При решении задачи учитывалась дисперсия материальных параметров [4]:

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2}; \quad \chi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)},$$

где A – параметр, связанный с линейным расстоянием между атомами; β_0 – показатель, связанный с внутренними процессами в метаматериале; c – скорость света; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость кварца; ω_0 – резонансная частота.

В данной работе было исследование прохождения плоской электромагнитной волны оптического диапазона через три планарных киральных стекла, разделенных двумя воздушными камерами. Задача решалась в три этапа. Сначала были определены векторы электромагнитного поля оптической волны в семи областях (3-х киральных стеклах, двух внутренних воздушных камерах и двух внешних воздушных областях). Далее неизвестные

коэффициенты отражения и прохождения находились из системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), полученных из граничных условий на границах раздела всех областей. Далее полученная СЛАУ из 24 уравнений решалась численными методами. В работе было проведено численное моделирование характеристик отражения и прохождения волн оптического диапазона через киральное стекло, которое показало, что возможна ситуация преобразования нормально падающего оптического излучения вблизи длины волны 850 нм в рассеяние в плоскости кирального стекла.

На рис. 1 (см. ниже) показано распределение модуля напряженности электрического поля на длине волны 850 нм в направлении, перпендикулярном двойному киральному стеклопакету.

Во второй камере наблюдается значительная степень концентрации оптической энергии. В дальнейшем сконцентрированная энергия распространяется во второй камере кирального стеклопакета, подобно планарному оптическому волноводу и может быть преобразована в постоянный электрический ток с помощью пленочных фотодиодов, размещенных на торцах камеры.



Рис. 1. Распределение поля в двойном стеклопакете из киральных стекол

Заметим, что в видимом диапазоне длин волн концентрации энергии в камерах и киральных стеклах не происходит, то есть оптическая волна проходит через двух камерный стеклопакет практически без потерь.

На рис. 2 приведен схематично общий механизм концентрации оптической волны ИК диапазона в системе из киральных стекол. Ультрафиолет и видимый диапазон проходит сквозь двойной стеклопакет из киральных стекол без потерь, в то время как в ИК диапазоне наблюдается концентрация оптической энергии в одной из камер.

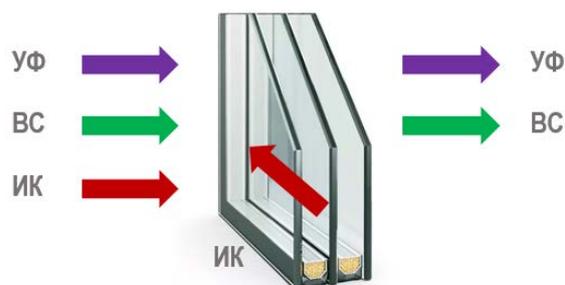


Рис. 2. Принцип работы

Список используемых источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J. C., Smith D. R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Pendry J.B. Negative Refraction Makes a Perfect Lens // Physical Review Letters, 2000. V. 85 (18): 3966–9.
4. Semchenko I. V., Tretyakov S. A., Serdyukov A. N. Research on chiral and bianisotropic media in Byelorussia and Russia in the last ten years // Progress in Electromagnetics Research, 1996. V. 12. P. 335.

УДК 504.054
ГРНТИ 87.15.91

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ Г. КУДРОВО

А. С. Перевышко, В. И. Стурман

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена актуальному в настоящее время анализу экологической обстановки, который основывается на сборе и обработке фондовых и графических материалов и результатов мониторингов, проводимых ранее. Приводятся сведения о расположении города, наличии и влиянии источников загрязнения, общей экологической обстановке района, в котором находится город. Также выявляются экологические проблемы, характерные для района в целом и для города в частности и способы улучшения экологической обстановки, применяемые в городе.

экологическая обстановка, экологические проблемы, город-спутник, река Оккервиль, выбросы, промышленные зоны, незаконные свалки.

Для всех городов характерны общие экологические проблемы – это проблемы, в большей или меньшей степени характерные для всех густонаселенных городов, в том числе и для городов-спутников. Исследованию этого аспекта, в том числе и разработке новых подходов и методов исследования посвящено достаточно большое количество научных работ, в частности [1, 2]. Также можно выделить локальные проблемы, характерные для конкретных населенных пунктов. Анализ экологической ситуации в конкретном населенном пункте необходим не только для последующего поиска способов для решения проблем в данном населенном пункте, но и для решения проблем в соседних населенных пунктах, а также обобщения опыта для многих городов.

Кудрово – город в Заневском городском поселении Всеволожского района Ленинградской области. Расположен вплотную к восточной границе Санкт-Петербурга внутри КАД. Население на 1 января 2019 года – 31 577 человек. На территории города протекает река Оккервиль. Ландшафт равнинный, спускающийся к пойме реки Оккервиль. Ленинградская область относится к зоне умеренного климата, переходного от океанического к континентальному, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом.

Генеральный план г. Кудрово показан на рис. 1.

На экологическую ситуацию в Кудрово влияет как экологическая обстановка в самом Кудрово, так и ситуация с экологическими проблемами района, в котором находится Кудрово.

С точки зрения экологической обстановки в самом городе, Кудрово испытывает давление выбросов загрязняющих веществ со стороны Санкт-Петербурга, в частности, промышленных предприятий, расположенных на территории СПб.

Преобладающие ветра выносят в район выбросы от крупнейших жилых зон «Ржевка», «Нева», «Промышленная зона в районе улицы Салова». Крупнейшим загрязнителем является Южная ТЭЦ Ленэнерго и ТЭЦ-5. Город опоясывает одна из самых напряженных автострад—КАД. На рис. 2 (см. ниже) приведена схема расположения промышленных зон на карте Санкт-Петербурга.

На территории города есть потенциально опасные пожаро- и взрывоопасные объекты, одна автозаправка газа и одна бензиновая автозаправка, множество стоянок автотранспорта, открытых, крытых и подземных. Основные источники загрязнения: населенные пункты, места скопления автотранспорта.

Запыленность воздуха в населенных пунктах обусловлена их неблагоустроенностью и плохой уборкой улиц, а также разрушением газонов паркующимся автотранспортом и выносом грунта на дороги и тротуары.

Накопления загрязняющих веществ в атмосфере не происходит. Сильный ветровой режим, равнинная местность не дают задерживаться и накапливаться выбросам, приносимым из Санкт-Петербурга.

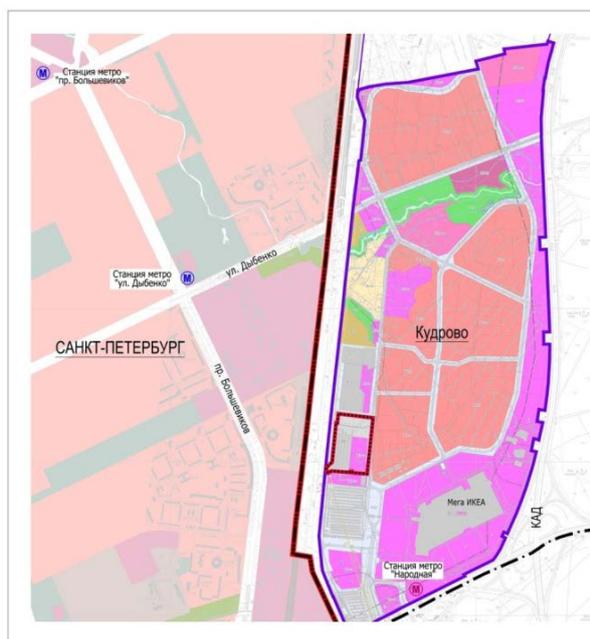


Рис. 1. Генеральный план г. Кудрово

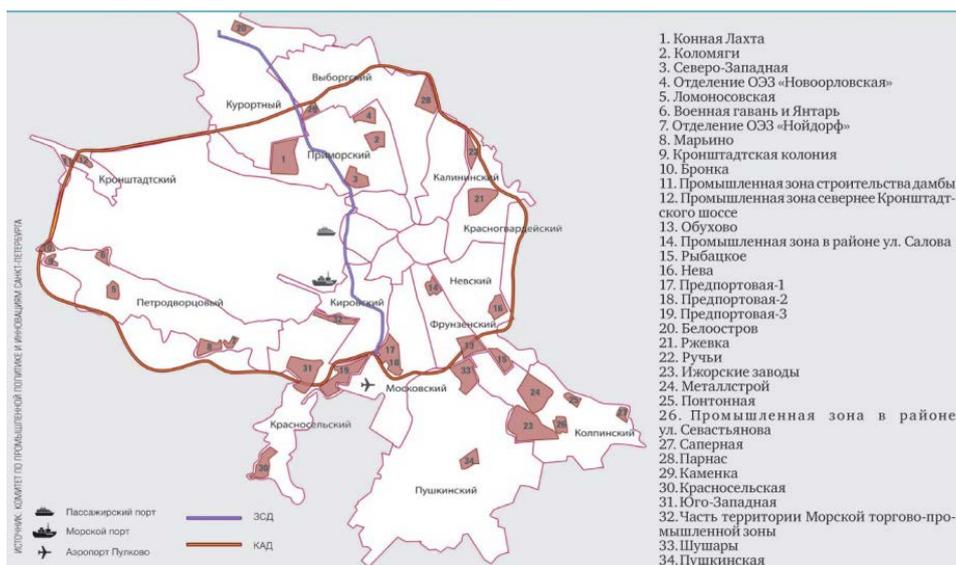


Рис. 2. Схема расположения промышленных зон на карте СПб

Одной из самых важных экологических проблем для района является проблема городского мусора и бытовых отходов. В связи с резким ростом численности населения с 2010 по 2020 годы, а также мусорной политикой, ситуация с вывозом мусора неоптимальная.

Однако, в настоящее время ситуация с переработкой и пунктами приема вторсырья благодаря мощному общественному движению гораздо лучше, чем в среднем по области. В Кудрово есть крупный пункт сбора на территории МЕГА-Дыбенко – единая сортировочная станция для раздельного сбора отходов, а также 43 пункта приема отдельных категорий вторсырья по всему городу. Карта расположения пунктов приема вторсырья по г. Кудрово приведена на рис. 3 (см. ниже).

Из региональных экологических проблем – проблем района, затрагивающих г. Кудрово, очень актуально подкисление окружающей природной среды [3]. Влияние на территорию района значительное. Около 70–80 % всей площади сельхозугодий района страдают от подкисления и нуждаются в периодическом известковании.

Загрязнение окружающей природной среды тяжелыми металлами. Обнаружено на землях в радиусе 40—50 км от С.-Петербурга. Основные элементы-загрязнители: свинец, цинк, никель, кобальт, медь. Почвы в полосе шириной 50 м в каждую сторону от автомобильных дорог с интенсивным движением загрязнены свинцом.

Наиболее загрязненными реками в районе являются Охта, Черная (дер. Новосаратовка), Оккервиль, Морье, Лубья, Авлога, Вьун, Дубровка.

Токсичные и радиоактивные отходы район не принимает.

В целом, по официальным данным, экологическая обстановка на территории района благоприятная для проживания людей и животных.

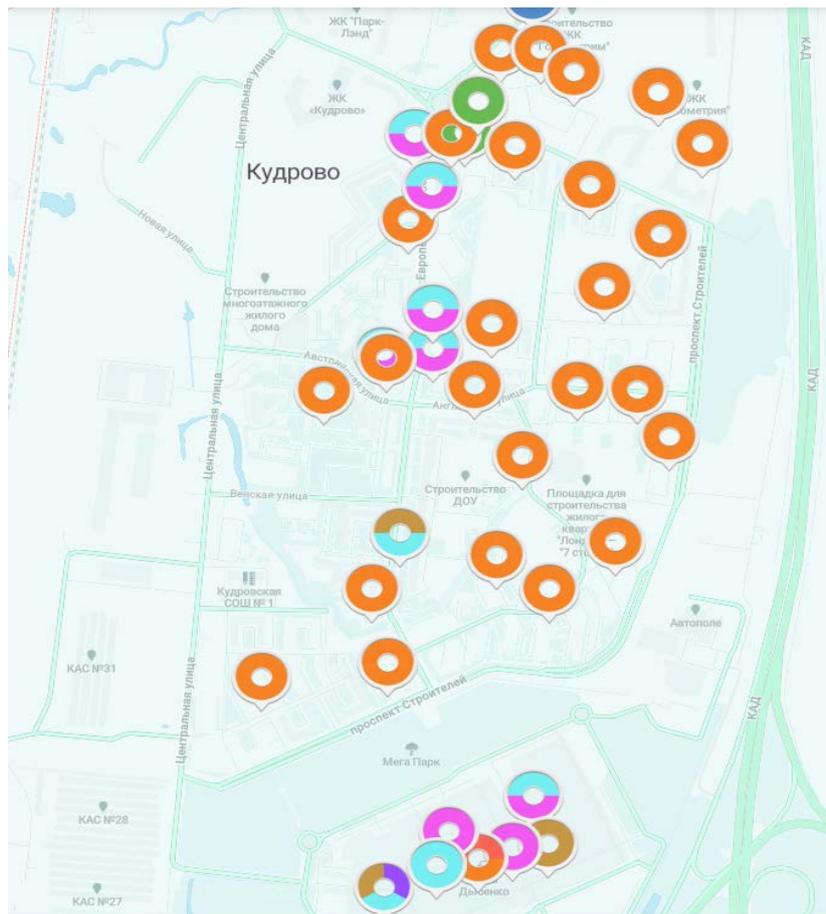


Рис. 3. Карта расположения пунктов приема вторсырья по г. Кудрово

Еще одной очень серьезной проблемой является то, что на территории района и на территории города были обнаружены и обнаруживаются до сих пор незаконные свалки (рис. 4).



Рис. 4. Пример свалки на территории г. Кудрово

На границе с Петербургом в промзоне «Соржа – Старая» каждую ночь горят незаконные мусорные полигоны. Площадь свалок – 12 га. Покрышки, пластик, строительный мусор сжигают с 2014 года.

В рамках общественного экологического мониторинга активисты МОО «Зеленый Фронт» [4] выявили на огражденном земельном участке в Кудрово свалку отходов различных классов опасности. Свалка расположена неподалеку от путепровода Нева на выезде из СПб по Народной улице. Строительные отходы, автомобильные покрышки, емкости из-под горюче-смазочных материалов и красок были размещены на почве, а рядом с ними соседствовала кустарная печь для сжигания отходов. Зола от сжигания мусора сбрасывалась неподалеку (рис. 5).



Рис. 5. Кустарная печь для сжигания отходов

Общественные организации и власти борются с этими явлениями – в течение 2019 года в Ленинградской области ликвидировано 1 048 незаконных свалок, наибольшее количество захламлённых участков ликвидировано во Всеволожском (223), Выборгском (156) и Приозерском (112) районах. Однако, множество незаконных свалок до сих пор функционируют, сжигают мусор и сливают свои отходы, в том числе в реку Оккервиль (рис. 6, см. ниже).

Также неоднократно был зафиксирован сброс загрязняющих веществ в реку Оккервиль и ее притоки с территорий строек.

Экологические проблемы Кудрово – проблемы, непосредственно влияющие на здоровье и условия проживания населения. Загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши напрямую влияют на качество жизни.

Как город, Кудрово относится к критической категории экологического состояния (классификация по Кочурову), а во время часа пик, когда на дорогах значительно возрастает количество автомобилей, или во время горения незаконных свалок, категория повышается до катастрофической.

В целом, проблемы города не являются масштабными и непоправимыми. При усилении контроля за незаконными сбросами и выбросами, при решении транспортных проблем, развитии общественного транспорта, экологическая ситуация может быть значительно улучшена.



Рис. 6. Сброс загрязняющих веществ в реку Оккервиль

Список используемых источников

1. Петрянина Л. Н., Булдыгина А. А., Бармотина А. А. Экологические проблемы и пути их решения в условиях современно города // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 89.

2. Поздняков А. Л. Экологические проблемы городов и поселений в России и за рубежом // Известия Юго-Западного Государственного Университета. 2016. № 3 (20). С. 109–115.

3. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2017 году. Ежегодный доклад об экологической ситуации в Ленинградской области [Электронный ресурс]. URL : <http://old.nature.lenobl.ru/programm/rept/ЕКО2015> (дата обращения: 27.01.2020).

4. Межрегиональная экологическая общественная организация «Зеленый фронт», Ленинградская область [Электронный ресурс]. URL: <http://greenfront.su/region/lenobl> (дата обращения: 27.01.2020).

УДК 004.627
ГРНТИ 47.55.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ КВАНТОВАНИЯ ВЕЙВЛЕТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

А. М. Перекупка, Г. Г. Рогозинский

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье приводятся результаты исследования характера распределения шумов квантования вейвлетных коэффициентов при сжатии звука с потерями. В качестве объекта исследования используется экспериментальный алгоритм сжатия звуковых сигналов на основе пакетных вейвлетов. Дано описание характера распределения шумов квантования вейвлетных коэффициентов, алгоритм их исследования и соответствующие выводы.

сжатие звуковых сигналов с потерями, вейвлеты, квантование.

В работе Фадеева Д. Р. и Рогозинского Г. Г. [1], посвященной перцепционному сжатию звукового сигнала с потерями с использованием кодека на основе вейвлетного преобразования, была обнаружена зависимость между формой энергетического частотного спектра вейвлетных коэффициентов для шумов квантования при наличии шума в определенной полосе и номером тестируемой полосы. При этом огибающая их спектра модулирована некой функцией, частота которой увеличивается в сторону более узких вейвлетных полос (рис. 1).

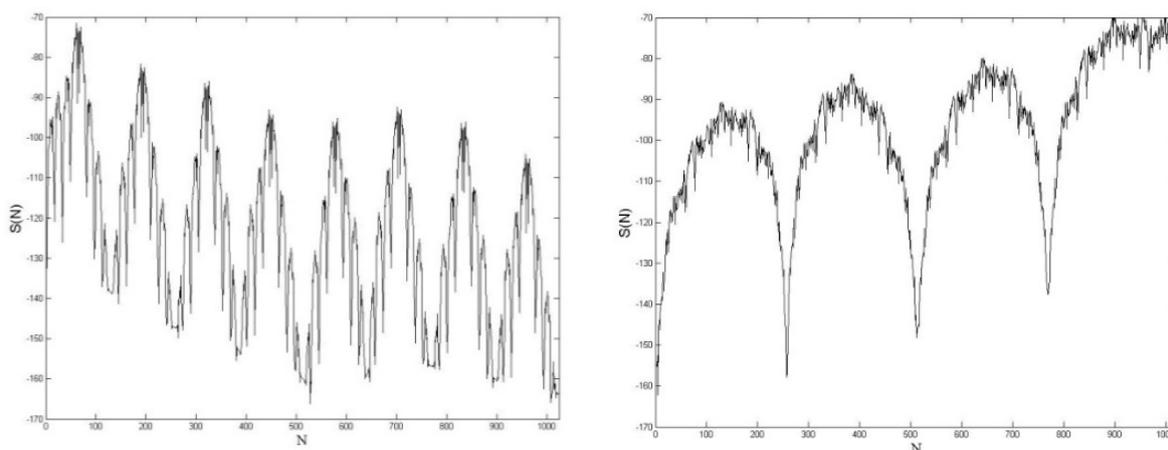


Рис. 1. Энергетический частотный спектр вейвлетных коэффициентов для шумов квантования при наличии шума в полосе 9 и 25. Вейвлет Добеши 4

Для исследования зависимости огибающей спектра от номера полосы было использовано симметричное дерево вейвлетной декомпозиции, что дало возможность получить спектр шумов квантования в каждом терминальном узле, также использование симметричного дерева дискретного вейвлетного преобразования является общим случаем разложения сигнала, в отличие от пакетного дискретного вейвлетного преобразования, применяемого в некоторых вейвлетных кодеках для моделирования критических полос слуха человека (рис. 2).

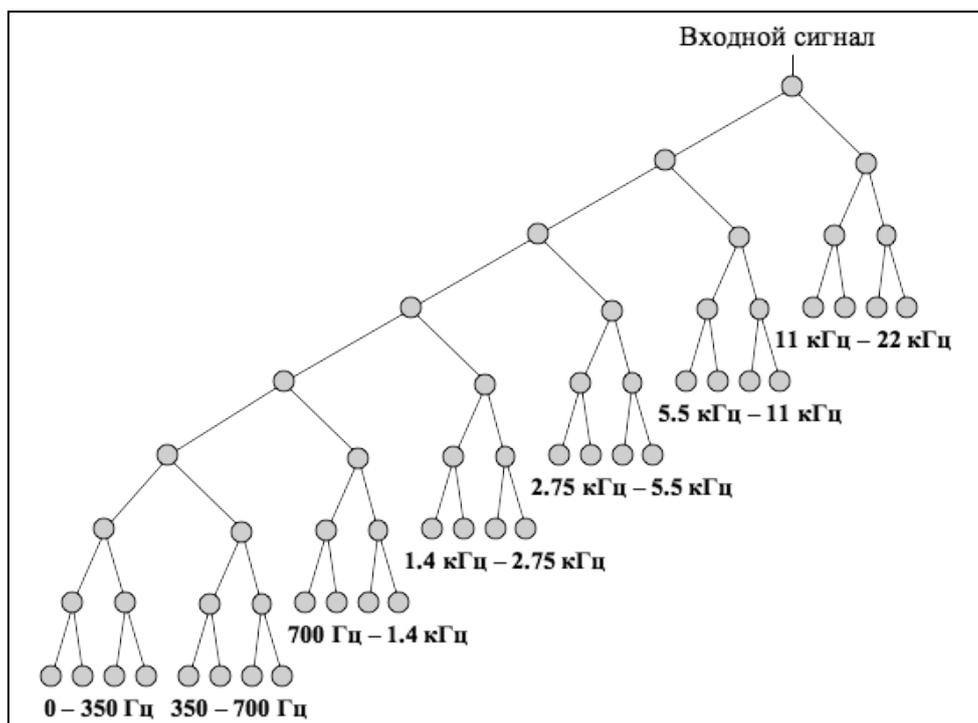


Рис. 2. Дерево вейвлетной декомпозиции, аппроксимирующее критические полосы слуха

Как было сказано выше, огибающая спектра квантования вейвлетных коэффициентов шумов квантования зависит от номера узла дерева. При исследовании данной зависимости были получены следующие результаты для симметричного дерева вейвлетного преобразования (рис. 3).

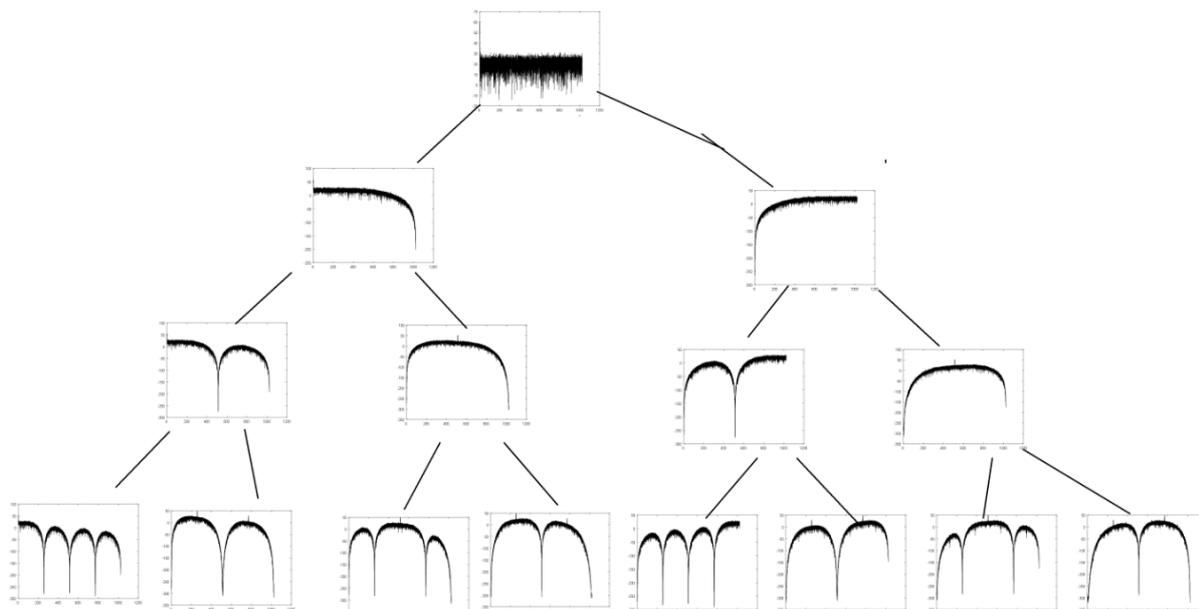


Рис. 3. Симметричное дерево вейвлетной декомпозиции для первых трех уровней декомпозиции (нулевой уровень – входной сигнал) и спектр вейвлетных коэффициентов для шумов квантования при наличии шума в определенном терминальном узле

Исходя из полученных результатов на данном этапе исследования можно сделать следующие выводы:

- С ростом уровня узла разложения растет частота огибающей спектра.
- При симметричном дереве разложения вейвлетных коэффициентов огибающая спектра имеет зеркальный характер (спектр полосы $[0; fs/4]$ и $[fs/s; fs]$).

- Огибающая спектра имеет ось симметрии, которая находится на частоте $fs/4$.

- Огибающая спектра имеет периодическую структуру, состоящую из паттернов (максимумы и минимумы АЧХ).

- Максимумы и минимумы АЧХ являются целыми делителями fs (рис. 4).

- Можно выделить 4 ключевых узла (3 уровень) – данный уровень содержит полный алфавит паттернов. Спектр шумов квантования последующих уровней состоит из различных вариаций данных паттернов.

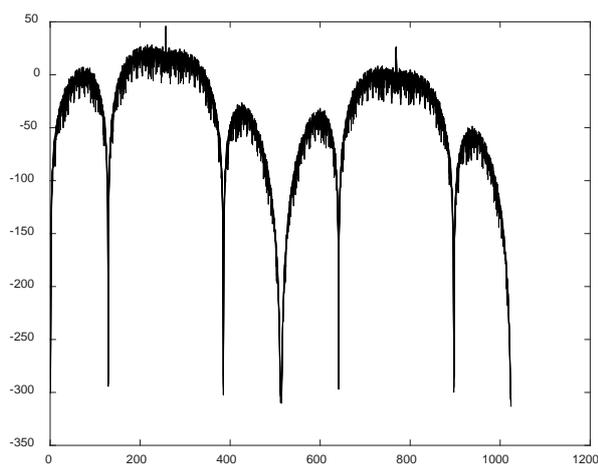


Рис. 4. Спектр вейвлетных коэффициентов для шумов квантования для 4-го уровня 2-го узла

Список используемых источников

1. Rogosinsky G. G., Fadeyev D. R., Fadeyev A. A., Smirnov A. V., Ivanova Yu. I. The method of psychoacoustic model adaptation to wavelet domain based on quantization matrix // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2019. № 4. С. 64–69.

УДК 537.876.46
ГРНТИ47.45.99

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ И ПРОХОЖДЕНИЯ ОСНОВНОЙ ВОЛНЫ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ ВОЛНОВОДЕ С ПОПЕРЕЧНОЙ ДИАФРАГМОЙ ИЗ КИРАЛЬНОГО МЕТАМАТЕРИАЛА

О. В. Осипов, С. А. Пименова

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В работе проводится расчет модулей коэффициентов отражения и прохождения основной волны прямоугольного волновода при ее дифракции на поперечной диафрагме из кирального метаматериала. При решении задачи были учтены дисперсионные зависимости материальных параметров кирального слоя. Метаматериал описывался моделью Максвелла-Гарнетта.

метаматериал, киральная среда, волновод, дисперсия, прямоугольный волновод, диафрагма.

В настоящее время активно изучаются электромагнитные свойства различных метаматериалов, которые создаются путем размещения элементов различной формы в диэлектрическом контейнере [1, 2]. Одним из классов метаматериалов являются киральные метаматериалы, когда элементы обладают зеркально асимметричной формой [3, 4].

Работа посвящена расчету модулей коэффициентов отражения и прохождения основной волны прямоугольного волновода при ее дифракции на поперечной диафрагме из кирального метаматериала.

Плоский киральный слой создается на основе тонкопроволочных проводящих спиральных элементов, которые равномерно распределены в диэлектрическом контейнере. Расстояния между проводящими спиральными элементами одинаковые и оно соотносятся с длиной основной волны в прямоугольном волноводе. Спирали хаотически ориентированы в диэлектрическом контейнере. Геометрия задачи приведена на рис. 1 (см. ниже).

Исследуемая структура представляет собой прямоугольный волновод, в поперечной плоскости которого размещена диафрагма из кирального метаматериала.

Киральная диафрагма описывается материальными уравнениями в модели Линделла-Сиволы [3]:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \mp i \xi \vec{H}, \quad \vec{B} = \mu \vec{H} \pm i \xi \vec{E},$$

где ε, μ – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости киральной диафрагмы, соответственно; ξ – относительный параметр киральности диафрагмы.

Эффективная диэлектрическая проницаемость киральной диафрагмы в работе описывалась моделью Максвелла-Гарнетта с учетом дисперсии материальных параметров:

$$\frac{\varepsilon - \varepsilon_s}{\varepsilon + 2\varepsilon_s} = \alpha \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_s}{\varepsilon_c + 2\varepsilon_s}; \quad \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_c + \frac{\beta_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2};$$

$$\xi(\omega) = \frac{A\beta_0^2\omega}{c(\omega_0^2 - \omega^2)},$$

где ε – эффективная диэлектрическая проницаемость метаматериала; ε_s – относительная диэлектрическая проницаемость тонкопроволочной спирали; α – объемная концентрация киральных элементов в диэлектрическом контейнере; c – скорость электромагнитной волны в вакууме; A – параметр, связанный с линейным расстоянием между киральными элементами; β_0 – параметр, связанный с процессами поляризации в киральном слое; ε_c – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрического контейнера, в котором размещаются киральные элементы.

Задача решалась с помощью двухсторонних приближенных граничных условий для тонкого кирального слоя, полученных в работах В. А. Неганова и О. В. Осипова [4].

На первом этапе были записаны выражения для векторов электромагнитного поля основной волны прямоугольного волновода в областях слева и справа от диафрагмы. Далее полученные выражения были подставлены

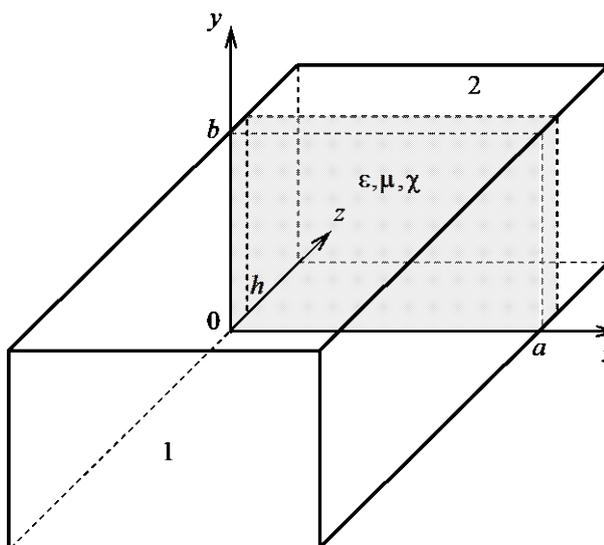


Рис. 1. Геометрия задачи

в двухсторонние приближенные граничные условия для тонкого слоя из кирального метаматериала, в результате чего была получена система относительно неизвестных коэффициентов отражения и прохождения основной и кросс поляризованной компонент поля. Заметим, что вследствие кросс-поляризации поля в киральной диафрагме наряду с основной (падающей) волной H_{10} , возбуждается волна H_{01} .

На рис. 2 представлены результаты численного расчета частотных зависимостей модулей коэффициентов отражения R_{10} , R_{01} и прохождения T_{10} , T_{01} волн H_{10} и H_{01} . Из рисунка видно, что вблизи частоты отсечки $f_{H_{01}} = 15$ ГГц волны H_{01} наблюдается увеличение модулей её коэффициентов отражения R_{01} и прохождения T_{01} .

В результате численного моделирования построены частотные зависимости модулей коэффициентов отражения и прохождения волны через киральную диафрагму, а также зависимости КСВН от параметра киральности диафрагмы. Также в работе описан метод определения параметра киральности диафрагмы путем измерения КСВН.

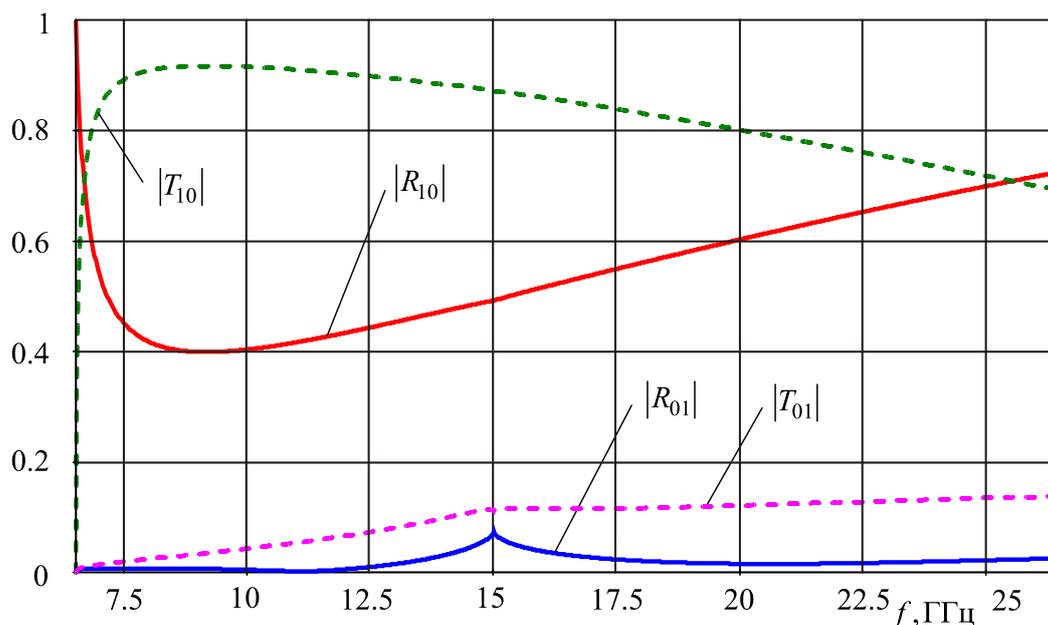


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициентов отражения и прохождения

Список используемых источников

1. Capolino F. Theory and Phenomena of Metamaterials. CRC Press/Taylor & Francis, 2009. 992 p.
2. Tie J. C., Smith, D. R., Ruopeng Liu. Metamaterials: Theory, Design and Application. Springer, 2010. 376 p.
3. Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A., Viitanen A. J. Electromagnetic waves in chiral and bi-isotropic media. London: Artech House, 1994. 291 p.

4. Неганов В. А., Осипов О. В. Отражающие, волноведущие и излучающие структуры с киральными элементами. М. : Радио и связь, 2006. 280 с.

УДК 006.88
ГРНТИ 84.15.23

ПРОБЛЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ С ВИДЕОКАНАЛОМ

К. А. Польщиков

СКБ «Энергия»

На сегодняшний день цифровая обработка изображения наиболее широко применяется в системах видеоаналитики для детектирования заданных параметров изображения. Это позволяет расширять возможности систем видеонаблюдения в части функций по распознаванию нестандартных ситуаций, лиц и других объектов, предусмотренных алгоритмом обработки изображения. В последнее время цифровая обработка изображения применяется в системах пожарной автоматики для детектирования очагов открытого пламени и дыма. Это привело к появлению нового типа пожарных извещателей – пожарных извещателей с видеоканалом. Вместе с тем, их разработка, испытания и сертификация затруднены ввиду отсутствия соответствующих стандартов и методик испытаний. В работе рассматриваются проблемы испытаний пожарных извещателей с видеоканалом и предлагаются варианты решения.

пожарный извещатель, видеоканал.

В последнее время алгоритмы обработки изображения нашли свое применение в системах пожарной автоматики, где они используются для детектирования очагов открытого пламени и дыма. Внедрение алгоритмов обработки изображения привело к появлению нового типа пожарных извещателей – пожарных извещателей с видеоканалом обнаружения (ИПВ). Это автоматические пожарные извещатели, в которых обнаружение признаков пожара происходит путем цифровой обработки изображения контролируемой зоны, рис. ИПВ применяются в местах, где возможно появление открытого пламени или дыма.

Ввиду того, что ИПВ планируется к использованию в системах автоматизированной пожарной безопасности в качестве пожарного извещателя, для успешного внедрения на рынок и применения необходимо удовлетворение ИПВ требованиям к пожарным извещателям, устанавливаемым пожарными нормативно-правовыми актами (НПА). В Российской Федерации требования к устройствам пожарной автоматики, в частности к пожарным

извещателям, устанавливает ГОСТ Р 53325-2012 [1]. Таким образом, целью настоящей работы является анализ трудностей, которые могут возникнуть при испытаниях ИПВ.



Рис. Детектирование признаков пожара пожарным извещателем с видеоканалом обнаружения

В настоящее время требования ГОСТ Р 53325-2012 распространяются только на традиционные типы пожарных извещателей: дымовые пожарные извещатели, пожарные извещатели пламени, аспирационные извещатели и др. Отсутствие требований государственных стандартов к ИПВ сдерживает внедрение и расширение сфер применения ИПВ.

Исходя из требований ГОСТ Р 53325-2012 можно предположить, что основной проблемой, при испытаниях ИПВ по методикам испытаний дымовых пожарных извещателей и пожарных извещателей пламени, будет являться низкая устойчивость ИПВ к воздействию прямого света или фоновой освещенности, создаваемых внешними источниками освещения, находящимися в контролируемой зоне. Это обусловлено тем, что помимо функций дымового пожарного извещателя и пожарного извещателя пламени ИПВ выполняет также функции телевизионной камеры, что делает его чувствительным к изменению уровня освещенности в контролируемой зоне [2]. Чувствительность ИПВ зависит от свойств сенсора и алгоритмов цифровой обработки получаемого изображения. Эквивалентная светочувствительность может быть выражена через экспозицию H , получаемую матрицей, в люксах на секунду. Для усреднённого объектива с фокусным расстоянием f , намного меньшим, чем расстояние до объекта съёмки, экспозиция составляет:

$$H = \frac{qLt}{N^2},$$

где L – яркость объекта съёмки в канделах на квадратный метр, t – выдержка в секундах, N – диафрагменное число, q определяется равенством:

$$q = \frac{\pi}{4}Tv(\theta)\cos^4\theta,$$

где T – коэффициент пропускания объектива, $v(\theta)$ – коэффициент виньетирования, θ – угол относительно оптической оси объектива.

По методикам, приведенным в НПА для традиционных пожарных извещателей, при прямой засветке ИПВ источником света, находящимся в контролируемой зоне и создающим освещенность 250 лк, может возникать эффект засветки матрицы. Эффект засветки матрицы заключается в том, что ячейки ПЗС матрицы переполняются зарядами (засвечиваются), заряды ‘растекаются’ по соседним ячейкам, засвечивая и их. Это приводит к появлению «пробитых» областей на изображении – изображений, лишенных информации. Максимальная светочувствительность, определяемая по точке насыщения, рассчитывается:

$$S_{sat} = \frac{78}{H_{sat}},$$

где H_{sat} – максимальная экспозиция, не приводящая к появлению «пробитых» областей, коэффициент 78 принят из-за того, что калибровка экспонометров основывается на измерении серой карты с отражательной способностью 18 %.

Таким образом, при засветке ИПВ может выдать ложное срабатывание при появлении признаков пожара в контролируемой зоне, что не позволит сертифицировать его как пожарный извещатель. Следовательно, на основании анализа обработки информации в ИПВ, можно сделать вывод о том, что решения, применяемые для обеспечения устойчивости пожарного извещателя пламени к прямой засветке, могут не подойти для ИПВ ввиду ряда конструктивных и функциональных особенностей. В связи с этим необходимо предварительно определить возможные способы испытаний ИПВ как пожарного извещателя. Для решения данной проблемы можно предложить два возможных варианта испытаний ИПВ.

Первый вариант заключается в достижении устойчивой работы ИПВ при наличии в контролируемой зоне источника света, создающего освещенность 250 лк и испытаниях ИПВ по утвержденным методикам согласно требованиям ГОСТ Р 53325-2012.

Второй вариант заключается в разработке проекта изменения к ГОСТ Р 53325-2012, а именно добавление главы, устанавливающей требования к ИПВ. Предварительно, в новой главе должны быть учтены требования к тестовым очагам пожара, а также к контролируемым в ходе огневых испытаний параметрам окружающей среды, требования к чувствительности и стабильности работы ИПВ, требования к устойчивости ИПВ при изменении фоновой освещенности и другие требования.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная; технические средства пожарной автоматики; общие технические требования и методы испытаний. М. : Изд-во стандартов, 2012, IV.

2. Неплохов И. Г. Извещатели пламени. Часть 1. Источники излучения, ингибиторы и т. д. // Алгоритм безопасности. 2014. № 4. С. 86–89.

*Статья представлена доцентом кафедры ТВиМ,
Кандидатом технических наук, доцентом О. В. Украинским.*

УДК 621.396.6
ГРНТИ 47.45.29

СПОСОБ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИХОДА ПОЛЕЗНЫХ СИГНЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ РАДИОЛИНИЙ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

**Ю. И. Пшигоцкий, П. Н. Федоров, Д. В. Чистяков,
Н. А. Штерцер, В. И. Яшин**

Военная академия связи

Проблема повышения помехозащищенности радиолиний с подвижными объектами в условиях наличия неточной априорной информации о направлении прихода полезного сигнала является актуальной, несмотря на большое число работ, посвященных этой теме. В работе рассмотрены варианты решения задачи адаптивной пространственной фильтрации сигналов при наличии и отсутствии точной априорной информации о направлении полезного сигнала. Предложен альтернативный подход к решению задачи адаптивной пространственной фильтрации сигналов при отсутствии точной априорной информации о направлении прихода сигнала.

адаптивная антенная решетка, пространственно-временная обработка сигналов, вектор весовых коэффициентов.

Точная оценка направления прихода сигналов является актуальной задачей при обработке сигналов в ААР, размещенных на подвижных объектах.

Несмотря на то, что решению такой задачи было посвящено большое количество научных работ [1, 2, 3, 4] её практическая реализация сопряжена с рядом ограничений, без учета которых оценка будет неточной.

Механическое и электронное сканирование секторов пространства не позволит обеспечить высокую скорость оценки сигналов.

Альтернативным решением такой задачи может быть использование технологии пространственно-временной обработки сигналов с использованием адаптивных антенных решеток, расположенных на подвижных объектах.

Точность оценки направления прихода сигнала является критичной, когда оптимизация выходного сигнала ААР осуществляется по критерию максимума отношения мощности сигнала к суммарной мощности помех и шума на выходе решетки (МОСП) [1]. При этом расчеты векторов весовых коэффициентов ААР осуществляется по алгоритму:

$$\vec{W}_i(t + \Delta t) = \vec{W}_i(t) - \mu [\vec{V}_{yi} - \vec{Y}(t)\vec{X}_i^*(t)], i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где $\vec{W}_i(t)$ – текущее значение i -го весового коэффициента, Δt – интеграл временной дискретизации, \vec{V}_{yi} – значение i -го управляющего сигнала, $\vec{Y}(t)$ – взвешено суммированный (выходной) сигнал, $\vec{X}_i(t)$ – сигнал, принятый i -м антенным элементом адаптивной антенной решетки, μ – коэффициент усиления (передачи), * – операция комплексного сопряжения.

Такой алгоритм основан на предположении, что управляющие сигналы \vec{V}_{yi} , где $i = \overline{1, N}$ точно определяют направления прихода полезного сигнала, его частоту, а также учитывают характеристики антенной решетки (линейность расположения антенных элементов, расстояния между ними). То есть, когда $\vec{V}_{yi} = \vec{V}_{ci}$, где \vec{V}_{ci} – сигналы, принимаемые i -ми антенными элементами [1].

В дальнейшем вектора \vec{V}_{yi} и \vec{V}_{ci} можно представить следующими образом:

$$\begin{aligned} \vec{V}_y(\theta_y) &= [\vec{V}_{y1} \vec{V}_{y2} \dots \vec{V}_{yn}]^T \\ \vec{V}_c(\theta_c) &= [\vec{V}_{c1} \vec{V}_{c2} \dots \vec{V}_{cn}]^T, \end{aligned}$$

где θ_y и θ_c – предполагаемое и реальное направления прихода сигнала, T – знак, обозначающий операцию транспонирования. Тогда выражение (1) можно представить в векторной форме:

$$\vec{W}(t + \Delta t) = \vec{W}(t) - \mu [\vec{V}_y(\theta_y) - \vec{Y}(t)\vec{X}^*(t)],$$

где $\vec{W}(t)$ – N -мерный вектор весовых коэффициентов (ВВК):

$$\begin{aligned}\vec{W}(t) &= [\vec{W}_1(t)\vec{W}_2(t) \dots \vec{W}_n(t)]^T \\ \vec{X}(t) &= [\hat{X}_1(t)\hat{X}_2(t) \dots \hat{X}_n(t)]^T,\end{aligned}$$

где $\vec{X}(t)$ – вектор, составляющие которого являются оценки сигналов с выходов АЭ, а

$$\vec{Y}(t) = \vec{W}^H(t)\vec{X}(t) \quad (2)$$

это сигнал адаптивной антенной решетки (выходной сигнал ААР).

Однако в радиолиниях с подвижными объектами условия (2) выполняются крайне редко. Как правило, можно говорить о выполнении условия (2) с точностью до условия: $\theta_c \in [\theta_{y1} \div \theta_{y2}]$, где θ_{y1} , θ_{y2} левая и правая границы сектора, в пределах которого приходит полезный сигнал. В случае, если $\theta_y \neq \theta_c$ и вектор $\vec{V}_c(\theta_y)$ не коллинеарен $\vec{V}_c(\theta_c)$, то есть не совпадает с точностью до постоянного коэффициента, то применение алгоритма (1) может привести к непреднамеренному подавлению полезного сигнала, а глубина непреднамеренного подавления полезного сигнала прямо пропорциональна входному отношению мощности полезного сигнала к уровню шума, величины ошибки в алгоритмах данных о направлении прихода полезного сигнала (углового расстояния между векторами $(\vec{V}_y(\theta_y)$ и $\vec{V}_c(\theta_c)$) [2, 5].

Известный [1] способ снижения эффекта непреднамеренного подавления полезного сигнала при оптимизации по критерию МОСП заключается в формировании двух опорных сигналов с различными частотами, определяющими величину сектора возможного прихода сигнала. Тогда алгоритм расчета весовых коэффициентов можно представить выражением:

$$\vec{W}_i(t + \Delta t) = \vec{W}_i(t) - \mu [\vec{V}_{y_i} - \vec{Y}(t)\vec{Z}_i^*(t)],$$

где $\vec{W}_i(t)$ – текущее значение i -го весового коэффициента $\vec{W}_i(t + \Delta t)$ – значение i -го ВК в момент времени $(t + \Delta t)$, Δt – интервал временной дискретизации, \vec{V}_{y_i} – значение i -го управляющего сигнала, $Y(t)$ – взвешенно суммированный сигнал, $\vec{Z}_i(t)$ – суммарный сигнал полученный в результате сложения i -го принятого сигнала и i -х составляющих первого и второго опорных сигналов, μ – коэффициент усиления (передачи).

Таким образом, рассчитанные весовые коэффициенты, а также преобразование сигналов, поступающих на вход антенной решетки из различных направлений верхней части полупространства, позволяют осуществлять прием полезного сигнала при одновременном подавлении помех. При этом диаграмма направленности (ДН) ААР будет иметь более широкий главный лепесток, который будет перекрывать угловой сектор, в котором предполагается приход полезного сигнала. Несмотря на некоторые снижения ОСПШ на выходе ААР, такой способ пространственно-временной обработки сигналов позволяет избежать непреднамеренного подавления полезного сигнала при отсутствии точной априорной информации о направлении прихода полезного сигнала.

В случае, когда расчет ВВК осуществляется при отсутствии полезного сигнала, решение оптимизационной задачи по критерию минимума входной мощности на выходе ААР можно представить в следующем виде:

$$\vec{W} = \beta R_{\text{пш}}^{-1} \vec{V}_y(\theta_y),$$

где $R_{\text{пш}}$ – корреляционная матрица (КМ) помех и шумов, β – нормирующий множитель. При наличии полезного сигнала на входе ААР, алгоритм расчета ВВК сходится к вектору:

$$\vec{W} = \beta R_{xx}^{-1} \vec{V}_y(\theta_y),$$

где $R_{xx} = R_{ce} + R_{\text{пш}}$, R_{xx} – КМ выходных сигналов, R_{ce} – КМ полезного сигнала.

Недостаток такого решения – это сравнительно низкая помехозащищенность приема сигналов при отсутствии точной априорной информации о направлении прихода полезного сигнала.

Для оценки эффективности различных алгоритмов обработки сигналов по критерию МОСП было проведено имитационное моделирование трехэлементной адаптивной антенной решетки в условиях воздействия одной прицельной помехи [3].

Исходные данные для моделирования: N – число АЭ = 3; d – линейное расстояние = $\frac{\lambda}{2}$ (м); λ – длина волны = 1 м; $\theta_{\text{п}} = 10^\circ$ – угол прихода помехи; входное отношение сигнал/шум 10 у $(\frac{P_c}{\delta^2_M}) = 10$ дБ; входное отношение помеха/шума $10 \lg(\frac{P_{\text{п}}}{\delta^2_M}) = 20$ дБ; $\theta_{y1} = 25^\circ$, $\theta_{y2} = 55^\circ$ – сектор углов прихода сигнала; $\theta_c = 40^\circ$ – угол прихода сигнала θ_c (град).

Результаты имитационного моделирования показали, что решения оптимизационной задачи при отсутствии точной априорной информации о направлении прихода полезного сигнала существенно снижают ОСПШ

на выходе ААР [2]. Кроме того, в ряде сигналов это может привести к непреднамеренному подавлению полезного сигнала.

Зависимость выходного ОСПШ адаптивной антенной решетки от угла прихода сигнала при различных алгоритмах оптимизации векторов весовых коэффициентов. На рис. показаны три графика зависимости ОСПШ от угла прихода полезного сигнала [5].

Кривая № 1 (рис.) иллюстрирует потенциально достижимое ОСПШ на выходе ААР, кривая № 2 (рис.) представляет алгоритм, функционирующий при наличии точной априорной информации о направлении прихода сигнала в заданном секторе, кривая № 3 (рис.) демонстрирует робастный алгоритм расчета ВВК по критерию МОСП.

В работе предложен способ формирования диаграммы направленности адаптивной антенной решетки на основе предварительного внесения изменений ДН, который позволит исключить непреднамеренное подавление полезного сигнала при неточной априорной информации о направлении прихода полезного сигнала в радиолиниях с подвижными объектами.

Вывод: робастный алгоритм расчета ВВК не обеспечивает выходного ОСПШ на уровне, который обеспечивает алгоритм, синтезированный при наличии точной априорной информации о параметрах полезного сигнала. Вместе с тем, это альтернативный подход к решению задачи, когда в ходе пространственной эволюции подвижного объекта практически исключена вероятность подавления полезного сигнала.

Список используемых источников

1. Марчук Л. А. Робастные алгоритмы АПФ сигналов с неточно известными параметрами фильтрации // Радиотехника. 1997. № 11. С. 3–7.
2. Марчук Л. А., Гиниятуллин Н. Ф., Колинко А. В. Анализ алгоритмов минимизации мощности входного сигнала в ААР // Радиотехника и электроника. 1998. № 1. С. 53–58.
3. Монзинго Р. А., Миллер Т. У. Адаптивные антенные решетки. Введение в теорию. М. : Радио и связь, 1986. 446 с.
4. Иванов С. А., Карпов И. Н. Разработка перспективного варианта дистанционного способа управления настройкой рамочной КВ антенны зенитного излучения по-

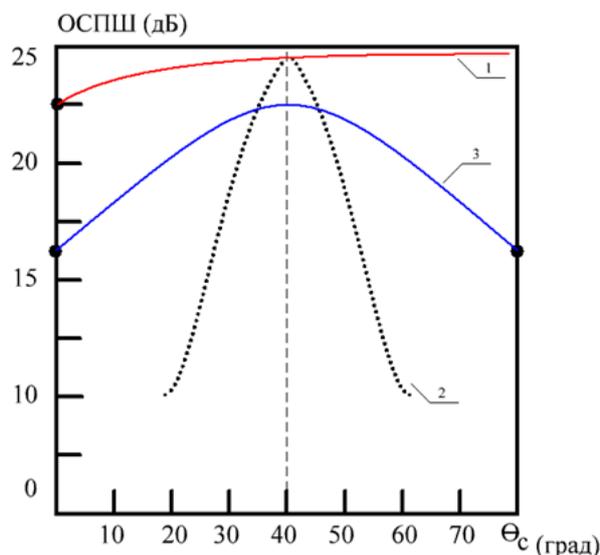


Рис. Зависимость выходного ОСПШ ААР от угла прихода полезного сигнала

движных объектов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. в 4 т. 2017. С. 188–191.

5. Черемисин О. П., Ратынский М. В. и др. Эффективный проекционный алгоритм адаптивной пространственной фильтрации // Радиотехника и электроника. 1994. Т. 39. № 2. С. 259–263.

УДК 519.876.5
ГРНТИ 47.55.35

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Е. Р. Роговский, Г. Г. Рогозинский

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье дается описание методики моделирования виртуальных устройств динамической обработки звуковых сигналов на примере соответствующей группы модулей из инструментария программно-аппаратного комплекса Clavia Nord Modular G2. Дано описание функционала основных модулей группы и раскрыта методика моделирования соответствующих устройств. Полученный подход может быть распространен на различные устройства, как программные, так и аппаратные.

динамическая обработка, модульные системы, моделирование.

Поскольку предметом работы являются цифровые системы, то данное исследование направлено, в первую очередь, на решение определённого комплекса задач по максимально точному описанию внутренних алгоритмов преобразования электрического сигнала, на которых основывается принцип действия устройств цифровой нелинейной обработки.

Данный комплекс включает в себя следующие этапы:

1. Выбор информационного домена для проведения исследований (в нашем случае – программное обеспечение для ПК) и построение принципиальной модели системы нелинейной обработки
2. Получение амплитудных характеристик (АХ) исследуемой схемы преобразования при различных режимах её работы
3. Построение математической модели систем нелинейного преобразования на основе полученных АХ

Выбор информационного домена

В качестве программной среды выбрано ПО Nord Modular G2 Demo фирмы Clavia, которое представляет собой программный симулятор работы реального синтезатора Nord Modular G2 [1]. ПО включает в себя поле для коммутации виртуальных блоков генерации и обработки сигналов и все перечисленные блоки.

Исследованы несколько модулей программы, отвечающих за нелинейную обработку:

- Clip (отсечка сигнала, превышающего заданный уровень, жёсткий переходной процесс);
- Overdrive (отсечка сигнала, превышающего заданный уровень, мягкий переходной процесс);
- Saturate (насыщение сигнала гармониками и смягчение его пиков);
- Shape Exp (придаёт выходному сигналу форму экспоненты с заданной степенью).

Внутри ПО построена принципиальная модель устройства нелинейной обработки, показанная на рис. 1.

Получение амплитудных характеристик (АХ)

На представленную схему (рис. 1) подаётся эталонный сигнал, имеющий синусоидальную форму, входной уровень –12 дБ, 440 Гц; частоту дискретизации 44,1 кГц и 16 бит квантования (реальный программно-аппаратный комплекс имеет частоту дискретизации 96 кГц и разрядность 24 бита). Эти параметры в дальнейшем остаются неизменными на всём протяжении эксперимента.

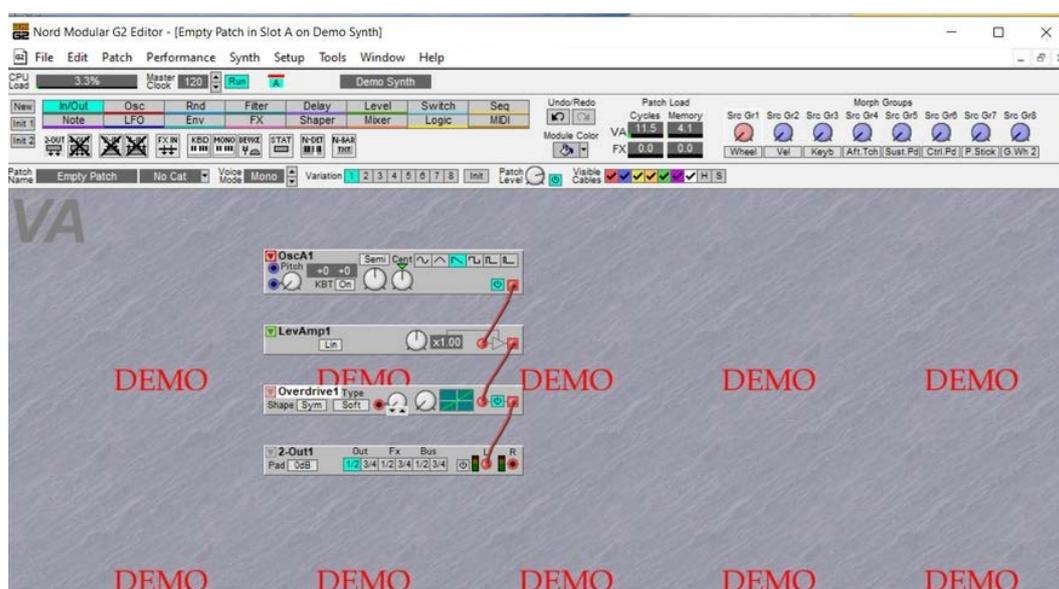


Рис. 1. Цифровая принципиальная схема нелинейной обработки на примере блока Overdrive в ПО Nord Modular G2 Demo

В каждом блоке существует 128 уровней, отвечающих за степень проявления эффекта от работы алгоритма нелинейной обработки. Поскольку каждому уровню соответствует своя АХ, снятие всех соответствующих характеристик представило бы собой крайне трудоёмкий процесс. Поэтому принцип исследования заключался в выборе трёх уровней (32, 64 и 127), получения для них АХ и дальнейшей математической экстраполяции результатов на остальную область данных.

Эталонный сигнал, так же, как и обработанные, записывался программным способом. Далее эталонный сигнал и выходной сигнал блока обработки загружались в ПО Reaer – цифровую рабочую станцию, для измерения параметров этих сигналов с помощью осциллографа (рис. 2).

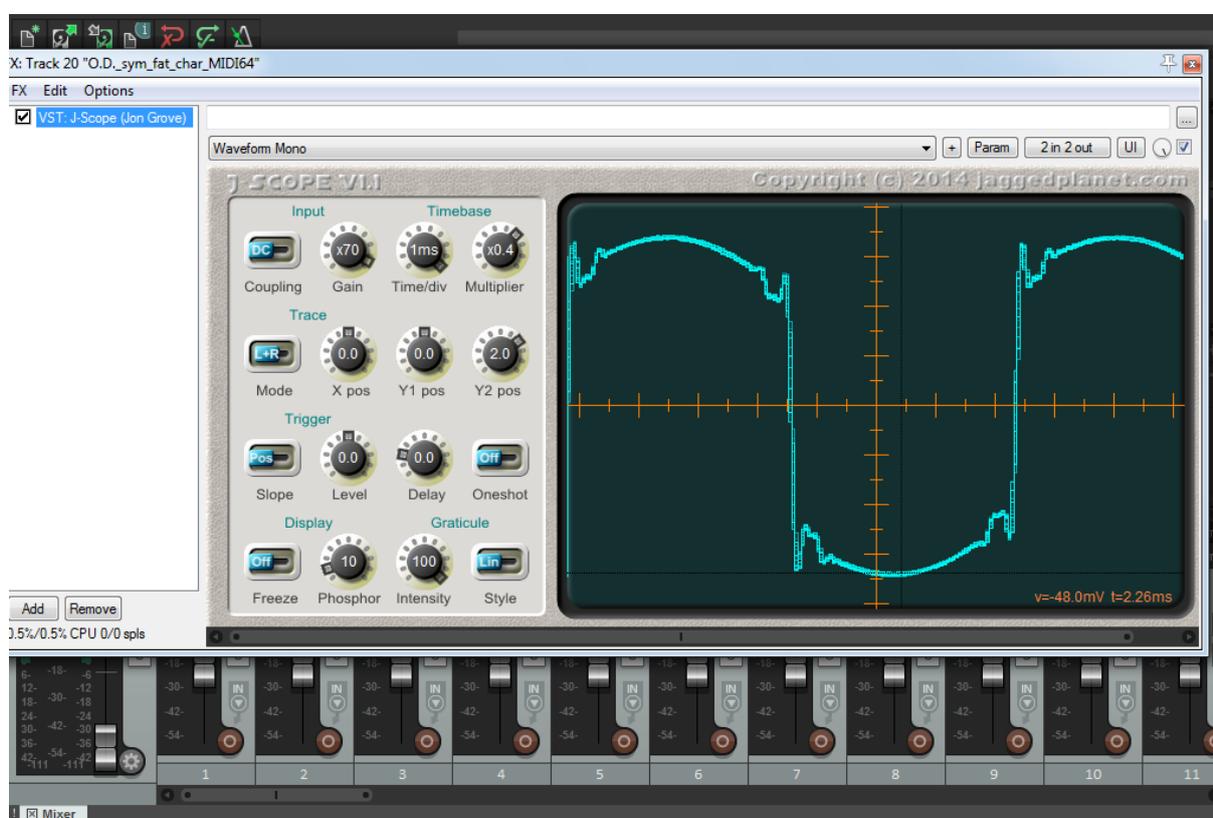


Рис. 2. Пример выходного сигнала, блок Overdrive

Снятие всех сигналов производилось вручную с частотой выборки в 20 точек от минимального до максимального значения амплитуды. На основе полученных данных в ПО Matcad были построены зависимости значений входного сигнала от значений выходного сигнала, которые и являются искомыми АХ (рис. 3, см. ниже).

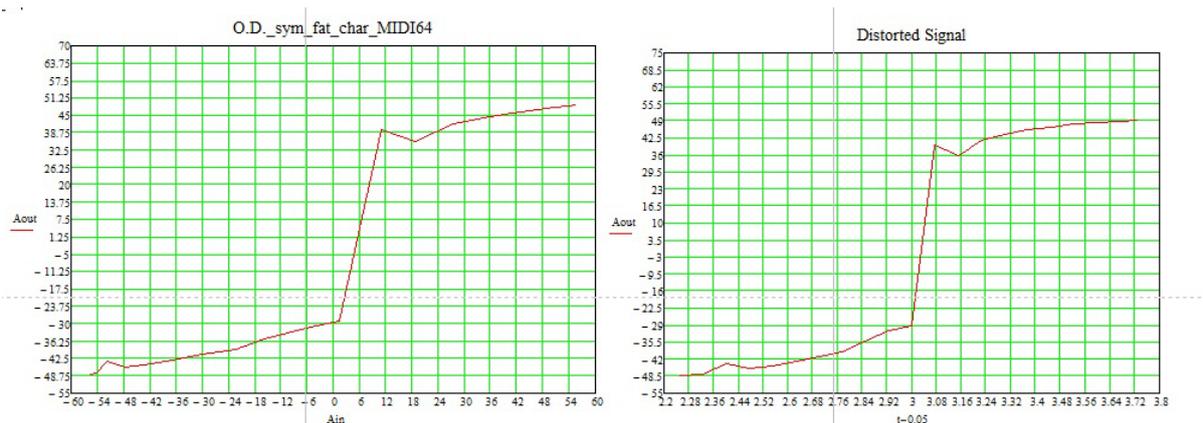


Рис. 3. Построение АХ в ПО Matcad на примере выходного сигнала блока Overdrive

Дальнейшие исследования

Следующим шагом является проверка результатов снятия АХ соответствующих блоков. В случае, если ошибка между моделируемым и синтезируемым сигналами будет в пределах определённого значения на всём промежутке (не более 3 дБ), то станет возможно приступить к экстраполяции данных и более точному описанию алгоритмов работы блоков обработки для использования в проекте по симуляции Nord Modular G2 – pch2csd [2].

Список используемых источников

1. Сапрыкин В. Clavia Nord Modular G 2 [Электронный ресурс] // Музыкальное оборудование : электрон. журн. 2005. Май. URL: <http://www.muzoborudovanie.ru/equip/studio/synth/nordmg2/clavianordmodularg2.php> (дата обращения: 12.01.2020).
2. Rogozinsky G., Chesnokov M., Cherny E. pch2csd – The Clavia Nord Modular G2 Patch Converter Project [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/gleb812/pch2csd> (дата обращения: 20.01.2020).

УДК 331.4
ГРНТИ 86.19

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦЫ ПОСЛЕДСТВИЙ И ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Н. В. Сакова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Российское законодательство требует от работодателя создавать систему управления охраной труда на основе проведения анализа профессиональных рисков. Наиболее сложным процессом в анализе профессиональных рисков является этап оценки риска. Перед предприятием стоит задача выбрать метод, разработать методики проведения оценок. В статье представлен один из методов оценки риска на основе использования матрицы последствий и вероятности.

профессиональный риск, метод оценки риска, матрица риска.

Задача повышения качества жизни, представленная в указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» среди остальных направлений, включает в себя повышение средней продолжительности жизни россиян до 67 лет. Среди различных факторов, определяющих небольшую продолжительность жизни, на особом месте стоит фактор травматизма и заболеваемости человека на производстве.

Последние десятилетия наметилась динамика снижения уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в нашей стране. Начиная с 2000 года показатели уменьшились более чем в 2 раза. Однако, уровень травматизма и профзаболеваемости остается недопустимо высоким до сих пор. По официально опубликованным данным Международной организации труда, смертность лиц на производстве в России составляет 6,0 на 100 тыс. населения в год. Для большинства стран Евросоюза этот показатель в последние годы находится в пределах от нуля до 3,0. В основе 67,8 % причин несчастных случаев на производстве лежит «человеческий фактор», обусловленный низкой культурой безопасного труда, несоблюдением и игнорированием требований охраны труда. Официальные данные, к сожалению, не отражают реальную картину производственного травматизма. На практике происходит сокрытие большого количества несчастных случаев на производстве. Следовательно, проблема снижения

уровня травматизма, профзаболеваемости и повышения безопасности человека на производстве стоит очень остро и требует незамедлительного решения.

В соответствии с требованиями ст. 22 Трудового Кодекса РФ организация несет ответственность за сохранение здоровья и обеспечение безопасности работников и других лиц, которые могут попасть под воздействие ее деятельности. Эта ответственность включает поддержание и защиту их физического и умственного здоровья. Для обеспечения безопасных условий труда, сохранения жизни и здоровья работников в организациях создается система управления охраной труда (системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда).

Одной из целей системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда является снижение ущерба здоровью и жизни работника на основе управления профессиональными рисками.

Система управления охраной труда (далее – СУОТ) – это часть общей системы управления (менеджмента) организации, обеспечивающая управление рисками в области охраны здоровья и безопасности труда, связанными с деятельностью организации. Профессиональный риск – это вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях.

Построение и функционирование СУОТ основывается на процессе анализа профессиональных рисков, который обязан проводить работодатель в соответствии с требованиями законодательства.

В ближайшее время предлагается ввести административную ответственность за не проведение анализа профессиональных рисков. В настоящее время отсутствие проведенного анализа рисков приравнивается к отсутствию СУОТ на предприятиях. При проведении проверок Государственной инспекцией труда организации получают предписания с требованием провести анализ профессиональных рисков. Подготовленные изменения в Трудовой Кодекс свяжут результаты анализа риска с реализуемыми на предприятиях мероприятиями по охране труда.

Анализ профессиональных рисков включает этапы идентификации опасностей, оценки риска и управления рисками.

Сегодня Типовое положение «О системе управления охраной труда» [1] приводит примерный перечень опасностей производственной среды, что не создает трудностей при идентификации опасностей. Часть из этих опасностей относятся к категории опасных или вредных производственных факторов, с которыми традиционно работают специалисты по охране труда. Однако, понятие опасностей в данном случае более широкое, включает в себя также факторы, связанные с окружением предприятия, деятельностью человека, опасными природными явлениями и т. д. Перечень

опасностей связан с сырьем, материалами, технологией, используемым оборудованием, особенностями выполняемой работы.

Наиболее сложным в процессе анализа рисков является этап оценки риска. В нашей стране отсутствуют нормативные документы, содержащие методы количественной оценки профессиональных рисков в области охраны труда. Следуя общепринятым подходам в менеджменте, предприятие выбирает наиболее приемлемый и информативный для себя метод анализа. При выборе метода анализа рекомендуется обратить внимание на следующие требования:

- соответствие рассматриваемой ситуации и организации;
- предоставление результаты в форме, способствующей повышению осведомленности о виде риска и способах управления им;
- обеспечение прослеживаемости, воспроизводимости и верификации процесса и результатов.

В связи с тем, что в охране труда риск-ориентированный подход используется сравнительно недавно, и многие руководители и специалисты не знакомы на практике с данными вопросами, автором сформулированы следующие дополнительные требования:

- способность учета многочисленных, разнообразных опасностей в организации;
- простота использования, понятность методик;
- низкая трудоемкость метода

Для оценки риска мы можем использовать прямые и косвенные методы [2]. Методы прямой оценки риска используют статистическую информацию опираясь на определенные показатели риска, или оценивают показатели ущерба и вероятности их наступления. Для оценки косвенных методов профессионального риска на рабочем месте используются критерии, которые описывают отклонения контролируемых параметров от нормативных значений и имеют с ними корреляционную связь по значениям рисков [3].

В соответствии с рекомендациями Международной организации труда для оценки профессиональных рисков рекомендуется использовать метод матрицы риска, однако в общем менеджменте риска данный метод применяют для предварительных оценок либо на этапе снижения рисков. Автором предложена методика оценки профессиональных рисков на основе матрицы вероятностей и последствий.

С точки зрения автора на практике данный метод находит применение в случаях:

- использования для быстрых оценок, как предварительных, так и основных;
- выявления наиболее значимых рисков;
- оценки приемлемости (неприемлемости) отдельных рисков;
- выбора рисков, требующих незамедлительного снижения.

Исходными данными к процессу являются шкалы последствий реализации опасности и вероятностей реализации опасности. Предложенная шкала последствий реализации опасности имеет следующий вид, представленный в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Шкала последствий

Последствия реализации опасности	Описание последствий	Класс условий труда
Смерть	Смертельный исход	4
Особо тяжелое повреждение	Стойкая утрата трудоспособности в результате действия неблагоприятных условий труда.	3.4
Тяжелое повреждение	Пострадавшего работника доставляют в организацию здравоохранения или требуется ее посещение. Утрата трудоспособности более 30 дней, развитие хронического заболевания.	3.3
Повреждение средней тяжести	Пострадавшего работника доставляют в организацию здравоохранения или требуется ее посещение. Утрата трудоспособности более 3 и менее 30 дней.	3.2
Легкое повреждение	Мелкие травмы. Пострадавшему работнику не требуется оказания медицинской помощи; в худшем случае 3-дневное отсутствие на работе.	3.1
Незначительные повреждения	Незначительные повреждения (отсутствие ранее перечисленных признаков).	2

Данная шкала хорошо коррелирует с классами условий труда. При выявлении опасностей, оцениваемых при проведении специальной оценки условий труда можно использовать класс условий труда для данного фактора.

Шкала вероятности возникновения опасности имеет следующий вид.

Практически невероятно – событие практически никогда не произойдет – частота в год менее 10^{-6} ;

Маловероятно – событие случается редко – частота в год $10^{-6} – 10^{-4}$;

Возможно – вероятность события за рассматриваемый промежуток времени около 0,5 (50 на 50 %) – частота в год $10^{-4} – 10^{-2}$;

Вероятно – скорее всего событие произойдет – частота в год $10^{-2} – 10^{-1}$;

Крайне вероятно – событие почти обязательно произойдет – частота в год $10^{-1} – 1$;

Сверхвысокая вероятность события – частота в год = 1.

Предложенная матрица риска представлена в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Матрица риска

Последствия	Вероятность					
	Сверх высокая	Крайне вероятно	Вероятно	Возможно	Маловероятно	Практически невероятно
Смерть	A1=36	A=30	B=24	C=18	D=12	E=6
Особо тяжелое повреждение	A=30	A-25	B=20	C=15	D=10	E=5
Тяжелое повреждение	B=24	B=20	C=16	D=12	D=8	E=4
Повреждение средней тяжести	C=18	C=15	D=12	D=8	E=6	E=3
Легкое повреждение	D=12	D=10	D=8	E=6	E=4	E=2
Незначительные повреждения	E=6	E=5	E=4	E=3	E=2	E=1

Рейтинговая шкала и балльные оценки рисков, получаемые при использовании матрицы, представлены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3. Рейтинговая шкала риска

№	Рейтинг риска	Обозначение	Балльная оценка
1	Экстремальный риск	A1	Более и равно 30
2	Крайне высокий	A	От 24 до 30
3	Высокий	B	От 18 до 24
4	Средний	C	От 12 до 18
5	Малый	D	От 6 до 12
6	Пренебрежительно малый	E	Менее и равно 6

Использование матрицы относится к прямым методам оценки риска. В связи с тем, что в нашей стране отсутствуют статистические данные по вероятности реализации производственных опасностей, поэтому их последствия и вероятности находят экспертными методами. Для этого на предприятии необходимо создать комиссию из специалистов с достаточной степенью компетентности и осведомленности в данных вопросах. При использовании матрицы возможно определение риска как по отдельным рабочим местам, так и по отдельным видам опасностей, действующих в границах предприятия. При этом на этапе снижения риска возможно более четко

спланировать и распределить финансовые средства на обеспечение безопасности работников, направив их либо на конкретные рабочие места, либо на модернизацию отдельных источников опасностей.

Список используемых источников

1. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 № 438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда».
2. ГОСТ Р 12.0.010-2009. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков.
3. Р 2.2.1766-03. 2.2. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Руководство (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003).

УДК 534.612.4
ГРНТИ 29.37.23

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫТОВЫХ МИКРОФОНОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

О. А. Свинына

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрены методы измерения электроакустических параметров микрофонов в соответствии с государственными стандартами. Представлены результаты измерения частотных характеристик чувствительности и характеристик направленности бытовых электретенных микрофонов. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов. Сделаны выводы о соответствии характеристик бытовых микрофонов требованиям, предъявляемым к измерительным микрофонам.

акустические измерения, измерительный микрофон, чувствительность микрофона, характеристика направленности микрофона, вторичная калибровка микрофонов.

Характеристики микрофонов, используемых при проведении всех видов акустических измерений, регламентируются государственными стандартами. При измерении электроакустических параметров громкоговорителей необходимо использовать рабочий измерительный микрофон не ниже класса 1,0 по ИЕС 61094-4:1995 [1]. Средство измерения акустических параметров помещений должно удовлетворять требованиям ГОСТ Р 53188.1-

2019 [2]. Использование микрофонов, характеристики которых соответствуют требованиям данных стандартов, обеспечивает высокую точность и достоверность получаемых результатов измерений.

Обобщив информацию, приведенную в указанных нормативных документах, можно выделить следующие минимально необходимые требования, предъявляемые к измерительным микрофонам: чувствительность не должна превышать -34 дБ (20 мВ/Па); уровень предельного звукового давления должен составлять не менее 135 дБ; пределы допуска для отклонения характеристики направленности относительно рабочей оси микрофона в диапазоне частот 250 – 8000 Гц не должны превышать 6 , 12 , 16 дБ для любых двух углов падения звуковой волны внутри сектора 30 , 90 , 150 градусов соответственно; пределы допуска отклонения относительной частотной характеристики в диапазоне частот 20 – $10\,000$ Гц не должны превышать 5 дБ.

При проведении акустических измерений в рамках образовательного процесса, однако, допустимо ослабить требования к точности получаемых результатов с целью сокращения материальных затрат на оборудование учебной лаборатории. Целью данного исследования является рассмотрение возможности использования бытовых микрофонов в качестве учебного измерительного оборудования. В рамках исследования были проанализированы характеристики наиболее распространенных недорогих моделей бытовых электретных микрофонов и выполнено сравнение полученных результатов с вышеуказанными требованиями.

Измерение параметров исследуемых микрофонов проводились в соответствии с ГОСТ Р 53576-2009 [3]. Частотные характеристики чувствительности были определены методом сравнения. Измерения проводились в помещении, время стандартной реверберации которого составляет $0,3$ с. Источник звука и микрофон были расположены в центральной части помещения на расстоянии 1 м друг от друга [4]. Для повышения отношения сигнал/шум измерения уровня звукового давления проводились методом качающейся частоты [5,6] с использованием в качестве регистрирующего устройства персонального компьютера (ПК) с установленным программным обеспечением Room EQ Wizard (REW) [7].

В качестве рабочего измерительного микрофона был использован калиброванный цифровой конденсаторный микрофон Dayton Audio UMM-6. Исследование параметров проводилось для четырех моделей бытовых микрофонов: Aceline AMIC-5, Aceline AMIC-7, Sven MK-200 и Genius MIC-01A. Технические характеристики рабочего измерительного и исследуемых микрофонов приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики микрофонов

Параметр	Модель микрофона				
	УММ-6	АМІС-5	АМІС-7	МК-200	МІС-01А
Тип микрофона	электретный				
Направленность	всенаправленный				
Диаметр мембраны, мм	6	8	8	8	8
Номинальный диапазон частот, Гц	18–20 000	50–10 000	16–20 000	50–16 000	100–10 000
Чувствительность микрофона, мВ/Па	–	1,2	12,5	1	1
Чувствительность тракта приема цифрового звукового сигнала, dBFS/Па	–20	–20	–20	–20	–20
Способ подключения к ПК	USB-B	TRS 3,5 мм			
Стоимость, руб.	8500	250	299	280	300

Цифровой микрофон выполняет преобразование акустического сигнала в эквивалентный цифровой сигнал, для чего содержит в себе не только предусилитель, но и аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Все исследованные микрофоны являются аналоговыми, в связи с чем требуют подключения к звуковой карте ПК, где выполняется преобразование звукового сигнала в цифровую форму. Микрофон, предусилитель и АЦП образуют тракт приема цифрового звукового сигнала (ТПЦЗС). Очевидно, что для аналоговых микрофонов чувствительность ТПЦЗС будет зависеть от модели звуковой карты, к которой он подключается, а также от положения регулятора уровня в драйвере звуковой карты. Для удобства сравнения чувствительность ТПЦЗС для всех исследованных микрофонов была установлена равной чувствительности цифрового микрофона.

Расчет частотной зависимости уровня осевой чувствительности исследуемых микрофонов $N(f)$ производился в соответствии с выражением:

$$N(f) = L(f) - L_{\text{раб}}(f) + N_{\text{раб}}(F) + H(f),$$

где $N_{\text{раб}}(f)$ – частотная зависимость уровня осевой чувствительности рабочего измерительного микрофона; $L(f)$ – частотная зависимость уровня цифрового сигнала на выходе ТПЦЗС; $L_{\text{раб}}(f)$ – частотная зависимость уровня цифрового сигнала на выходе рабочего измерительного микрофона; $H(f)$ – амплитудно-частотная характеристика звуковой карты ПК. Полученные частотные зависимости уровней осевой чувствительности исследованных бытовых микрофонов представлены на рис. 1.

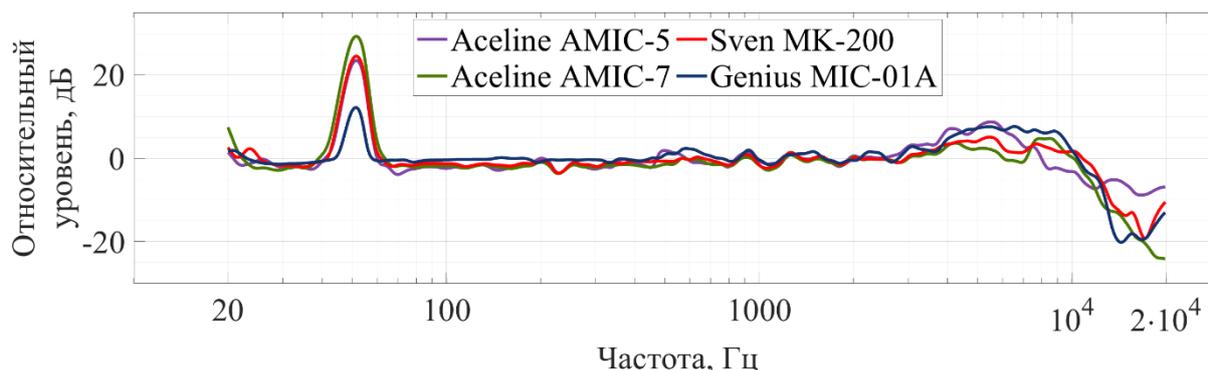


Рис. 1. Частотные зависимости уровней осевой чувствительности исследуемых микрофонов, усредненные в интервале 1/6 октавы

На рис. 1 видно, что все исследованные микрофоны имеют спад уровня чувствительности на частотах свыше 10 кГц, что не соответствует заявленному номинальному диапазону частот микрофонов AMIC-7 и МК-200. На частоте 50 Гц присутствует ярко выраженная помеха сетевой частоты, наличие которой обусловлено подачей на электретный микрофон напряжения питания. Таким образом, неравномерность частотной зависимости уровня чувствительности целесообразно для всех микрофонов оценивать в диапазоне частот от 80 до 10 000 Гц. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Отношение сигнал/шум (SNR), было рассчитано в соответствии с выражением [8]:

$$SNR = 94 - L_{\text{ЭКВ}}, \text{ дБ},$$

где $L_{\text{ЭКВ}}$ — уровень эквивалентного звукового давления, обусловленный внешними помехами и собственным шумом, измеренный в том же помещении в отсутствии полезного сигнала. Динамический диапазон микрофона в соответствии с [3] рассчитывается, как разность между уровнем предельного звукового давления $L_{p \text{ max}}$ и $L_{\text{ЭКВ}}$. При выполнении измерений с использованием ПК следует оценивать динамический диапазон ТПЦЗС, который зависит от установленного уровня чувствительности ТПЦЗС, и, как правило, меньше динамического диапазона микрофона. Учитывая, что для бытовых микрофонов параметр $L_{p \text{ max}}$ не указывается в спецификациях, в рамках данного исследования оценивается только динамический диапазон ТПЦЗС (D , дБ). Результаты измерения $L_{\text{ЭКВ}}$ и расчета SNR и D приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Параметры исследованных микрофонов

Микрофон	Неравномерность, дБ, в диапазоне частот 80–10 000 Гц при падении звуковой волны под углом к основной оси			$L_{\text{экв}}$, дБ	SNR, дБ	D , дБ
	0 градусов	45 градусов	90 градусов			
Aceline АМС-5	12,3	13,7	12,9	77	17	34
Aceline АМС-7	8,4	8,3	7,5	81	13	30
Sven МК-200	8,7	6,6	11,0	76	18	35
Genius МС-01А	9,2	9,5	11,6	66	28	45

Характеристика направленности была измерена в соответствии с [3] как зависимость чувствительности на частоте от угла между рабочей осью микрофона и направлением на источник звука. Полученные характеристики направленности исследованных микрофонов, измеренные на частотах 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 Гц, представлены на рис. 2. Максимальное значение разности между отображаемыми уровнями звука для любых двух углов падения звуковой волны внутри сектора, ± 150 градусов, относительно опорного направления для всех исследованных микрофонов не превышает 2,7 дБ.

Результаты исследования показали, что больше всего отклоняются от требований, предъявляемых к измерительным микрофонам, такие характеристики бытовых микрофонов, как номинальный диапазон частот и неравномерность частотной зависимости уровня осевой чувствительности. Наименьшая неравномерность у всех исследованных микрофонов наблюдается в диапазоне частот от 100 до 4 000 Гц, что делает их пригодными для проведения учебных измерений акустических параметров помещений, а также электроакустических параметров среднечастотных головок громкоговорителей. Малый динамический диапазон, однако, наложит ограничения на измерения времени реверберации: с помощью трех из четырех исследованных моделей микрофонов можно оценивать спад звуковой энергии в помещении не более, чем на 20 дБ.

Среди исследованных моделей наилучшими характеристиками обладает микрофон Genius МС-01А. В рамках дальнейших исследований планируется исследовать другие модели бытовых микрофонов, в том числе модели более высокого ценового сегмента, и подобрать оптимальную модель микрофона, пригодную для оснащения учебной лаборатории.

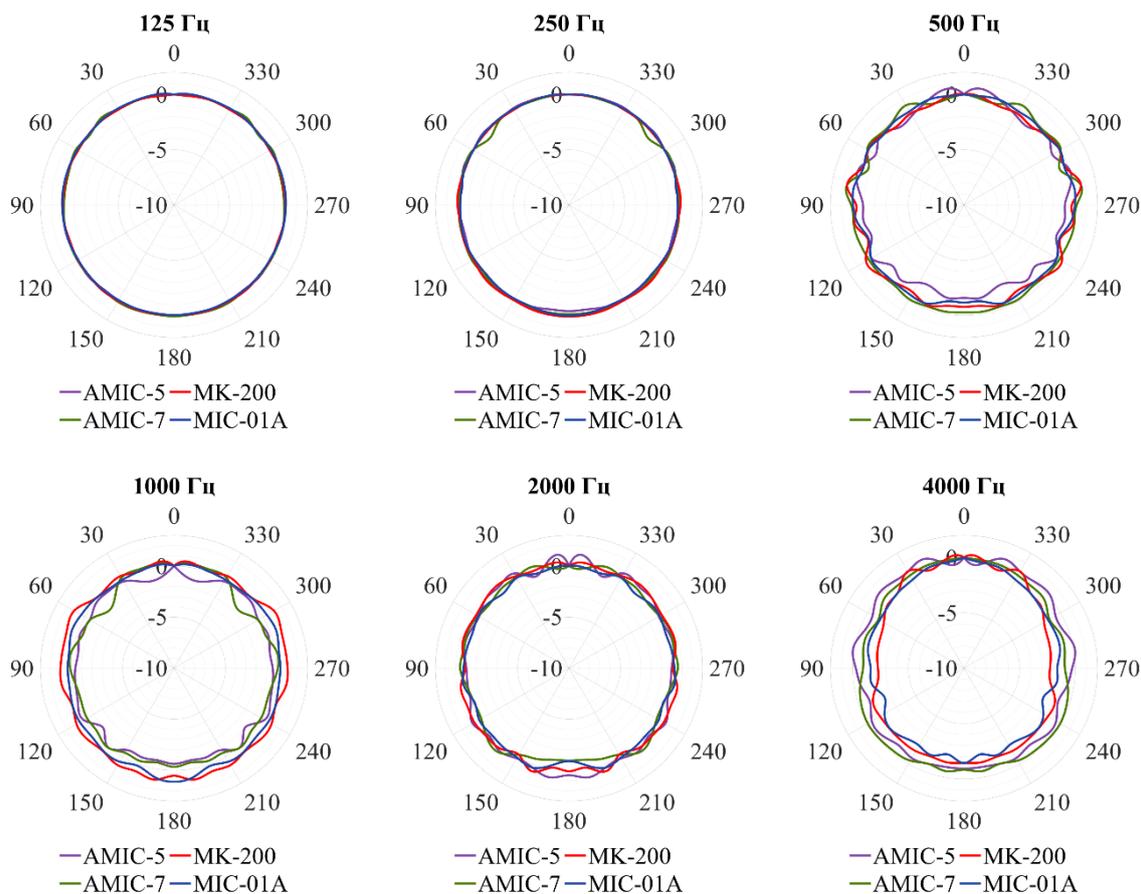


Рис. 2. Полярные диаграммы направленности исследованных микрофонов

Список используемых источников

1. IEC 61094-4: 1995. Measurement Microphones—Part 4: Specifications for Working Standard Microphones. 1995.
2. ГОСТ Р 53188.1-2019. Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования. М. : Стандартинформ, 2019. 41 с.
3. ГОСТ Р 53576-2009. Микрофоны. Методы измерения электроакустических параметров. М. : Стандартинформ, 2009. 45 с.
4. Møller H., Thomsen C. Electroacoustic Free-Field Measurements in Ordinary Rooms—Using Gating Techniques // Audio Engineering Society Convention 52. Audio Engineering Society, 1975.
5. ГОСТ Р 54579-2011. Акустика. Применение новых методов измерений в акустике зданий и помещений. М. : Стандартинформ, 2012. 24 с.
6. Müller S., Massarani P. Transfer-function measurement with sweeps // Journal of the Audio Engineering Society. 2001. Vol. 49. №. 6. pp. 443–471.
7. Mulcahy J. Room EQ Wizard: Room Acoustics Software [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roomeqwizard.com> (дата обращения: 19.02.2020).
8. Jerad Lewis. AN-1112: Microphone Specifications Explained. [Электронный ресурс]. URL: <https://wiki.analog.com/resources/app-notes/an-1112> (дата обращения: 01.03.2020)

*Статья представлена заведующим кафедрой ТВиМ СПбГУТ,
доктором технических наук, профессором А. А. Гоголем.*

УДК 621.396.1
ГРНТИ 49.01.81

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СОЕДИНЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ WI-FI

О. А. Симонина, С. М. Шебалин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Целью данной методики является разработка универсальной системы оценки различных параметров передачи данных по каналам Wi-Fi. Данная методика включает в себя требования к проведению оценочных измерений, экспериментально-измерительную часть работы, а также получение объективной информации по радиопокрытию сети Wi-Fi на маршруте измерений. Методика включает в себя оценку таких параметров, как: доля неуспешных сессий по протоколу HTTP, среднее значение скорости передачи данных от абонента и к абоненту, продолжительность успешной сессии, потеря пакетов, задержка, уровень сигнала.

Wi-Fi, качество связи, методика.

Одной из проблем оценки качества обслуживания является различный подход к оценке параметров сетей мобильной связи и сетей пакетной передачи данных. При этом с точки зрения пользователя требования к услугам передачи данных идентичны. Более того, сети Wi-Fi могут использоваться для разгрузки трафика сети LTE, что приводит к необходимости проводить одинаковую политику обеспечения качества обслуживания (QoS). Поэтому одной из актуальных задач становится необходимость разработки универсальной методики оценки параметров соединения для всех сетей передачи данных.

При оценке качества работы соединения по технологии Wi-Fi важна способность объективно оценивать результаты теста, но текущие источники для получения данных для таких оценок ограничены. В беспроводных сетях канал связи между передатчиком и приемником – открытый, и это в значительной степени усложняет анализ распространения радиосигнала на территории сети. Наборы данных часто неполны: например, приложения устройства могут работать только на конкретных типах или марках устройств, и/или тесты запускаются только пользователями и в разных типах условий сбора данных. Производительность сетей Wi-Fi может изменяться в зависимости от большого набора различных факторов и является случайным процессом. Таким образом, измерения имеют тенденцию быть предвзятыми, нечастыми и трудными для сортировки. Данная методика учитывает все

представленные факторы, позволяет минимизировать существующие недостатки и получить данные по качеству связи, максимально приближенные к реальным.

На рис. показана упрощенная схема тестирования, включающая тестирующее устройство 1, подключенное к приемному устройству 2 через беспроводное соединение сети.

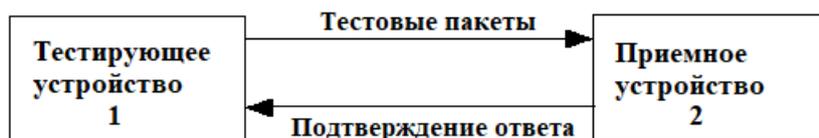


Рис. Типовая схема тестирования соединения

Общий процесс выполнения описанного теста пропускной способности беспроводной сети выглядит следующим образом:

- тестирующее устройство 1 отправляет тестовые беспроводные пакеты на подключенное приемное устройство 2. Тестовые пакеты могут содержать, например, случайные данные. Тестовые пакеты могут быть любого подходящего типа, например, TCP / IP, UDP, Non-IP и т. д.;
- беспроводное оборудование приемного устройства 2 отправляет подтверждения ответа;
- данные теста можно проанализировать на предмет потерь, задержки и информации о пропускной способности беспроводного соединения.

Для проведения измерений обычно используются методы активного и пассивного инспектирования. При пассивном инспектировании осуществляется пассивный сбор пакетов, не осуществляется соединение с проверяемой сетью Wi-Fi и включает в себя определение уровня сигналов (RSSI). Активное инспектирование заключается в подключении к оцениваемой беспроводной сети для измерения исходящей скорости передачи данных по протоколу HTTP, входящей скорости передачи данных по протоколу HTTP, времени задержки в направлении туда-обратно (*ping*), количество потерянных пакетов. Для получения более полной информации о качестве связи на измеряемой территории рекомендуется одновременное проведение активного и пассивного инспектирования по месту и времени с применением единого измерительного комплекса.

Общие требования к измерительному оборудованию и объему измерений.

Общие требования к измерительному оборудованию и объему измерений задаются в программе и методике проведения контроля параметров качества услуги связи по передаче данных, за исключением услуг связи по передаче данных для целей передачи голосовой информации (в части

предоставления частной виртуальной сети (VPN)). Требования задаются в соответствии с ГОСТ Р 55387-2012 "Качество услуги «Доступ в интернет». Показатели качества" и ГОСТ Р 55387-2012 "Качество услуги «Передача данных». Показатели качества".

1. Минимальное количество наблюдений по маршруту должно обеспечивать графическое отображение показателей качества не менее 90% обследуемых территорий с применением аппроксимации полученных значений на расстоянии не более 15 метров.

2. Количество контрольных сессий в локальной зоне проведения оценки качества услуг доступа в сеть Интернет, предоставляемых по технологии Wi-Fi, должно быть не менее 50.

3. Измерения всех параметров качества выполняются при движении измерительного комплекса при скорости движения не более 3 км/ч. Измерения должны производиться в рабочие дни в интервале с 8 до 22 часов по местному времени. Измерительные антенны, в том числе встроенные, должны располагаться на высоте 1-2 метра от уровня земли. Измерения проводятся с привязкой к местности с применением электронных топографических планов и карт. Оборудование исполнителя (ноутбук) с поддержкой стандарта IEEE 802.11 a/b/g/n/ac.

Оценка показателей качества услуг связи городской сети Wi-Fi.

К услугам связи сети беспроводного доступа, организованной по технологии Wi-Fi, для которых оцениваются параметры качества, относятся услуги по передаче данных. Оцениваемые параметры качества услуг передачи данных приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Показатели качества услуг

Параметр качества	Единица измерения
1	2
Доля неуспешных сессий по протоколу HTTP (HTTP Session Failure Ratio) [1]	%
Среднее значение скорости передачи данных от абонента (HTTP UL Mean User Data Rate) [2]	кбит/с
Среднее значение скорости передачи данных к абоненту (HTTP DL Mean User Data Rate) [3]	кбит/с
Продолжительность успешной сессии (HTTP Session Time) [4]	с
Доля потерянных пакетов (Packet loss) [5]	%
Задержка туда-обратно (Ping) [6]	мс
Уровень сигналов (RSSI)	дБм

1. Доля неуспешных сессий может быть рассчитана как

$$N_{\text{неусп}} = (R/N) \cdot 100\%,$$

где R – количество прекращенных не по инициативе тестового комплекса сессий по протоколу НТТР; N – общее количество тестовых сессий по протоколу НТТР [1].

2. Среднее значение скорости передачи данных от абонента:

$$C_{от\ аб} = \sum_1^N V_{S \rightarrow T} / N,$$

где $V_{S \rightarrow T} = P / (t_{end_file} - t_{go_file})$ – скорость передачи данных по протоколу НТТР от сервера передачи данных к приемному терминалу; P – размер тестового файла с данными, кбит; t_{go_file} – время начала передачи тестового файла с данными; t_{end_file} – время завершения передачи тестового файла с данными [2];

3. Среднее значение скорости передачи данных к абоненту:

$$C_{к\ аб} = \sum_1^N V_{T \rightarrow S} / N,$$

где $V_{T \rightarrow S}$ – скорость передачи данных по протоколу НТТР от тестового терминала к серверу передачи данных [3].

4. Продолжительность успешной сессии:

$$T_{session} = t_{end_WEB} - t_{go_WEB},$$

где t_{end_WEB} – время успешного завершения открытия веб-страницы; t_{go_WEB} – время начала установления TCP/IP-соединения для открытия веб-страницы [4].

5. Доля потерянных пакетов:

$$P_{loss} = (L/N) \cdot 100\%,$$

где L – количество потерянных пакетов данных; N – общее количество пакетов данных, переданных по сети [5].

6. Задержка туда-обратно:

$$t_{e2e} = t_{reqs} - t_{resp},$$

где t_{reqs} – время доставки пакета данных (запроса) на сервер, мс; t_{resp} – время доставки ответа от сервера, мс [6].

7. Распределение уровня покрытия сети связи представляется в виде значений мощности сигналов тестируемой сети Wi-Fi, которые наносятся на карту местности покрытия сети.

В ходе работы по данной методике была проведена оценка качества услуги передачи данных городской сети Wi-Fi двух разных районов города. Для проведения измерений качества соединений Wi-Fi использовалось носимое радиоконтрольное оборудование TEMS Pocket Remote, включающее в себя:

- модули тестирования TEMS Pocket Remote (4 шт.) – для проведения контроля показателей качества сервисов передачи данных внутри зданий и в пешеходных зонах;
- управляющий планшет TEMS Pocket Premium (1 шт.) – для локальной настройки и управления модулями тестирования;
- серверное оборудование в составе:
- сервер аппаратного обеспечения бенчмаркинга и тестирования (мониторинга) параметров услуг доступа в сеть Интернет, предоставляемых по технологии Wi-Fi, а также хранения и постобработки данных;
- нетбук (1 шт.) – для измерения параметра «Потеря пакетов (*Packet loss*)».

Результаты измерений представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений

Вид измерения	Район измерений № 1	Район измерений № 2
Попытки соединения, шт.	1 382	842
Тестовые сессии, шт.	1 211	454
Доля неуспешных сессий по протоколу HTTP, %	70,7	54,3
Среднее значение скорости передачи данных к абоненту, кбит/с	963,2	1 095,4
Среднее значение скорости передачи данных от абонента, кбит/с	1 502,3	1 330,9
Средняя продолжительность успешной сессии, с	12,7	13,2
Показатель потери пакетов, %	16,9	13,7
Показатели задержки, мс	253,4	312,5

По результатам измерений средний показатель потерь пакетов составил 15,8 %, а доля неуспешных сессий 68,2 %. Также наблюдаются относительно невысокие скорости по линии «вверх» и «вниз». Это обусловлено рядом причин:

- не всегда соблюдается равномерность движения тестирующего устройства по маршруту движения;
- в сетях Wi-Fi не происходит бесшовного переключения между точками доступа, из-за чего тестирующее устройство некоторое время продолжает измерения при отсутствии сигнала;

– на некоторых участках пути наблюдается высокий уровень интерференции сигнала и/или зоны радиотени, что существенно влияет на оценку качества на всем маршруте.

По результатам анализа проведенных измерений качества работы сетей Wi-Fi был выявлен ряд недостатков, которые не являются критичными для измерений в сетях мобильной связи, но при измерениях Wi-Fi могут оказывать критичное влияние на общее представление о качестве услуг. Вариантом усовершенствования данной методики могут являться дополнительный комплекс измерений на заранее определенных контрольных точках в местах наибольшего пассажиропотока, что позволит снизить процент потери пакетов и разрывов соединения при сохранении объективных данных оценки.

Список используемых источников

1. Росс Д. Wi-Fi. Беспроводная сеть [пер. с англ. В. А. Ветлужских]. М. : NT Press, 2007. 309 с.
2. Stallings W. Wireless communications & networks (2nd edition), November 22, 2004. 576 с.
3. Mu M., Pennarun A. Measuring wireless network connection quality: Technical disclosure commons. January 27, 2016. 12 p.
4. Смирнова Е. В., Пролетарский А. В., Ромашкина Е. А. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi. М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. С 46–77.
5. ГОСТ Р 55387-2012. Качество услуги «Доступ в интернет». Показатели качества. М. : Стандартинформ, 2014.
6. ГОСТ Р 55387-2012. Качество услуги «Передача данных». Показатели качества. М. : Стандартинформ, 2014.

УДК 004.932.2
ГРНТИ 28.23.15

РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК

М. В. Созинова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время широкую популярность приобретают методы распознавания и сопровождения изображений, основанные на выделении ключевых точек. Большинство существующих дескрипторов ключевых точек опираются на яркостные характеристики изображения, не учитывая его структуру. В данной работе предлагается алгоритм распознавания изображений, основанный на анализе структуры выделенных

ключевых точек. Такой подход к распознаванию позволяет достичь высокой вероятности правильного распознавания, и при этом имеет небольшую вычислительную сложность.

распознавание изображений, ключевые точки, структурный анализ.

Среди методов распознавания изображений все большую популярность приобретают алгоритмы, основанные на выделении ключевых точек изображения [1]. Ключевыми точками (КТ) называются такие точки (или окрестности точек), которые имеют некоторые признаки, позволяющие отличить их от основной массы точек изображения. Как правило, такими признаками являются яркостные характеристики изображения. В разработанных алгоритмах вся информация об интересующих исследователя признаках собирается в специальный идентификатор, описывающий ключевую точку. Такой идентификатор называется дескриптором ключевой точки. Разработано большое количество детекторов ключевых точек (таких как ORB, SIFT, SURF, FAST и др.), т. е. алгоритмов построения дескрипторов ключевых точек. При таком подходе процесс обнаружения сводится к поиску соответствия дескрипторов ключевых точек

эталонного изображения дескрипторам, выделенным на распознаваемом изображении. Однако данные алгоритмы основываются лишь на сравнении яркостных характеристик изображения, не рассматривая его структурную составляющую. В данной работе предлагается алгоритм обнаружения, основанный на структурном анализе ключевых точек изображения.

Структурный анализ изображения основывается на составлении таблицы первичных связей [2]. Таблицы первичных связей представляют собой

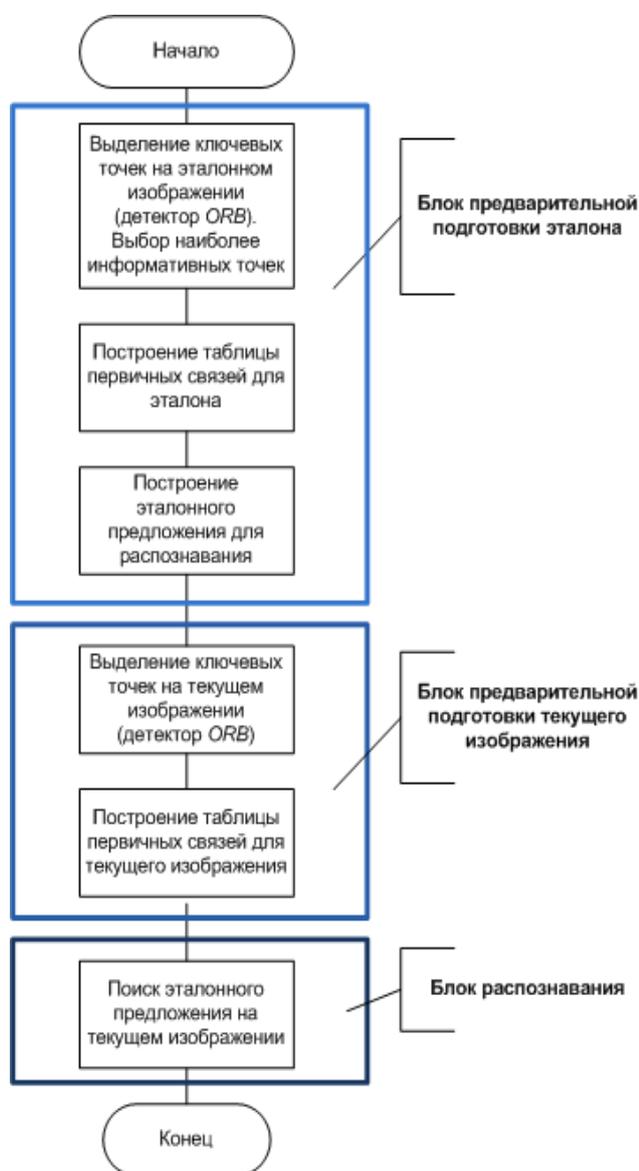


Рис. 1. Блок-схема алгоритма распознавания

двумерные таблицы размерностью, равной количеству КТ. В каждой ячейке которой содержится информация о связях между двумя подобъектами изображения (в данном случае между КТ изображения).

Блок-схема предлагаемого алгоритма приведена на рис. 1 (см. выше).

Суть алгоритма состоит в следующем:

1. Строится структурное описание эталона:

- на эталонном изображении с помощью одного из детекторов (в данной работе используется детектор ORB [3]) выделяются ключевые точки;
- из всего множества выделенных КТ выбираются n точек, представляющих наибольших интерес;
- по выбранным точкам строится таблица первичных связей и составляется предложение, описывающее последовательную связь между всеми КТ эталона.

2. Строится структурное описание текущего изображения:

- на текущем изображении выделяются ключевые точки;
- по выделенным точкам строится таблица первичных связей.

3. Среди всех ячеек таблицы первичных связей изображения производится поиск последовательности узлов (КТ изображения), наиболее соответствующей эталонному предложению.

Для достижения инвариантности алгоритма к изменениям масштаба и повороту эталонного изображения, производится сравнение не самих структурных характеристик эталонного и текущего изображения, а их отношений. Так, в качестве параметров для сравнения в данной работе используются:

- дескрипторы ORB для трех текущих точек;
- отношение длин отрезков, образованных точками (1, 2) и (2, 3);
- значение угла между этими прямыми.

При сравнении каждого из параметров вычисляется степень сходства, принимающая значение от 0 до 1, где 1 означает полное соответствие текущего параметра эталонному. Сумма вычисленных таким образом коэффициентов позволяет судить о результатах распознавания. Итоговое решение о распознавании объекта принимается при сравнении вычисленной суммы с заданным порогом.

На рис. 2 приведены результаты распознавания эталона описанным алгоритмом.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества описанного алгоритма:

- сокращается объем памяти, требуемый для хранения эталона за счет использования структурного описания изображения;
- сокращается время работы алгоритма за счет анализа только ключевых точек изображения;

- достигается инвариантность алгоритма к масштабу, и вращению за счет анализа структуры точек;
- увеличивается точность распознавания за счет использования информации о взаимном расположении ключевых точек.



Рис. 2. Результат работы алгоритма распознавания при изменении ракурса и масштаба изображения

Основной проблемой алгоритма на данный момент является оптимальный выбор ключевых точек на эталонном изображении. Слишком большое количество КТ существенно увеличит время работы алгоритма, что не позволит использовать его в системах реального времени. Использование недостаточного количества КТ повысит количество ошибок при работе алгоритма. Так же, как и выбор не самых информативных точек изображения отрицательно повлияет на качество распознавания. Таким образом, для дальнейшего повышения качества работы алгоритма необходимо разработать метод селекции, позволяющий отбирать для распознавания оптимальное число наиболее информативных ключевых точек изображения.

Список используемых источников

1. Haralick, R.M., Shapiro, L.G. Computer and Robot Vision, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA, 1992, 630 p.
2. Нарасимхан Р. Лингвистический подход к распознаванию образов // Автоматический анализ сложных изображений: сб. переводов / Под ред. Э. М. Бравермана. М. : Мир, 1969. С. 22–30.
3. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF// Willow Garage, Menlo Park, California.

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук, доцентом О. В. Украинским.*

УДК 004.421
ГРНТИ 47.14.17

**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ
ВЫЧИСЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСКРЕТНОГО
ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ
СО СВЕРХНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ**

А. Б. Степанов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена описанию основных этапов и особенностей реализации алгоритмов вычисления непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований на микроконтроллерах со сверхнизким энергопотреблением. В качестве элементной базы рассматривается микроконтроллер фирмы Texas Instruments MSP430G2553. Приводятся основные результаты реализации данных алгоритмов на микроконтроллере.

непрерывное вейвлет-преобразование, дискретное вейвлет-преобразование, микроконтроллер, сверхнизкое энергопотребление, реализация.

Вейвлеты получили широкое распространение в цифровой обработке сигналов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Замечательные свойства вейвлетов позволяют применять их при частотно-временном анализе сигналов. В основе значительного числа подобных методов лежит использование непрерывного и дискретного вейвлет-преобразований.

Формула непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) имеет вид [4]:

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt,$$

где $\psi(t)$ – вейвлет, a – значение масштаба, b – сдвиг во времени, горизонтальная черта обозначает комплексное сопряжение.

Процедура выполнения дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) представлена на рис., где $x(nT)$ – исходный дискретный сигнал, ФРНЧ – фильтр разложения нижних частот, ФРВЧ – фильтр разложения верхних частот, $\downarrow d$ – дециматор.

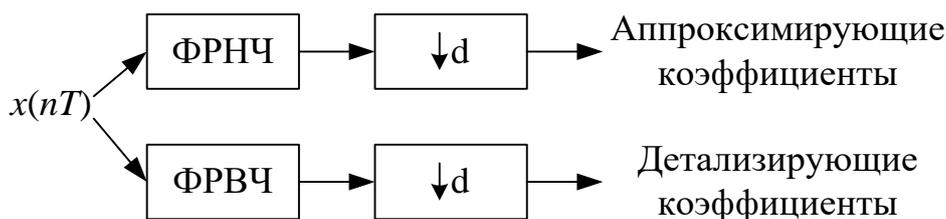


Рис. Процедура выполнения дискретного вейвлет-преобразования

При выполнении ДВП исходный сигнал проходит через ФРНЧ и ФРВЧ, далее через дециматоры, что позволяет получить набор аппроксимирующих и детализирующих коэффициентов, соответствующих низкочастотным и высокочастотным составляющим сигнала.

В этой работе рассматривается процедура и особенности реализации непрерывного и дискретного вейвлет-преобразования на микроконтроллере со сверхнизким потреблением энергии. В настоящее время подобные устройства получают все большее применение в портативных приборах, поэтому данная тема является актуальной.

В качестве элементной базы для проведения исследований был выбран микроконтроллер MSP430G2553. Данный микроконтроллер потребляет около 230 мкА при тактовой частоте 1 МГц и около 4,8 мА при максимальной производительности и частоте 16 МГц. Микроконтроллер работает с числами с фиксированной точкой, обладает 16 Кбайтами ПЗУ и 512 байтами ОЗУ.

Проведенные исследования [8] показали, что при реализации непрерывного вейвлет-преобразования на цифровом сигнальном процессоре TMS320C5515 может быть использован один из следующих методов:

1. Метод на основе взаимной корреляционной функции сигнала и вейвлета.
2. Метод на основе дискретного вейвлет-преобразования.
3. Метод на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Однако с учетом работы с данными с фиксированной точкой целесообразно использовать методы на основе взаимной корреляционной функции сигнала и вейвлета.

Для реализации данного метода вычисления НВП был написан программный код. При программировании использовалась интегрированная среда разработки Code Composer Studio.

Реализация алгоритма вычисления непрерывного вейвлет-преобразования на микроконтроллере со сверхнизким энергопотреблением является нетривиальной задачей, что связано с рядом его особенностей:

1. Низкая производительность микроконтроллера требует выполнения оптимизации алгоритма вычисления НВП для выбранной элементной базы. В связи с этим требованием необходимо выполнить модификацию алгоритма. Модификация алгоритма может быть связана с его адаптацией к конкретному типу сигнала. В этом случае непрерывное вейвлет-преобразование может выполняться не для всего диапазона значений масштаба a , а только для тех значений, которые соответствуют основным частотным диапазонам сигнала, которые необходимы для определения информационных признаков в сигнале.

2. Использование элементной базы, поддерживающей работу с данными с фиксированной точкой (при отсутствии возможности аппаратной реализации БПФ), требует использования алгоритмов на основе взаимной корреляционной функции.

3. Для экономии внутренней памяти микроконтроллера значения вейвлета могут вычисляться непосредственно на устройстве. В связи с этим целесообразно иметь формализованное представление вейвлета. Как известно, не все вейвлеты имеют такое представление, поэтому для решения этой проблемы автором данной работы предлагается выполнять синтез вейвлета на основе традиционного вейвлета. Например, на основе вейвлета Добеши 4 с применением полиномиальной модели вейвлета может быть получен вейвлет, обладающий формализованным представлением. При этом математическая модель вейвлета может обладать малым числом параметров. Такой же подход может применяться и для других вейвлетов, в том числе, уже имеющих формализованное представление, например, вейвлета Мексиканская шляпа. Это позволяет упростить математическую модель вейвлета и увеличить скорость вычисления его значений на микроконтроллере.

4. Малый объем внутренней памяти также влияет на число отсчетов, обрабатываемых микроконтроллером. Практическим путем было получено, что для микроконтроллера MSP430G2553 в процессе выполнения НВП, может быть рассчитана матрица вейвлет-коэффициентов размером 108×108 значений (без предварительной оптимизации алгоритма вычисления НВП на основе взаимной корреляционной функции сигнала и вейвлета).

5. Низкая производительность микроконтроллера также негативно влияет на скорость вычисления НВП, что затрудняет обработку длинных последовательностей отсчетов.

При реализации ДВП на микроконтроллере необходимо учитывать ограничения, связанные с объемом его внутренней памяти, т. к. он определяет максимально возможный порядок фильтров разложения, а при необходимости выполнения восстановления – фильтров восстановления.

Проведенные исследования показали возможность применения при реализации ДВП на микроконтроллере MSP430G2553 распространенных традиционных семей вейвлетов, таких, например, как Добеши.

В заключении отметим, что в качестве основных результатов проведенных исследований получено:

1. Реализован алгоритм вычисления непрерывного вейвлет-преобразования на микроконтроллере MSP430G2553 с использованием метода на основе взаимной корреляционной функции сигнала и вейвлета.

2. Реализовано дискретное вейвлет-преобразование на элементной базе со сверхнизким энергопотреблением с использованием традиционных семей вейвлетов.

3. Приведены особенности реализации НВП и ДВП на микроконтроллере со сверхнизким энергопотреблением с фиксированной точкой.

Список используемых источников

1. Daubechies I. Ten Lectures on Wavelets. SIAM, 1992. p. 194.
2. Stark H.-G. Wavelets and Signal Processing. Berlin: Springer, 2005. p. 158.
3. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB: М. : ДМК Пресс, 2014. 628 с.
4. Витязев В. В. Вейвлет-анализ временных рядов: СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. 58 с.
5. Blatter C. Wavelets – Eine Einfuhrung. A. K. Peters, Ltd., 1998. P. 174.
6. Степанов А. Б. Непрерывное вейвлет-преобразование сигналов электроэнцефалографии // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2011. № 8. С. 83–90.
7. Степанов А. Б. Применение вейвлетов при очистке от шума и компрессии сигналов электроэнцефалографии // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2011. № 9. С. 103–110.
8. Zhuravov D. V., Stepanov A. B. Application of Simulink in the Implementation of Calculation Algorithms for Continuous Wavelet Transform on a Digital Signal Processor // Journal of Radio Electronics. 2019. No. 5. PP. 12.

УДК 621.397.132
ГРНТИ 47.51.29

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТЫ ГЛУБИНЫ В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО РАКУРСА

Д. А. Татаренков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

С развитием компьютерного зрения и мультимедийных технологий интерактивное 3D-видео стало основным направлением исследований мультимедийных технологий. Алгоритмы 3D-видео позволяют пользователям интерактивно выбирать точку обзора и динамически синтезировать новый ракурс. Интерактивное 3D-видео вызывает большой интерес среди исследователей вещания как перспективная технология для систем трехмерного и многоракурсного телевидения. Однако передача каждого ракурса в виде отдельного кадра ведёт к резкому увеличению объёма данных, что объясняет необходимость использования методов синтеза дополнительных ракурсов. В общем, алгоритмы синтеза виртуальных представлений можно разделить на два основных класса: рендеринг на основе моделей (MBR) и рендеринг на основе изображений (IBR). Среди всех алгоритмов рендеринг по глубине изображения (DIBR) стал основным подходом в интерактивных системах 3D-видео ввиду его низких требований к полосе пропускания, а также возможности рендеринга произвольной точки обзора. В статье предложена реализация алгоритма подготовки карты глубины для использования в алгоритме DIBR.

многоракурсное телевидение, DIBR, карта глубины.

Развитие компьютерного зрения и мультимедийных технологий, компьютерной графики и смежных областей науки позволило разработать расширенные типы мультимедиа-данных. Получение интерактивного 3D-видео (3DV), видео с произвольным ракурсом просмотра (FVV, *free viewpoint video*) стало основным направлением исследований мультимедийных технологий, которые улучшают ощущения зрителей от просмотра, обеспечивают трёхмерное восприятие сцены.

3DV обеспечивает трёхмерное впечатление от наблюдаемой сцены, которое также называют стереовосприятие. Применяются специальные дисплеи, которые гарантируют сепарацию вида для каждого глаза. Если виды создаются правильно, то происходит фузия, и трёхмерное глубинное впечатление будет восприниматься. Хотя основной принцип стереопсиса довольно прост, неправильное 3DV может легко привести к ухудшению восприятия пользователем. Это может быть вызвано техническими трудностями (например, несовершенством систем отображения) или из-за алгоритмических ошибок в процессе создания контента [1].

Алгоритмы 3D-видео позволяют пользователям интерактивно выбирать точку обзора и динамически синтезировать новый ракурс (рис. 1). Интерактивное 3D-видео вызывает большой интерес среди исследователей вещания как перспективная технология для систем трехмерного и многокарусного телевидения (3D TV).

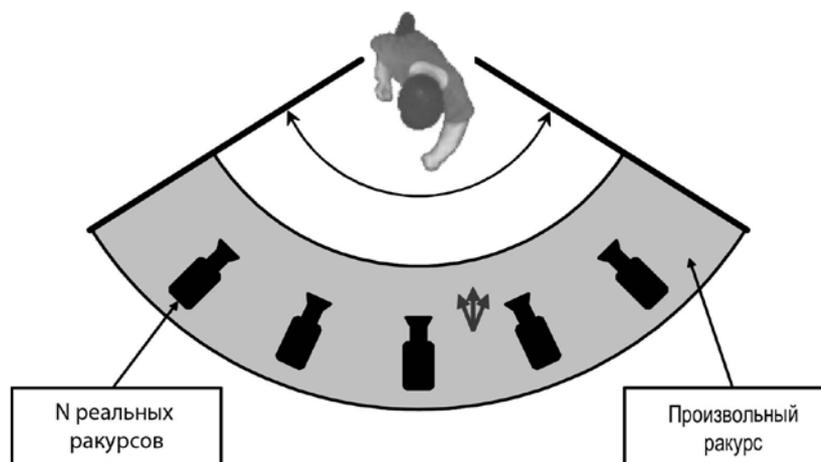


Рис. 1. Схема расположения камер для получения дополнительного ракурса

Значимые первые шаги в создании иммерсивной среды при помощи видеоизображений, полученных с телевизионных камер, были сделаны группой учёных в ходе реализации проекта по построению студии виртуальной реальности «3D Dome» [2].

В конце 1990-х гг. стало возможным использовать технологию FVV для производства спецэффектов в киноиндустрии (например, художественный фильм «Матрица»). Сейчас FVV используется для проведения телевизионных трансляций («EyeVision», *Canon Free Viewpoint Video System* и др.) [3].

Однако передача каждого ракурса в виде отдельного кадра ведёт к резкому увеличению объёма данных. Существует возможность устранения межкарусной избыточности. Кодер H.264/MVC состоит из нескольких распараллеленных кодеров с идентичной реализацией. Следовательно, они используют аналогичные структуры временного кодирования, где последовательность изображений кодируется как ключевой I-кадр, прогнозируемые разностные P-кадры или двунаправленные B-кадры. Для I кадров контент прогнозируется только из самого текущего изображения, в то время как содержимое P и B кадров прогнозируется из других временных опорных кадров. Одним из подходов для дальнейшего повышения эффективности кодирования является использование иерархических B-кадров [4], где B-кадры могут быть ссылками для других B-кадров видеопотока. Таким образом, возможно создание иерархии B-кадров ракурсов изображений. На рис. 2 по-

казан вариант временного прогнозирования с тремя иерархическими уровнями. Такой подход позволяет существенно уменьшить поток данных для передачи многоракурсного видеопотока. Однако при передаче большого количества ракурсов скорость потока сильно возрастает. Это объясняет необходимость использования методов синтеза дополнительных ракурсов [5].

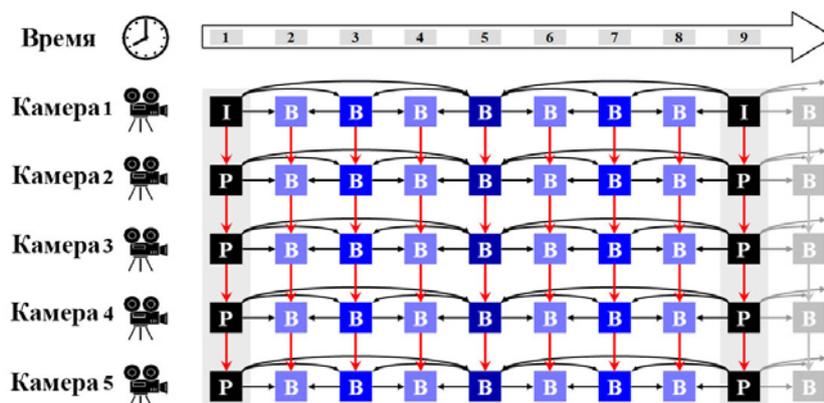


Рис. 2. Представление компрессии с использованием межракурсного прогнозирования.

В общем, алгоритмы синтеза виртуальных представлений можно разделить на два основных класса: рендеринг на основе моделей (MBR, *model based rendering*) и рендеринг на основе изображений (IBR, *image based rendering*) [6]. Среди всех алгоритмов DIBR стал основным подходом в интерактивных системах 3D-видео ввиду его низких требований к полосе пропускания, а также возможности рендеринга произвольной точки обзора [7, 8, 9, 10].

Существует несколько способов получения карты глубины для изображения: при помощи анализа стереопары, с использованием структурированного света, проецирования паттерна в инфракрасном (ИК) спектре, с использованием времяпролётных (ToF) камер. Для устранения геометрических искажений цветного изображений используются кадры, полученные с разных ракурсов. Такое же количество изображений используется для устранения оптических искажений в изображении, полученном в ИК спектре. Для калибровки каждой из камер необходимо осуществить поиск матрицы камеры и коэффициенты дисторсии. Матрица камеры имеет следующий вид:

$$\begin{bmatrix} f_u & 0 & c_u \\ 0 & f_v & c_v \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где C_u и C_v – точки пересечения оптической оси с плоскостью изображения (координаты принципиальной точки), f_u, f_v – фокусное расстояние в едини-

цах высоты и ширины пиксела (рис. 3). Для устранения тангенсальной и радиальной дисторсий изображений можно использовать следующее выражение:

$$\begin{aligned} u_c &= u(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) + 2p_1uv + p_2(r^2 + 2u^2), \\ v_c &= v(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) + p_1(r^2 + 2v^2) + 2p_2uv \end{aligned} \quad (2)$$

где (u, v) – изначальное расположение пиксела на изображении, (u_c, v_c) – расположение пиксела после устранения геометрических искажений, k_1, k_2, k_3 – коэффициенты радиальной дисторсии, p_1, p_2 – коэффициенты тангенциальной дисторсии, $r^2 = u^2 + v^2$.

В большинстве случаев необходимо производить калибровку и совмещать цветное изображение с его картой глубины. Для определения точной корреляции пикселей двух изображений (цветного и карты глубины) необходимо перейти из координат пикселей на кадре глубины в трехмерные координаты ИК камеры [11]:

$$\begin{aligned} x_1 &= z_1 \frac{u_1 - c_{1,u}}{f_{1,u}}, \\ y_1 &= z_1 \frac{v_1 - c_{1,v}}{f_{1,v}} \end{aligned}$$

где (x_i, y_i, z_i) – координаты точки в системе координат ИК камеры, z_i – результат возвращаемый датчиком глубины, (u_i, v_i) – координаты пикселя на кадре глубины, $c_{1,u}, c_{1,v}$ – координаты оптического центра ИК камеры, $f_{1,u}, f_{1,v}$ – проекции фокусного расстояния ИК камеры.

На рис. 4 представлена процедура совмещения двух изображений, находящихся в различных координатах. Переход из системы координат ИК камеры к системе координат RGB камеры производится путём перемещения начала координат с помощью вектора переноса T и поворота системы координат с помощью матрицы вращения R :

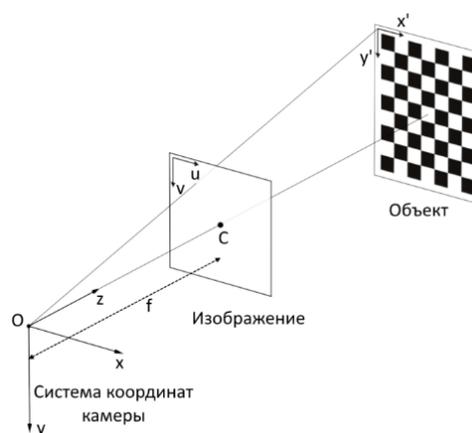


Рис. 3. Параметры оптической системы

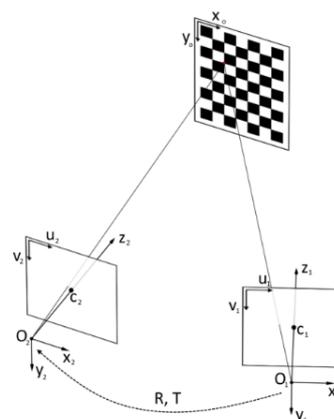


Рис. 4. Совмещение изображений

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} + T.$$

Таким образом, мы имеем координаты пиксела в трёхмерной системе координат цветной камеры. Их необходимо привести к двумерным координатам плоскости RGB-кадра:

$$\begin{aligned} u_2 &= x_2 \frac{f_{2,u}}{z_2} + c_{2,u} \\ v_2 &= y_2 \frac{f_{2,v}}{z_2} + c_{2,v} \end{aligned}.$$

В результате устранения тангенсальной и радиальной дисторсий изображений и последующего перспективного преобразования карты глубины получена совмещённая пара изображение / карта глубины. Такую пару можно считать полностью откалиброванной, и её можно использовать для получения виртуального ракурса.

Список используемых источников

1. Smolic A. 3D video and free viewpoint video—From capture to display // Pattern Recognition. 2011. Vol. 44. № 9. PP. 1958–1968.
2. Kanade T., Rander P., Narayanan P. J. Virtualized reality: constructing virtual worlds from real scenes // IEEE Multimedia. 1997. Vol. 4. № 1. PP. 34–47.
3. Zinger S., Do L., de With P.H.N. Recent developments in free-viewpoint interpolation for 3DTV // 3D Res. 2012. Vol. 3. № 1. P. 4.
4. Schwarz H., Marpe D., Wiegand T. Analysis of Hierarchical B Pictures and MCTF // 2006 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. Toronto, ON, Canada: IEEE, 2006. PP. 1929–1932.
5. Mori Y. et al. View generation with 3d warping using depth information for FTV. P. 4.
6. Merkle P. et al. The effects of multiview depth video compression on multiview rendering // Signal Processing: Image Communication. 2009. Vol. 24. № 1–2. PP. 73–88.
7. Gao L. et al. A newly virtual view generation method based on depth image // 2012 IEEE 11th International Conference on Signal Processing. Beijing, China: IEEE, 2012. PP. 1088–1091.
8. Ahn I., Kim C. A Novel Depth-Based Virtual View Synthesis Method for Free Viewpoint Video // IEEE Trans. on Broadcast. 2013. Vol. 59. № 4. PP. 614–626.
9. Zhu S., Xu H., Yan L. An Improved Depth Image Based Virtual View Synthesis Method for Interactive 3D Video // IEEE Access. 2019. Vol. 7. PP. 115171–115180.
10. Wang L. et al. View generation with DIBR for 3D display system // Multimed Tools Appl. 2015. Vol. 74. № 21. PP. 9529–9545.
11. Lachat E., Macher H. FIRST EXPERIENCES WITH KINECT V2 SENSOR FOR CLOSE RANGE 3D MODELLING. 2015. P. 8.

*Статья представлена заведующим кафедрой ТВиМ СПбГУТ,
доктором технических наук, профессором А. А. Гоголем.*

УДК 502.3:571.61
ГРНТИ 87.03.17

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНЕ КОСМОДРОМА «ВОСТОЧНЫЙ» И Г. ЦИОЛКОВСКИЙ

В. А. Феофилова

Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека

Статья посвящена обследованию загрязнения атмосферно воздуха в районе космодрома «Восточный». Описана краткая характеристика погодных условий вблизи космодрома «Восточный». Проведено эпизодическое обследование состояния атмосферного воздуха на территории г. Циолковского. По результатам замеров установлено, что концентрации всех контролируемых веществ в атмосферном воздухе селитебной зоны г. Циолковский были существенно ниже 0,5 гигиенических нормативов (ПДКм.р.).

космодром «Восточный», атмосферный воздух, состояние атмосферы, газоанализатор, мониторинг.

В наши дни космические технологии всерьез проникли в повседневные будни людей: без спутниковой и сотовой связи, без телевидения, без спутниковых интернет-каналов, без GRX/ГЛОНАСС-позиционирования большинство людей не видят своего существования.

Для создания и эксплуатации объектов и инфраструктуры космических технологий в пределах ближнего космического пространства необходима система их транспортировки ракетными носителями с поверхности Земли на необходимые орбиты.

Создаваемый в настоящее время космодром «Восточный» – российский космодром на Дальнем Востоке, в Амурской области, расположен в 10 километрах северо-восточнее города Циолковский (бывший Углегорск) и в 45 км севернее г. Свободный. Космодром «Восточный» – первый российский гражданский космодром.

«Восточный» располагается в регионе с муссонным климатом. Зимой там преобладает влияние Сибирского антициклона, по причине чего средняя температура наиболее холодного месяца января составляет $-25,6^{\circ}\text{C}$ (абсолютный минимум многолетних наблюдений $-49,0^{\circ}\text{C}$), при повышенном атмосферном давлении и слабых ветрах. С ноября по март преобладает солнечная погода, осадки в этот период года выпадают редко и в небольшом количестве. Лето дождливое, осадки 126 мм и влажность воздуха 70–99 %,

потому как оказывают большое влияние влажные воздушные массы с Тихого океана. Средняя температура июля высокая – +20,6°, а абсолютный максимум многолетних наблюдений достигает +39,1°. В переходные сезоны (апрель-май) эпизодически отмечаются сильные ветры до 20 м/с. Среднегодовой фон атмосферного давления выше нормы, влажность воздуха 50–60 %. В течение года наблюдается не менее 310 солнечных дней. Вследствие указанных климатических особенностей в зимние месяцы резко возрастает потенциал загрязнения атмосферы [1]. В рамках районирования территории России по величинам климатического потенциала загрязнения атмосферы [2] рассматриваемый район относится к зоне высокого потенциала загрязнения атмосферы. Исходя из климатических характеристик, также следует ожидать значительных сезонных изменений уровней загрязнения атмосферного воздуха, с максимумами в зимнее время.

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха в районе космодрома складывается под действием местных и региональных источников. Региональный уровень загрязнения атмосферы определяется совокупностью источников, которые располагаются в населенных пунктах по долинам рек Амура и Зеи, например, таких как ТЭЦ, котельные, транспорт, ремонтные предприятия и др., а также возможным трансграничным переносом с территории КНР.

Фоновому состоянию загрязнения атмосферного воздуха в районе космодрома «Восточный» можно дать оценку по уже имеющимся результатам исследований, которые были проведены во второй половине 1990-х годов в районе космодрома «Свободный». Данный космодром располагается в 45 км южнее космодрома «Восточный» и с 2007 года не функционирует [3].

Результаты, которые были получены в рамках изучения состояния загрязнения атмосферы в летнее время года в районе космодрома «Свободный», показали, что содержание химических элементов в атмосферном воздухе фоновых участков, территории космодрома существенно меньше соответствующих величин в районе г. Свободный и близко по величине к фоновым значениям, которые характерны для Восточной Сибири [3].

Исследование уровня фоновых и локальных загрязнений атмосферного воздуха в области космодрома «Свободный» в особенно ограничивающий по условиям загрязнения зимнего времени года осуществлялось в начале марта 1997 г. Были выбраны загрязняющие вещества: оксид и диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, хлорид водорода, общее содержание взвешенных частиц, алюминий, бериллий. В атмосферном воздухе в районе космодрома «Свободный» концентрации данных веществ не превышали допустимых норм [3].

На сегодня наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в районе расположения космодрома проводит центр гигиены и эпидемиологии ФМБА России и космический центр «Восточный».

В рамках исследовательской работы проводилось эпизодическое обследование состояния атмосферного воздуха проводилось на территории г. Циолковского с 24 сентября 2019 г. по 26 сентября 2019 г. в ранее намеченных контрольных точках. Целью являлось измерение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в разное время суток (утро, день, вечер) на высоте 1,8 метра от поверхности земли. Погодные условия в эти дни характеризовались в основном безветрием и большими скачками температуры (от 5 до 20 °С), что создавало предпосылки для скапливания концентраций в воздухе по утрам.

Для отбора проб атмосферного воздуха использовался портативный автоматический газоанализатор «ГАНК-4», который позволяет автоматически отбирать пробы воздуха, с последующим анализом и выдачей результатов. Измерения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проводились в 4-х реперных точках селитебной зоны города Циолковский (т. 1 – ул. Победы, 26, т. 2 – ул. Победы, 30, т. 3 – ул. Гагарина, 6, т. 4 – 3-я улица Строителей 6/1). Расположение точек показано на рис. Точки 1, 2 располагаются внутри квартала, между домов, точка 3 находится рядом с проезжей частью, точка 4 – рядом с детским садом.

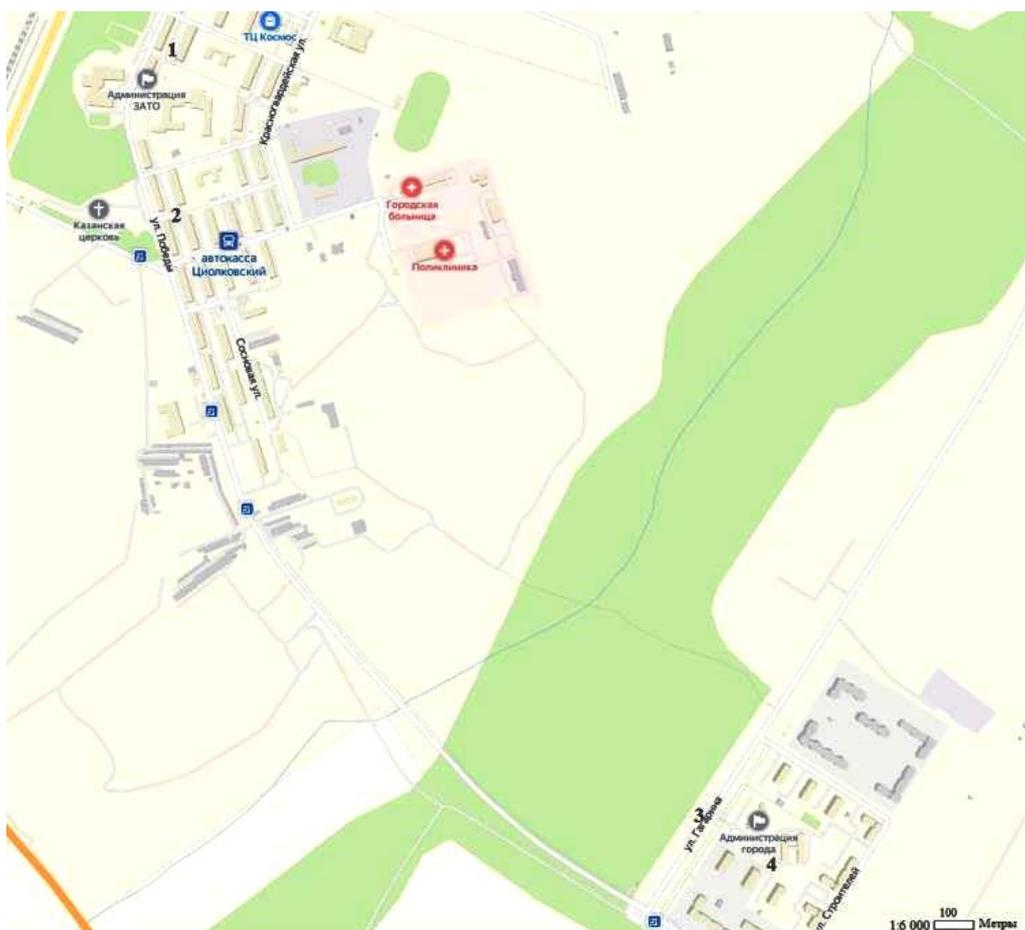


Рис. Карта–схема расположения точек отбора проб атмосферного воздуха в г. Циолковском

С учетом возможности газоанализатора «ГАНК-4» и ожидаемых источников загрязнения (автотранспорт, деятельность космодрома, котельные) были выбраны контролируемые вещества: углерода оксид, азота диоксид, азота оксид, серы диоксид, взвешенные вещества, диметиламин. Всего было сделано 43 замера. Результаты измерений представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории г. Циолковского за период 24.09 – 26.09.2019 г.

№ точки	Показатель	Наименование веществ							
		Углерода оксид	Азота диоксид	Азота оксид	Серы диоксид	Взвешенные вещества	Формальдегид	Диметиламин	
	ПДК _{мр} мг/м ³	5	0,2	0,4	0,5	0,5	0,05	0,005	
	Класс опасности	4	3	3	3	3	2	2	
т. 1	Число проб	2	3	2	2	3	2	4	
	Кратности конц. к ПДК	С _{мах}	0,642	0,0071	0,0057	0,0359	0,0075	0,002	0,000095
		С _{мах} /ПДК _{мр}	0,13	0,04	0,014	0,07	0,015	0,04	0,02
т. 2	Число проб	2	2	2	3	2	3	2	
	Кратности конц. к ПДК	С _{мах}	0,634	0,007	0,009	0,005	0,014	0,002	0,000086
		С _{мах} /ПДК _{мр}	0,31	0,035	0,023	0,01	0,03	0,04	0,02
т. 3	Число проб	1	1	1	1	1	1	1	
	Кратности конц. к ПДК	С _{мах}	0,601	0,006	0,007	0,002	0,004	0,002	0,000007
		С _{мах} /ПДК _{мр}	0,12	0,03	0,01	0,004	0,008	0,04	0,001
т. 4	Число проб	0	0	0	0	1	0	1	
	Кратности конц. к ПДК	С _{мах}	-	-	-	-	0,002	-	0,000005
		С _{мах} /ПДК _{мр}	-	-	-	-	0,004	-	0,001

Примечание: общее число проб по всем веществам и точкам = 43 проб, с превышением ПДК_{мр}. – 0 пробы (0 %).

По результатам замеров установлено, что концентрации всех контролируемых веществ в атмосферном воздухе селитебной зоны г. Циолковского были существенно ниже 0,5 гигиенических нормативов (ПДК_{мр}).

Наиболее близкими к ПДК_{мр} оказались концентрации оксида углерода (0,12–0,13 ПДК_{мр}), что объясняется влиянием немногочисленного местного автотранспорта. В то же время, если приведенные в табл. 1 концентрации являются для данных условий характерными, то следует ожидать близких к среднесуточным ПДК значений по таким веществам, как диоксид серы в точке 1 (жилая застройка), в связи с деятельностью котельных.

Для получения более представительных характеристик следует продолжить наблюдения, особенно в зимний период.

Список используемых источников

1. Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры [Электронный ресурс]. URL: <http://www.russian.space/> (дата обращения: 20.02.2020)
2. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л. : Гидрометеиздат, 1980. 184 с.
3. Проект обоснования санитарно-защитной зоны площадок №№1, 2, 3 космодрома «Восточный» ПЗ. Проектная документация. Том 1. Часть 1. 943-КИ 92/110770/2-СЗЗ-ПЗ. ООО «Консалтинговая компания «ЭКОТЕХГАРАНТИЯ», 2013. 233 с.

Статья представлена профессором кафедры ЭБТ СПбГУТ, доктором географических наук, профессором В. И. Стурманом.

УДК 621.396.969
ГРНТИ 47.49.29

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ В СЕТЯХ РАДИОДОСТУПА 5G. КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРІ

Г. А. Фокин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Методы и средства сетевой геолокации абонентов на протяжении последних со- рока лет совершенствовались вместе с эволюцией поколений сетей мобильной связи. В отличие от предыдущих поколений в перспективных сетях 5G технологиям геолокации придается особое значение, подтверждением чего служат последние рекомендации 3GPP TR 22.862 и 3GPP TR 22.872. Согласно спецификации 3GPP TR 22.862 о реализуемости новых услуг для сетей связи 5G определены некоторые сценарии использования позиционирования с повышенной точностью. Повышенные требования к точности позиционирования включают в себя оперативность получения, надежность и доступность данных искомого местоположения. В некоторых сценариях необходимо предусмотреть передачу данных о местоположении другому сетевому устройству. При этом следует различать передачу первичных измерений и результатов обработки в виде оценок координат. Также следует различать задачу определения абсолютных

(географических) координат и оценку относительного местоположения, например, удаление относительно соседнего устройства, препятствия. В настоящем обзоре приводятся ключевые индикаторы показатели качества позиционирования.

позиционирование, сотовые сети подвижной радиосвязи, ключевые показатели эффективности KPI.

Одним из перспективных приложений сетей 5G, где задача позиционирования особенно востребована, является определение местоположения (ОМП) в целях предотвращения столкновений транспортных средств: каждое транспортное средство должно «знать» свое местоположение и местоположение соседних автомобилей, а также ожидаемые пути их передвижения для предупреждения столкновений. Системы позиционирования в сетях подвижной связи пятого поколения в зона позиционирования повышенной точности потребуют точности менее 1 м в более чем 95 % зоны обслуживания, включая ОМП в городе, сельской местности и внутри помещений. Позиционирование с повышенной точностью в СПС 5G должно поддерживаться в зонах дородного движения, туннелях, подземных паркингах и внутри помещений. На рис. 1 показан пример сценариев позиционирования с обычной и повышенной точностью [1]. Предполагается, что повышенная точность сможет быть обеспечена в условиях сверхплотного размещения устройств, образующих сеть.

В спецификации 3GPP TR 22.872 [2] систематизированы сценарии использования и приложения позиционирования в СПС 5G и соответствующие требования к ним. Позиционирование, согласно рекомендации [2], может выполняться как технологиями 3GPP, так и другими технологиями определения местоположения, или же их комбинацией. Приложения позиционирования подразделяются на следующие сценарии позиционирования: а) услуги LBS (*Location-based Service*) – тип информационных и развлекательных услуг, основанных на определении текущего местоположения устройства; б) в промышленности/производстве и здравоохранении; в) в чрезвычайных и критически важных ситуациях; г) в задачах управления дорожным движением; д) в задачах управления железнодорожным и морским сообщением; е) в задачах управления воздушным сообщением; ж) другие сценарии позиционирования. К каждому приложению и сценарию предъявляются свои специфические требования определения местоположения.

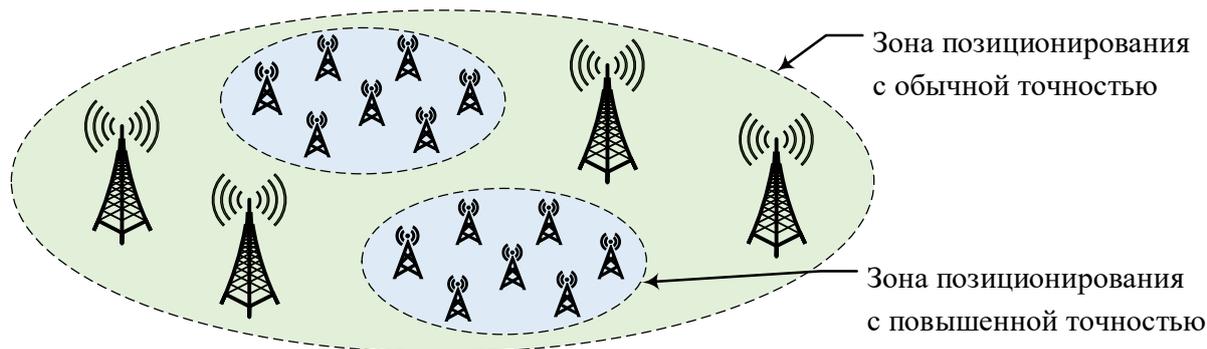


Рис. 1. Зоны позиционирования с повышенной точностью

Для характеристики эффективности задач позиционирования в сетях 5G вводятся следующие ключевые показатели эффективности KPI [2]:

Точность позиционирования (оценки координат) определяет близость измеренной/вычисленной оценки координат абонентского устройства UE к истинному местоположению (МП). Может характеризовать как точность МП в абсолютных (географических) координатах, так и точность относительного местоположения. Подразделяется на горизонтальную точность на плоскости 2D, и вертикальную точность по высоте в пространстве 3D.

Точность скорости (оценки скорости) определяет близость измеренной/вычисленной скорости UE к истинной скорости UE.

Точность направления определяет близость измеренного/вычисленного направления на устройство UE к истинному направлению UE. Измеренное и истинное направление на UE определяются в связанной системе координат с использованием углов курса, тангажа и крена (рис. 2).

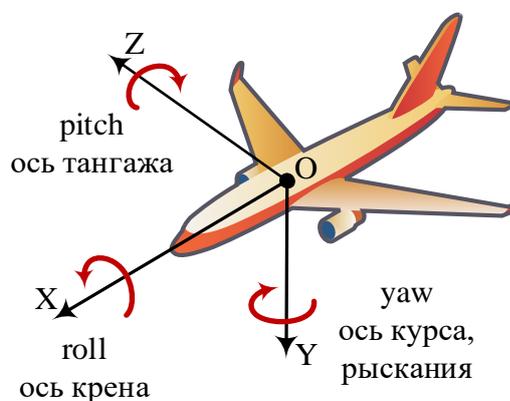


Рис. 2. Связанная система координат: углы курса, тангажа и крена

Для движущегося UE под направлением понимают направление вектора скорости; данный показатель можно объединить с точностью оценки скорости.

Примечание. Связанная система координат – это система координат, используемая для анализа движения воздушных судов в механике полета. Она состоит из продольной OX, поперечной OZ и вертикальной осей OY, которые проходят через центр масс движущегося объекта. В качестве продольной оси OX используют строительную ось самолёта. При вращении вокруг неё самолёт опускает одну и поднимает другую консоль крыла. Такое движение называется «крен» (*roll*). Вертикальная ось OY – ось, лежащая

в плоскости симметрии самолёта и перпендикулярная его продольной оси. Вращение вокруг неё называется «рыскание» (*yaw*). Самолёт при этом поворачивает нос влево или вправо. Поперечная ось OZ – это ось, перпендикулярная плоскости симметрии самолёта, направленная в сторону правой консоли крыла, дополняющая, таким образом, связанную систему координат до правой тройки векторов. При вращении вокруг этой оси самолёт опускает и поднимает нос. Это движение (и образуемый с горизонтальной плоскостью угол) называется «тангаж» (*pitch*).

Точность временной метки определяет близость временной метки, с которой ассоциируется измеренное/вычисленное местоположение, к истинному моменту времени измерения/вычисления местоположения.

Доступность определяет процент времени, в течении которого система обеспечивает оценку местоположения с заданными требованиями.

Задержка определяется как время, прошедшее с момента запроса на позиционирование до момента получения данных местоположения. При инициализации (установке в исходное состояние, начальной загрузке, задании начальных условий) системы позиционирования задержка определяется как время первого срабатывания TTFF (*Time to First Fix*)

Время срабатывания TTFF определяется как время, прошедшее с момента первого после инициализации системы позиционирования запроса на позиционирование до момента получения данных местоположения. Время срабатывания больше задержки или равно задержке.

Частота обновления определяется как частота, с которой данные о местоположении формируются системой позиционирования. Частоты обновления есть величина обратная интервалу времени формирования двух последовательных наборов данных о местоположении.

Энергопотребление определяется как мощность в мВт, необходимая для формирования набора данных о местоположении.

Энергопотребление на срабатывание определяется как энергия в мДж, необходимая для формирования набора данных о местоположении и представляет собой интегральную оценку энергопотребления системы позиционирования на заданном интервале времени; включает как энергопотребление, расходуемое на вычислительную обработку для формирования набора данных о местоположении, так и энергопотребление в режиме ожидания между обработкой двух последовательных запросов на формирование данных о местоположении. Этот показатель может использоваться вместо энергопотребления для систем ОМП, которые задействуются эпизодически, а в остальное время пребывают в режиме ожидания.

Масштабируемость определяется как число устройств, для которых система позиционирования может установить их местоположение в заданное время с требуемой частотой обновления.

Перечисленные KPI зависят от степени подвижности UE и от его МП в соте: в зоне с обычной или повышенной точностью позиционирования.

В дополнение к перечисленным KPI при анализе сценариев позиционирования следует учитывать следующие обстоятельства.

Среда функционирования: физическая среда, в которой функционирует устройство, в том числе масштаб зоны обслуживания (здание, зона радиопокрытия БС, региональное или глобальное радиопокрытие), условия РРВ (наличие или отсутствие препятствий, город, пригород, село, тоннели).

Зона позиционирования сети 5G: зона обслуживания сети 5G, в которой реализуются как услуги связи 5G, так и услуги позиционирования 5G.

Ограниченная зона позиционирования: часть зоны позиционирования сети 5G, где реализуются специфические услуги определения местоположения, в том числе с повышенными показателями KPI.

Зона позиционирования с повышенной точностью: часть зоны позиционирования сети 5G с дополнительной инфраструктурой, где реализуется ОМП с повышенной точностью; например, в больницах можно организовать слежение за пациентами и медицинским персоналом с повышенной точностью и доступностью, в том числе за счет более плотного распределения сетевых устройств как снаружи, так и внутри помещений, а также совместной обработки измерений.

Степень подвижности: абонентское устройство UE может быть стационарным, или подвижным; для подвижных устройств показатели позиционирования определяются в том числе скоростью и траекторией движения.

Плотность устройств: определяется как число устройств UE на км².

Плотность опорных устройств: определяет влияние фактора плотности распределения опорных устройств, участвующих в сеансе позиционирования; для некоторых зон обслуживания, например, больниц, может оказаться предпочтительным та или иная плотность и конфигурация опорных устройств для повышения показателей позиционирования.

Список используемых источников

1. 3GPP TR 22.862 V14.1.0 (2016-09) // 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers for Critical Communications; Stage 1. (Release 14).

2. 3GPP TR 22.872 V16.1.0 (2018-09) // 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on positioning use cases; Stage 1 (Release 16).

УДК 621.396.969
ГРНТИ 47.49.29

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ В СЕТЯХ РАДИОДОСТУПА 5G. УСЛУГИ ГЕОЛОКАЦИИ

Г. А. Фокин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящем обзоре приводится анализ услуг и приложений геолокации для внедрения в перспективных сетях радиодоступа. Среди рассматриваемых услуг геолокации LBS: велопрокат, или система совместного использования велосипедов, дополненная реальность, носимые устройства, рекламные уведомления, управление потоками. Среди приложений позиционирования в промышленности и здравоохранении: позиционирование мед. персонала и оборудования в больнице, позиционирование тележек, управление отходами, управление контейнерами. Среди приложений позиционирования для ж/д и морских грузоперевозок: отслеживание имущества (контейнеров). Для рассмотренных приложений приводятся количественные показатели эффективности позиционирования KPI.

позиционирование, сотовые сети подвижной радиосвязи, ключевые показатели эффективности KPI.

Услуги геолокации LBS. Велопрокат [1], или система совместного использования велосипедов (байкшеринг) – система проката, позволяющая арендовать велосипед на одной из автоматизированных станций, совершить поездку и вернуть велосипед в любой пункт проката. На велосипедах устанавливаются модуль позиционирования 5G, который может использовать комбинацию технологий позиционирования 3GPP и сторонних технологий, таких как ГНСС (BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS), TBS, Bluetooth, WLAN, RFID. Система позиционирования 5G обеспечивает определение местоположения велосипеда с горизонтальной точностью 2 м, доступностью 90 % с задержкой не более 1 с. Приложение на абонентском устройстве позволяет определить ближайший пункт проката и арендовать свободный велосипед. При передвижении со скоростью 15–20 км/с система позиционирования 5G отслеживает местоположение велосипеда. После поездки велосипед возвращается на ближайший пункт проката

Дополненная реальность (AR, *Augmented Reality*) [1] – результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации. Очки дополненной реальности накладывают контекстуальную информацию в поле зрения

пользователя в зависимости от его местоположения, скорости и направления движения. Вместе с сервисами LBS средства AR поддерживают различные развлекательные приложения досуга, включая спортивные мероприятия, например, предоставляют актуальные сведения о погоде, силе ветра, глубине снега для лыжников, мотоциклистов, серфингистов и др. Модули 5G позиционирования могут быть интегрированы в очки дополненной реальности, или подключены к ним. Пользователь имеет доступ к серверу AR через сеть 5G; сервер AR, в свою очередь, имеет доступ к контекстуальной информации, связанной с текущим местоположением пользователя. Система позиционирования 5G обеспечивает определение местоположение для поддержки приложений AR с горизонтальной точностью от 1 до 3 м, доступностью 80 % и скоростью движения не более 50 км/ч снаружи помещений; при движении со скоростью до 130 км/ч горизонтальная точность снижается до 10 м; точность определения скорости и направления движения составляет при этом не более 2 м/с и 10° соответственно. Данные позиционирования для приложений AR должны иметь время срабатывания TTFF не более 10 с.

Носимые устройства [1]. Носимые устройства получают все большее распространение; наиболее ярким примером носимых устройств являются смарт-часы. Современные умные или смарт-часы – это носимые компьютеры, которые поддерживают сторонние приложения, управляются мобильными операционными системами и могут выступать в качестве мобильных медиа-плееров. С помощью смарт-часов можно принимать звонки, отвечать на SMS и электронную почту. Некоторые смарт-часы работают в паре со смартфоном и выступают в роли вспомогательного экрана, который оповещает о поступлении новых уведомлений. С точки зрения задач позиционирования интерес представляют смарт устройства с возможностью определения местоположения, отслеживания перемещений, мониторинга активности для аудитории детей и пожилых людей. К таким носимым устройствам предъявляются требования пониженного энергопотребления с возможностью продолжительной автономной работы. Задачи позиционирования могут решаться как снаружи, так и внутри помещений с точностью ОМП по вертикали от 1 до 3 м. В обычном режиме функционирования носимого устройства, где позиционирование должно осуществляться непрерывно, интервал обновления данных о местоположении должен быть от 1 до 10 с; горизонтальная точность позиционирования должна быть не более 2 м, с доступностью 99 % и задержкой не более 1 с. В режиме энергосбережения носимого устройства интервал обновления данных о местоположении может быть от 30 до 300 с; горизонтальная точность позиционирования при этом должна быть не более 2 м, с доступностью 90 % и задержкой не более 1 с. Значение показателя TTFF не должно превышать 10 с.

Рекламные уведомления [1]. Рассылка навязчивых рекламных уведомлений без должного гибкого контекстуального механизма обычно неэффективна. Использование данных о текущем местоположении абонента могло бы повысить позитивное восприятие пользователем получаемых рекламных уведомлений с учетом контекста геолокации. Пользователи сети 5G имеют встроенный модуль позиционирования 5G, который может использовать комбинацию технологий позиционирования 3GPP и сторонних технологий, таких как GNSS, TBS, Bluetooth, WLAN. Сеть 5G должна располагать сервером анализа данных геолокации пользователей, на основании которого можно организовать комфортную для пользователей рассылку рекламных уведомлений. Реализация данного сценария требует согласия пользователя и предъявляет следующие требования: горизонтальная точность позиционирования не более 3 м, вертикальная точность не более 3 м, доступность 90 %, задержка не более 1 мин.

Управление потоками [1]. Задача управления потоками пассажиров актуальна в больших транспортных хабах, в том числе, аэропортовых комплексах. Технические возможности определения местоположения могли бы существенно облегчить пассажирам нахождение маршрута для своего рейса внутри аэропорта. Для реализации подобного сценария на устройство пользователя с модулем позиционирования 5G можно установить приложение, которое проложит оптимальный по заданным критериям маршрут перемещения внутри аэропорта. Реализация данного сценария в зоне позиционирования повышенной точности, преимущественно внутри помещений, предъявляет следующие требования: горизонтальная точность позиционирования не более 10 м, вертикальная точность не более 3 м, доступность 80 %, частота обновления 0,1 Гц, TTFF не более 10 с.

Позиционирование в промышленности и здравоохранении. Позиционирование мед. персонала и оборудования в больнице [1]. Данный сценарий востребован в таких медучреждениях как психиатрические и гериатрические больницы для определения местоположения пациентов в реальном времени на территории больницы (как внутри, так и снаружи помещений) для своевременного оповещения медперсонала о прецедентах выхода пациентов за разрешенные границы; также позиционирование востребовано для определения текущего местоположения медперсонала и медицинского оборудования (например, тележки с реанимационным набором), особенно в экстренных случаях. Для реализации данного сценария на пациенте или враче/медсестре должно быть носимое устройство (например, браслет у пациента и смартфон у медперсонала) с модулем позиционирования 5G. Модуль позиционирования 5G работает в связке со связным модулем 5G. Территорию больницы, включающую пространство как внутри, так и снаружи помещений можно рассматривать как зону позиционирования с повышен-

ной точностью. Реализация данного сценария предъявляет следующие требования: горизонтальная точность позиционирования не более 3 м, вертикальная точность не более 2 м (с точностью до этажа), доступность 99 %, задержка не более 1 мин. Также накладываются ограничения на форм-фактор, вычислительные ресурсы, ограниченный набор технологий радиодоступа и энергопотребление модуля позиционирования 5G.

Позиционирование тележек [1]. В данном сценарии речь идет о так называемых платформенных тележках, в том числе, складских тележках. Они могут использоваться не только в складском деле, но и на заводах в промышленном производстве, в оптовой и розничной торговле. Позиционирование тележек позволяет отслеживать потоки перемещения товаров и должно учитывать инфраструктуру и пространство промышленного предприятия или склада. Предполагается, что тележка оборудована модулем позиционирования 5G; местоположение тележки может определяться как эпизодически по запросу, так и периодически с заданным интервалом. Реализация данного сценария предъявляет следующие требования: горизонтальная точность позиционирования не более 0,5 м, вертикальная точность от 1 до 3 м, доступность 99 %, задержка не более 20 мс при скорости движения тележки до 50 км/ч внутри помещений с площадью от 1 000 до 100 000 м².

Управление отходами [1]. В данном сценарии речь идет о комплексе мероприятий по сбору и транспортировке мусора, а также контроле за данными процессами. Различные датчики на контейнерах мусора вместе с технологиями позиционирования могут способствовать оптимизации процесса управления отходами за счет автоматического сбора актуальных данных (например, о наполненности контейнера) и их обработке (например, адаптации традиционно регулярного маршрута следования мусоровозов в зависимости от наполненности контейнеров). Предполагается, что контейнеры оборудованы датчиком наполненности и модулем позиционирования 5G; местоположение и наполненность контейнера передается в систему управления отходами, которая может адаптивно организовывать вывоз мусора. Местоположение контейнера снаружи или внутри помещений может определяться как эпизодически по запросу, так и периодически с интервалом от 2 часов до нескольких дней. Реализация данного сценария предъявляет следующие требования: горизонтальная точность позиционирования не более 3 м, вертикальная точность не более 2 м, доступность 99 %, задержка не более 1 мин. Также накладываются требования энергопотребление с общим временем автономной работы до 15 лет при энергозатратах на сеанс позиционирования не более 5 % (9 месяцев из 15 лет).

Управление контейнерами [1]. Товары транспортируются, как правило, в контейнерах, поэтому вопросы автономного управления контейнерами

становятся все более актуальными. Контейнеры могут храниться в различных местах, например, на кораблях, доках, складах, заводах. Для минимизации занимаемого места контейнеры, как правило, ставят друг на друга, поэтому задача их позиционирования представляется актуальной.

Позиционирование для ж/д и морских грузоперевозок. Отслеживание имущества (контейнеров) [1]. Морские и ж/д перевозки контейнеров являются важной составляющей современной логистики. При перевозке грузов морским транспортом используется так называемое фрахтование. Возможности позиционирования и отслеживания контейнеров позволяют оптимизировать логистику. Предполагается, что контейнер (цистерна, вагон) оборудован модулем позиционирования 5G с возможностью продолжительной (до 15 лет) автономной работы. Зонами позиционирования являются склады и порты, а также борт судна или платформа товарного вагона. Зоны позиционирования с повышенной точностью на складе, развернутые на складах снаружи и внутри помещений, могут иметь площадь до 10 км² и плотность объектов позиционирования выше 100 000 на км². Позиционированием и отслеживанием контейнеров занимается так называемая подсистема управления имуществом ASM (*Asset Management System*). К позиционированию контейнеров предъявляются требования по точности определения их местоположения в пространстве, так они могут располагаться друг на друге при транспортировке и хранении на складе. Для ОМП стационарного контейнера на складе снаружи или внутри помещений в зоне позиционирования с повышенной точностью предъявляются следующие требования: горизонтальная и вертикальная точность позиционирования 1 м, частота обновления данных о местоположении не более 1 Гц, доступность 99 %, задержка не более 1 с, TTFF не более 10 с. Также данные позиционирования должны быть конфиденциальны и защищены от спуфинга и фальсификации. Для ОМП подвижного контейнера со скоростью транспортировки до 180 км/ч снаружи помещений в широкой зоне позиционирования предъявляются требования: горизонтальная точность от 10 до 30 м, доступность 99 %, точность оценки скорости порядка 5 м/с, интервал обновления данных о местоположении и скорости может составлять от 300 с до 24 часов. Также предъявляются требования по ограничению энергопотребления величиной в 20 мДж на сеанс позиционирования.

Список используемых источников

1. 3GPP TR 22.872 V16.1.0 (2018-09) // 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on positioning use cases; Stage 1 (Release 16).

УДК 621.396.969
ГРНТИ 47.49.29

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СЕТЯХ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ. СТАНДАРТЫ

Г. А. Фокин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Основным стимулом появления и развития стандартов для определения местоположения (ОМП) в системах подвижной радиосвязи (СПРС) было позиционирование в случае экстренного вызова E911/E112. Данная техническая возможность не тарифицируется оператором и является обязательной к реализации национальным регулятором. Помимо регулятора возможности ОМП представляют интерес как для самих операторов в целях оптимизации работы радиосети, так и для третьих сторон в целях коммерциализации различных услуг геолокации. В первом случае говорят об организации радиосвязи, основанной на местоположении LAC (Location Aware Communication), что позволяет повысить пропускную способность и эффективность функционирования радиосети, например, за счет управления радиоресурсами, а также за счет организации пространственного уплотнения одновременных передач при адаптивном диаграммообразовании. Несмотря на то, что подход LAC может повысить эффективность построения и функционирования СРД, среди операторов долгое время не наблюдалось энтузиазма в части инвестиций в сетевую инфраструктуру для позиционирования. Ожидаемый выигрыш мог быть нивелирован затратами; дополнительным препятствием являлось требование конфиденциальности МП АТ. Однако на сегодняшний день есть основания полагать, что тенденцию удалось переломить.

позиционирование, сотовые сети подвижной радиосвязи, базовая станция, абонентский терминал, 2G, 3G, 4G, GSM, UMTS, LTE.

Начало стандартизации требований к позиционированию в СПРС было положено в 1996 году, когда Федеральная комиссия по электросвязи FCC (*Federal Communications Commission*) в отчете FCC 96-264 [1] определила фазы внедрения служб ОМП в СПРС для случаев экстренного вызова. В результате апробации возможностей ОМП на функционирующих сетях в 1999-м году в отчете FCC 99-245 [2] было решено дифференцировать требования в зависимости от того, где осуществляется обработка измерений. При позиционировании в устройстве требовалась точность 50 м для 67 % и 150 м для 95 % вызовов. При позиционировании сетью требовалась точность 100 м для 67 % и 300 м для 95 % вызовов. Точность в первом случае оказывалась выше за счет возможности комбинирования различных измерений.

В 2010-м году требования ОМП в СПРС были актуализированы в FCC 10-176 [3] для приведения к показателям общественной безопасности. При позиционировании в устройстве должна была обеспечиваться точность 50 м для 67 % и 100 м для 90 % вызовов. При позиционировании сетью должна была обеспечиваться точность 100 м для 67 % и 300 м для 90 % вызовов.

В 2014-м в FCC 14-13 [4] установлены требования ОМП внутри помещений с точностью 50 м по горизонтали и 3 м по вертикали для 67 % вызовов E911. В 2015-м в FCC 15-9 [5] установлено ограничение на задержку ОМП не более 30 с. Также появились требования к 3D позиционированию внутри помещений с точностью до квартиры в многоквартирном доме.

В СПРС 2G GSM изначально стандартов для позиционирования не было. Для целей радиосвязи были специфицированы два способа синхронизации передач. В GSM фазе 1 для улучшения хэндовера была предложена процедура синхронизации по метрике двойного оборота RTT в UL. На основе RTT AT мог установить временное упреждение TA для передачи в UL. В GSM фазе 2 была определена процедура синхронизации OTD, основанная на измерении в DL разности времен прихода сигналов от двух БС. Таким образом, возможности позиционирования в сетях 2G GSM были ограничены использованием дальномерных измерений по сигналам пакетов SB с. Опыт ОМП в СРД GSM показал необходимость синхронизации БС как опорных пунктов приема для реализации механизмов трилатерации в перспективе.

В 1998 году был создан консорциум 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), разрабатывающий спецификации для СПРС. Функциональное описание сервисов геолокации LCS (*Location Service*) в СПРС 2G GSM было разработано в 1999 году в 3GPP TS 03.71 [6]. Для GSM были определены следующие методы позиционирования: Cell ID, TA, uplink TOA, E-OTD (*enhanced OTD*); также в 2000-х был предложен метод A-GPS, в котором СПРС дополняли возможности спутниковой навигации. Полное описание сервисов LCS для GSM помимо требований к позиционированию, включало требования к другим KPI и содержалось в 3GPP TS 22.071 [7].

В СПРС 3G UMTS функциональное описание сервисов геолокации было разработано в 1999 году в 3GPP TS 25.305 [8]. Для UMTS были определены следующие методы позиционирования: Cell ID, OTDOA (*Observed TDOA*) с периодами *idle periods* в канале вниз DL (IDDL) и A-GPS. Измерения задержек прихода сигнала осуществлялись в нисходящем направлении DL по пилотному каналу CPICH. В 2005-м году в 7-м релизе 3GPP TS 25.305 [9] была добавлена поддержка метода UTDOA (*Uplink TDOA*). В 2010-м году в 10-м релизе 3GPP TS 25.305 [10] была добавлена поддержка метода сопоставления образов местоположения по радиокarte RFPM (*RF Pattern Matching*) для повышения точности позиционирования методом Cell ID.

В СПРС 3.9G поддержка технологий позиционирования в сетях 3.9G LTE релизов 8 и 9 была специфицирована в 2008 году в RP-080995 [11]; задачей спецификации была разработка протокола и метода позиционирования АТ в DL, а также разработка систем А-GNSS в части определения методов поддержки систем спутниковой навигации в местах слабого приема спутникового сигнала. Метод позиционирования в канале DL был похож на уже реализованные методы E-OTD в GERAN и OTDOA в UTRAN. Объектом дальнейшего совершенствования в сетях LTE был метод OTDOA с IDDL из UMTS, в котором предлагалось использовать выделенные опорные сигналы для позиционирования PRS. Сигнал PRS мог располагаться в разных подкадрах для измерения RSTD. В 2009-м году в 9-м релизе 3GPP TS 36.305 [12] в качестве решений для сетей LTE были специфицированы методы enhanced Cell ID (E-CID), OTDOA с выделенным сигналом позиционирования PRS, а также А-GNSS. В 9-м релизе 3GPP TS 36.355 [13] была специфицирована поддержка протокола позиционирования LPP (LTE Positioning Protocol); в 9-м релизе 3GPP TS 22.071 [14] были актуализированы сервисы геолокации. В 4-м релизе были предложены методы OTDOA-PE, а также DGPS-A.

СПРС 4G LTE-Advanced стандартизированы в 10-м релизе 3GPP и призваны удовлетворить требования 4G: пиковая скорость до 1 Гбит/с для малоподвижных и до 100 Мбит/с для высокоподвижных абонентов. Эволюция СПРС с LTE-A внесла понятие гетерогенных сетей с макро и микросотами и такими техническими решениями как агрегация полос CA (*Carrier Aggregation*), координированная многоточечная передача и прием CoMP (*Coordinated Multipoint*) и технологии MIMO; ширина частотного канала в LTE-A могла достигать до 100 МГц. В СПРС 4G LTE-A для ОМП рассматривались следующие возможности.

1) Сетевое позиционирование (*Network Based*). В 2012-м году в 11-м релизе 3GPP TS 36.305 [15] было включено позиционирование UTDOA для дополнения систем А-GNSS в условиях слабого приема спутникового сигнала, а также для поддержки станций без возможности обработки сигналов в DL по методу OTDOA. Измерения в UTDOA производятся в LMU [16] по сигналам UL в физическом канале передачи пользовательского трафика и сигнализации PUSCH (*Physical Uplink Shared Channel*).

2) Метод RFPM или метод радиокарты RF fingerprinting является дополнительным методом в протоколе LPP к уже существовавшим методам, определенным в релизе 9. Включение метода радиокарты RFPM в LTE было специфицировано в 2013-м году в 12-м релизе 3GPP TR 36.809 [17].

3) Улучшенное позиционирование. Объектом улучшения для сетей LTE-A выступали определенные в 9-м релизе методы OTDOA и E-CID. Инструменты повышения точности были специфицированы в 13-м релизе 3GPP TR 36.855 [18] и включали следующие возможности: а) разнесенная

передача/прием сигналов PRS; б) гетерогенная сеть с макро и микросотами (последние при этом могли улучшить прием сигналов PRS); в) множественные соты с CA/CoMP для повышения точности позиционирования E-CID. На рис. представлена хронология стандартов позиционирования в СПРС 2G–4G.

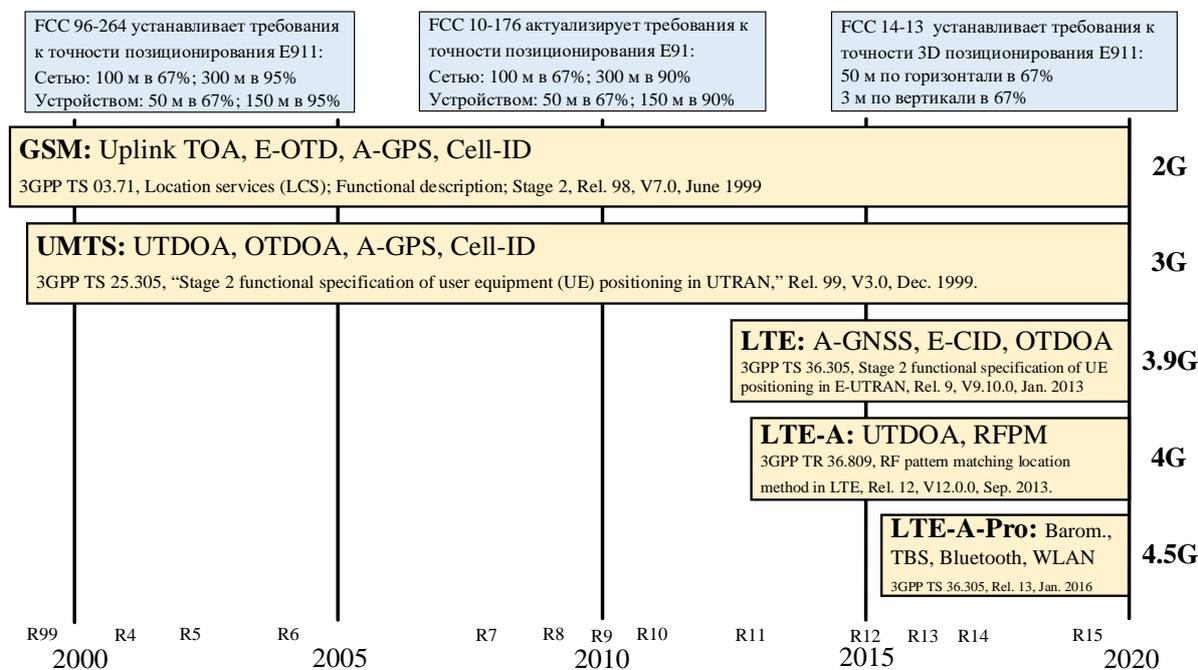


Рис. Хронология развития стандартов позиционирования в сетях 2G–4,5 G

В СПРС 4.5G, известным с 13-го релиза как LTE-Advanced Pro, консорциумом 3GPP отводилась особое внимание позиционированию внутри помещений, что объяснялось повышенными требованиями по точности ОМП внутри помещений, регламентированными FCC для служб E911; доработки были специфицированы в 2016-м году в 3GPP TR 37.857 [19]. Благодаря влиянию FCC стандартизация технологий позиционирования получила новый стимул; было предложено несколько улучшений существующих методов 3GPP: OTDOA, UTDOA, E-CID, RFPM, а также технологий позиционирования, отличных от 3GPP, таких как A-GNSS, маяки TBS, СРД WiFi/Bluetooth, использование барометра. В СПРС 4,5G LTE-A Pro для ОМП рассматривались следующие возможности.

1) Улучшение метода OTDOA путем: а) повышения характеристик передачи сигнала PRS в полосе частот более 20 МГц за счет агрегации полос; б) использования новых форматов PRS в нелицензируемых диапазонах (LTE-U); в) повышения вероятности радиоприема сигналов PRS в сценариях CoMP с большим числом пикосот.

2) Использование D2D: устройства UE, выполняющие роль опорных пунктов с известным местоположением, могли кооперироваться с устройствами UE – объектами позиционирования, для повышения точности ОМП посредством дальномерных и мощностных измерений по каналу PS-DCH (Physical Sidelink Discovery Channel), специфицированному в релизе 12.

3) Использование MIMO: ОМП по вертикали может быть улучшено посредством множественных антенн и технологии диаграммообразования по высоте elevation beamforming или MIMO полного измерений full dimension EB/FD MIMO.

4) WLAN/Bluetooth: дальномерные и мощностные измерения СРД WLAN/Bluetooth могут быть объединены с измерениями сети 3GPP.

5) TBS: включение маяков TBS в пределах развернутой инфраструктуры СПРС может повысить точность ОМП.

6) Барометр: включение барометра в перечень средств позволяет повысить вертикальную точность ОМП. TBS, WLAN/Bluetooth и барометр были специфицированы в 2016-м году в 13-м релизе 3GPP TS 36.305 [20].

Список используемых источников

1. FCC 96-264. Report & order and further notice of proposed rulemaking on revision of the FCC rules to ensure compatibility with enhanced 911 emergency calling systems. 1996.

2. FCC 99-245. Third report and order on E-911 phase II requirements. tech. rep., Sept. 1999.

3. FCC 10-176. Second report and order on wireless E911 location accuracy requirements. tech. rep., Sept. 2010.

4. FCC 14-13. Third further notice of proposed rulemaking on wireless E911 location accuracy requirements. tech. rep., Feb. 2014.

5. FCC 15-9. Fourth report and order on wireless E911 location accuracy requirements. tech. rep., Jan. 2015.

6. 3GPP TS 03.71. Location services (LCS); Functional description; Stage 2. Rel. 98, V7.0.0, June 1999.

7. 3GPP TS 22.071. Location services (LCS); Service description; Stage 1. Rel. 1999, V3.1.0, Oct. 1999.

8. 3GPP TS 25.305 // Stage 2 functional specification of user equipment (UE) positioning in UTRAN. Rel. 99, V3.0.0, Dec. 1999.

9. 3GPP TS 25.305. Stage 2 functional specification of user equipment (UE) positioning in UTRAN. Rel. 7, V7.0.0, June 2005.

10. 3GPP TS 25.305. Stage 2 functional specification of UE positioning in UTRAN. Rel. 10, V10.0.0, Sep. 2010.

11. RP-080995. Positioning support for LTE. 3GPP, Alcatel-Lucent, AT&T, CMCC, Ericsson, KDDI, Nokia Siemens Networks, Nortel Networks, Qualcomm Europe, Spirent Telecommunication Systems, US Cellular Corporation, Verizon, RAN#42, Dec. 2008.

12. 3GPP TS 36.305. Stage 2 functional specification of UE positioning in E-UTRAN. Rel. 9, V9.0.0, Sep. 2009.

13. 3GPP TS 36.355. LTE Positioning Protocol (LPP), Rel. 15, V15.5.0, Sep. 2019.

14. 3GPP TS 22.071. Location services (LCS); Service description; Stage 1. Rel. 9, V9.1.0, Sep. 2009.

15. 3GPP TS 36.305. Stage 2 functional specification of UE positioning in E-UTRAN. Rel. 11, V11.0.0, Jul. 2012.
16. 3GPP TS 36.111. LMU performance specification; Network based positioning systems in E-UTRAN. Rel. 11, V11.4.0, Oct. 2014.
17. 3GPP TR 36.809. RF pattern matching location method in LTE. Rel. 12, V12.0.0, Sep. 2013.
18. 3GPP TR 36.855. Feasibility of positioning enhancements for EUTRA. Rel. 13, V13.0.0, Jan. 2015.
19. 3GPP TR 37.857. Study on indoor positioning enhancements for UTRA and LTE. Rel. 13, V13.1.0, Jan. 2016.
20. 3GPP TS 36.305. Stage 2 functional specification of UE positioning in E-UTRAN. Rel. 13, V13.0.0, Jan. 2016.

УДК 621.396.969
ГРНТИ 47.49.29

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СЕТЯХ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ. ТОЧНОСТЬ

Г. А. Фокин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*В англоязычной литературе существуют два термина для обозначения определения местоположения: *positioning* – позиционирование (определение географических координат объекта; позиция может быть представлена точкой в декартовых координатах местоположения объекта) и *localization* – локализация (отображение координат на карту; идентификация местоположения на местности /электронной карте), которые обычно используются как синонимы. Позиционирование в СПРС основано на известных принципах радиолокации и радионавигации для измерения координат объектов с помощью радиоволн; отличие радиолокации от радионавигации заключается в том, что в радионавигации более активную роль играет объект, координаты которого измеряются. При позиционировании абонентских терминалов (АТ) используются опорные станции с известным местоположением: базовые станции (БС) в СПРС, или спутники в ГНСС. Позиционирование в СПРС используется в случаях, когда прием сигнала ГНСС затруднен, например, в условиях плотной городской застройки и/или внутри помещений. Целью настоящей работы является классификация и анализ точности методов позиционирования в СПРС.*

позиционирование, сотовые сети подвижной радиосвязи, базовая станция, абонентский терминал, 2G, 3G, 4G, GSM, UMTS, LTE.

Для сбора первичных измерений в СПРС может использоваться как канал «вниз» DL (*Downlink*) от БС к АТ, так и канал «вверх» UL (*Uplink*) от АТ к БС. После сбора первичных измерений выполняется их обработка, в результате которой с использованием некоторого алгоритма и знания координат опорных базовых станций осуществляется вычисление координат АТ. В зависимости от того, где производятся вычисления, различают позиционирование с вычислениями в терминале и сети. При позиционировании с вычислениями в терминале АТ производит оценку координат самостоятельно на основе первичных измерений, полученных от передающих опорных БС или спутников; вспомогательные данные сопровождения (координаты опорных станций) поступают из сети.

При позиционировании с вычислениями в сети оценка координат производится сетевым сервером геолокации; первичные измерения при этом могут формироваться двумя способами: а) АТ передает сигналы, по которым опорные БС выполняют первичные измерения; б) опорные БС передают сигналы, по которым АТ выполняет первичные измерения и отправляет их обратно в сеть. При ОМП в СПРС наибольшее распространение получил способ позиционирования с вычислениями в опорной сети; такой подход обеспечивает централизованное управление сервисами мобильной геолокации. В зависимости от степени вовлечения АТ и сетевой инфраструктуры – опорных БС и сервера геолокации различают следующие способы позиционирования:

а) на основе мобильной станции (*Mobile-based*) без участия сетевой инфраструктуры: АТ измеряет уровень сигнала и определяет местоположение независимо от сети;

б) с поддержкой сети (*Network-assisted*): процесс ОМП происходит в АТ, однако АТ получает поддержку от сети;

в) с поддержкой АТ (*MS-assisted*): АТ измеряет уровни принимаемых от БС сигналов, а сеть определяет МП АТ;

г) на базе сети (*Network-based*): сеть выполняет все функции, связанные с определением местоположения.

Каждый из перечисленных способов ОМП поддерживается одним или несколькими методами позиционирования, которые постоянно развиваются и/или дополняются новыми методами, позволяющими устранить или минимизировать недостатки предыдущих. Независимо от того, где выполняется обработка первичных измерений и производится оценка координат, а также независимо от степени вовлечения АТ и сети в процесс ОМП различают следующие принципы позиционирования в СПРС.

Трилатерация (*Trilateration*) – принцип оценки координат на основе вычисления точки пересечения геометрических фигур (рис. 1, а). Для дальнометрического метода ТОА (*Time of Arrival*) измеренные времена прихода сигнала

на плоскости образуют окружности, а в пространстве – сферы. Для разностно-дальномерного метода TDOA (*Time Difference of Arrival*) измеренные разности времен прихода сигнала на плоскости образуют гиперболы, а в пространстве – гиперболоиды. Помимо времени прихода можно измерять также уровень принимаемого сигнала RSS (*Received Signal Strength*) или разность уровней DRSS (*Difference of RSS*).

Триангуляция (*Triangulation*) – метод оценки координат на основе вычисления точки пересечения углов прихода сигнала AOA (*Angle of Arrival*) или направлений прихода сигнала DOA (*Direction Of Arrival*) (рис. 1, б). Метод триангуляции источника радиоизлучения (ИРИ) основан на определении угла/направления прихода сигнала на нескольких позициях AOA/DOA. Для определения угла прихода сигналов используются фазированные антенные решетки (ФАР), устанавливаемые на БС. Поскольку диаграмма направленности антенн (ДНА) приемных базовых станций имеет определенную ширину, то точность позиционирования ухудшается по мере удаления ИРИ от БС. Для пеленгации объекта на плоскости его сигнал должен быть принят не менее чем двумя БС одновременно.

Соседство/близость (*Proximity*) – метод оценки координат на основе известного местоположения ближайшего опорного узла. Примером может быть распространенный метод идентификатора соты Cell ID, который определяет местоположение АТ с точностью до сот (БС) (рис. 1, в).

Анализ сцен (*Scene Analysis, Fingerprinting*) – метод оценки координат на основе анализа соответствия текущих первичных измерений (RSS, TOA) уже имеющимся в базе данных (БД), когда каждому набору измерений в БД соответствует свое местоположение АТ (рис. 1, г). Примером может быть так называемый метод радиокарты, полученной по измерениям уровня сигнала RSS; данный метод требует заблаговременного построения радиокарты для заданного участка, т. е. требует предварительных измерений RSS с занесением их в БД в зависимости от местоположения АТ. Недостатком метода является то, что любое изменение обстановки на данном участке, которое может повлиять на условия РРВ и, таким образом, на измерения RSS, требуют актуализации радиокарты.

Гибридный/комбинация (*Hybrid*) – метод оценки координат на основе комбинации результатов разных методов; используется для повышения точности позиционирования по сравнению с каким-либо одним методом.

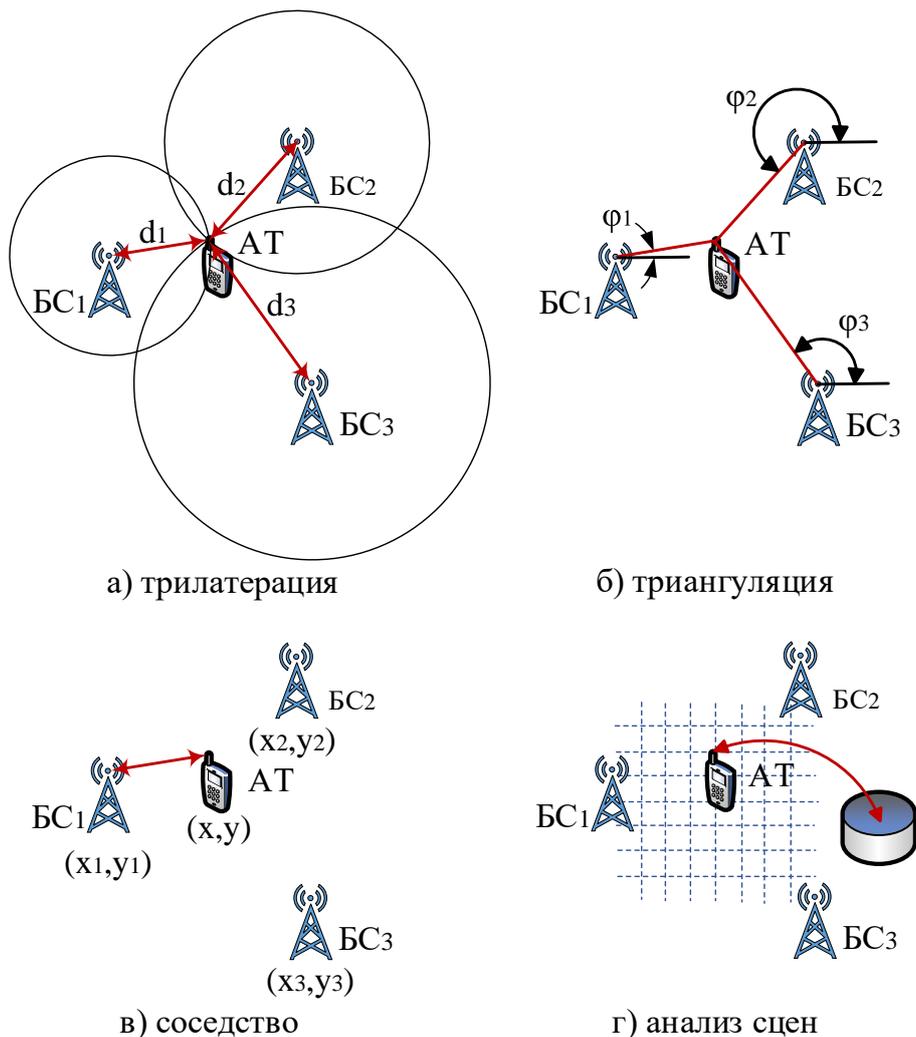


Рис. 1. Принципы позиционирования в СПРС

Анализ рассмотренных методов показал, что на практике в СПРС использовались методы, работающие по принципам трилатерации, соседства/близости, а также гибридные методы. Методы АОА/DOА, работающие по принципу триангуляции до настоящего времени специфицированы не были. В таблице представлены достижимые в 67 % случаев точности существующих технологий позиционирования в СПРС [1].

ТАБЛИЦА. Анализ точности стандартизированных технологий ОМП в СПРС [1]

Метод	СПРС	Принцип	Категория	Точность с вероятностью 67 %	
				Горизонтальная, м	Вертикальная, этаж
CID+TA/CID+RTT	2G, 3G, 4G	Соседство	Сеть	> 100	–
E-CID	3G, 4G	Соседство	Сеть	~ 50	1–3

Метод	СПРС	Принцип	Категория	Точность с вероятностью 67 %	
				Горизонтальная, м	Вертикальная, этаж
RFPM	2G, 3G, 4G, WLAN, Bluetooth	Анализ сцен	Сеть	> 50	1–2
Uplink TOA	2G	Трилатерация	Сеть	> 100	–
UTDOA	3G, 4G	Трилатерация	Сеть	< 50	–
E-OTD	2G	Трилатерация	Сеть/устройство	> 100	–
OTDOA	3G, 4G	Трилатерация	Сеть	< 50	≥ 3
A-GNSS	2G, 3G, 4G	Латерация	Сеть/устройство	~ 10	≥ 3
TBS	4G	Трилатерация	Сеть/устройство	< 50	1–2
Барометр	4G	Сенсор	Сеть/устройство	–	~ 1
Гибридный	2G, 3G, 4G	Гибридный	Сеть/устройство	< 10	1–2

Рассмотрим основные факторы, ограничивающие точность рассмотренных методов позиционирования. Среди факторов, определяющих точность методов трилатерации, выделяют следующие:

- а) топология опорных пунктов;
- б) внутрисистемные помехи;
- в) многолучевое распространение;
- г) синхронизация базовых станций как опорных пунктов.

Топология опорных пунктов определяется числом БС, необходимых для радиопокрытия заданной территории. Радиопокрытие определяется условиями РРВ, которые могут отличаться от условий прямой видимости, что затрудняет точное позиционирование. Условия РРВ вместе с геометрией/топологией расположения БС и АТ определяют фактор снижения точности DOP (Dilution of Precision). В оптимистическом случае АТ окружен базовыми станциями; для модели квадратной решетки расположения БС на плоскости наибольшая точность позиционирования АТ будет в случае, если АТ располагается в центре квадрата, в вершинах которого установлены БС.

Внутрисистемные помехи являются результатом повторного использования частот в СПРС. Для позиционирования с высокой точностью желательно, чтобы АТ находился на границе соты обслуживающей БС и принимал сигналы нескольких соседних БС. Однако на границе соты отношение

сигнал/помеха SINR гораздо ниже, чем если бы АТ был бы в центре соты рядом с обслуживающей ее БС.

Многолучевое распространение радиоволн (МРРВ) является следствием функционирования СПРС в городе в условиях отсутствия прямой видимости NLOS между БС и АТ. Сигналы при МРРВ подвергаются отражению, дифракции и рассеянию. Данный эффект имеет, как правило, деструктивное влияние на качество радиоприема, однако еще более деструктивное влияние многолучевости проявляется при измерении первичных параметров времени или разности времен задержки распространения сигналов вследствие временной дисперсии многолучевого радиоканала.

Синхронизация опорных пунктов необходима для позиционирования АТ по принципу трилатерации. Дальномерный и разностно-дальномерный методы требуют синхронизации БС как опорных пунктов, например, для передачи первичных измерений на АТ в канале «вниз» DL для метода OTDOA, или же для приема первичных измерений от АТ в канале «вверх» UL для метода UTDOA. Ошибки синхронизации вносят, помимо прочих, дополнительные погрешности позиционирования. Обычно БС синхронизируются по сигналу приемника ГНСС; для разностно-дальномерных систем требуется синхронизация опорных БС с точностью до 100 нс.

На рис. 2 графически представлены категории точности в СПРС [1].

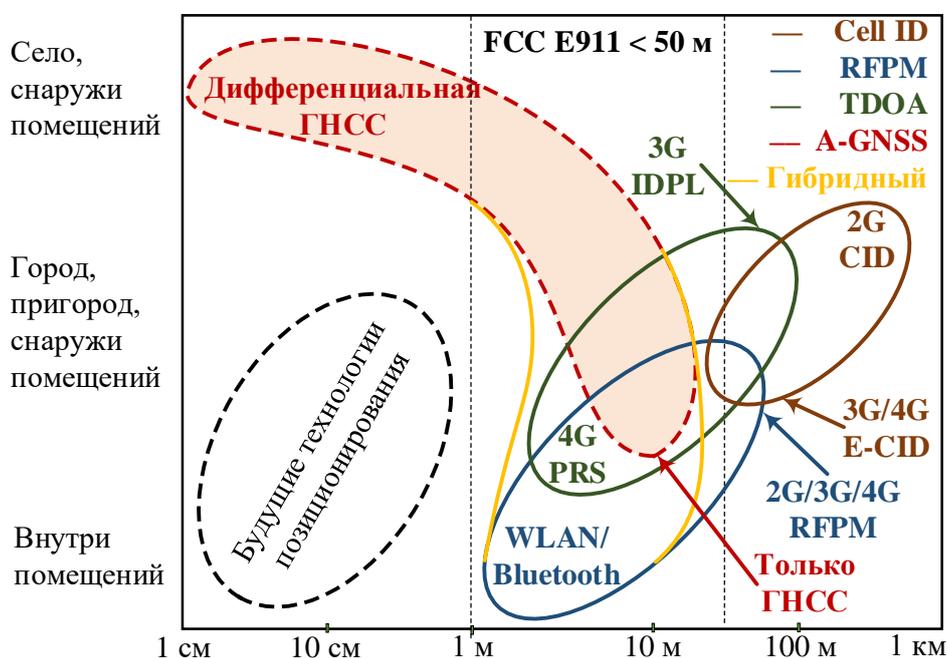


Рис. 2. Горизонтальная точность стандартизированных технологий ОМП в СПРС для различных сценариев позиционирования

Список используемых источников

1. del Peral-Rosado J. A., Raulefs R., López-Salcedo J. A. and Seco-Granados G. Survey of Cellular Mobile Radio Localization Methods: From 1G to 5G // IEEE Communications Surveys & Tutorials. Vol. 20. No. 2. PP. 1124–1148, Secondquarter 2018.

УДК 621.397.31
ГРНТИ 49.45.37

ПОСТРОЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПОМОЩИ КАМЕР 360 ГРАДУСОВ

С. Л. Федоров, Н. И. Чернявский

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время интенсивно развиваются технологии виртуальной реальности и их приложения. Одним из перспективных и активно развиваемых сейчас подходов к созданию контента для систем виртуальной реальности является технология видео 360°, которая позволяет создавать панорамные видеоролики с различной степенью интерактивности, где зритель по своему желанию управляет ракурсом просмотра видео. В статье рассматриваются технические параметры таких камер, программы по их обработке, достоинства и недостатки таких методов создания виртуального пространства, а также сферы, где можно применить данную технологию.

виртуальное пространство, панорамное видео, аппаратура 360°.

Актуальность данной темы

Данная технология известна и применяется уже давно, но получила свою востребованность и популярность именно сейчас. А связано это с тем, что появилось много разнообразных каналов для потребления контента. Панорамное видео стало легко и удобно смотреть – на компьютере, на мобильном телефоне или через очки дополненной реальности. К примеру, можно зайти на YouTube и посмотреть ролик в 360 градусов. Так же рынок камер стал бурно развиваться, благодаря чему появились более универсальные и недорогие камеры, которые могут позволить себе люди со средним достатком, а не только большие компании. Вследствие чего, всё больше людей осваивает данную технологию и активно пользуются ей в повседневной жизни.

Принципы создания панорамного видео

На данный момент существует большое множество разнообразных вариаций создания камер для съемки видео 360°. Технология 360 была интересна уже давно, поэтому были придуманы разные подходы реализации панорамного видео. К примеру, многие любители начали снимать панорамное видео, не дожидаясь выхода камер – с помощью специальных ригов, в которые вставляется большое количество камер GoPro, Xiaomi и др. Впоследствии, видео с этих камер сшивается в специальном программном обеспечении. Крупнейшие IT-гиганты и производители фото и видео оборудования, почувствовав тенденцию, разработали свои решения. С точки зрения оптики, электроники, обработки видео – технологии совершенно разные. Количество объективов колеблется от 2 до 16, а обработка «видео 360» осуществляется как в самой камере, так и может быть вынесена «наружу». Далее не будет рассматриваться работа камер с большим количеством объективов, сфокусировано будет внимание на потребительских устройствах, которые, как правило, имеют только два объектива, направленные в разные стороны. Каждый из них имеет линзу типа fish-eye с углом обзора в пределах 180–220 градусов (как правило, бывают исключения). При съемке получаются два отдельных изображения, которые частично перекрывают друг друга благодаря широкому углу fish-eye объективов. Именно перекрываемый сектор используется для создания шва, соединяющего две половины сферического фото или видеоролика. В этой «зоне перекрытия» оба объектива захватывают одни и те же объекты, что позволяет графическому чипу сформировать цельное изображение, на котором практически не заметно соединение двух изображений в одно. Полученный шов обычно довольно тонкий, но чем ближе объекты к камере, тем выше вероятность, что они будут сняты с искажениями, которые проявятся на конечном сферическом изображении. Например, если держать 360-градусную камеру на вытянутой руке, то она гарантировано попадет в кадр в искаженном виде. Проблема решается возможностью удаленного управления через смартфон. В этом случае камеру можно установить на штативе. Еще одна альтернатива – использование «невидимой» селфи-палки, которую программное обеспечение современных камер может полностью вырезать из кадра.

Характеристики и назначения устройств

Классификация камер:

- потребительские;
- полупрофессиональные;
- профессиональные;
- для видеонаблюдения.

Цена, характеристики и назначение устройств соответственно различаются.



Рис. 1. Камера Giroptic 360cam

Одна из первых камер «видео 360», от стартаперов – Giroptic 360cam (рис. 1) [1].

Основные характеристики камеры:

- разрешение (фото/видео): 4K/2K (25/30 кадров/сек);
- количество объективов: 3;
- аудиозапись: 3 встроенных микрофона;
- особенности: полный обзор $360^{\circ} \times 300^{\circ}$.

Камера оснащена разнообразными режимами съемки — начиная от серийной съемки фотографий и заканчивая онлайн трансляциями. Интересно, что среди аксессуаров для данного устройства есть адаптер патрона обычной лампочки. «Вкрутив» камеру вместо лампочки, можно организовать скрытую систему видеонаблюдения в формате «видео 360», что в данном случае равносильно отсутствию «слепых зон». И без лишних проводов.

Другая камера – GoPro Odyssey + Google Jump (рис. 2) [2].



Рис. 2. Камера GoPro Odyssey + Google Jump

Основные характеристики камеры:

- разрешение (фото/видео): 8K (30 кадров/сек);
- количество объективов: 16;
- аудиозапись: 16 встроенных мономикрофонов;
- особенности: стереоскопическое видео.

Устройство включается в себя 16 синхронизированных камер HERO4 Black, оптимизированных для программного обеспечения Google Jump.

Камера Insta360 Titan (рис. 3). Основные ее характеристики:

– линзы: 8×200° F3.2 линзы «рыбий глаз»;

– фото: 10 560×5 280 (11K 2D);
10 560×10 560 (11K 3D);

– видео: 10 560×5 280 при 30 кадр/с (11K 2D); 9 600×9 600 при 30 кадр/с (10K 3D); 7 680×7 680 при 50 кадр/с; 7 680×3 840 при 60 кадр/с;

– кодирование видео: H264 и H265, Pro RES 422 HQ доступна при последующем сшивании;

– скорость потока на объектив:
до 180 Мбит/с;

– 8 микро 4:3 сенсоров;

– 10 битный цвет.

Данная камера относится к камерам профессионального уровня.



Рис. 3. Камера Insta360 Titan

Программы для обработки видео 360

На выходе из камеры получается «обычное» видео (панорамное), с большим разрешением. Поэтому для его постобработки подойдет любая программа, предназначенная для обработки видео. Но не все камеры способны сшивать видео сразу, особенно в высоком качестве, для этого требуется специальное программное обеспечение. К примеру, компания Insta360 предоставляет бесплатную программу для сшивания видео, снятое на их камеры. Из всего рынка программ, можно выделить программу After Effects, так как в ней достаточно много инструментов по работе с видео 360. Так же эта программа позволяет в реальном времени просматривать видео в 360 и вносимые пользователем изменения.

Областями применения панорамного видео являются [4]:

- съемка для ивент-агентств;
- промо и имиджевые ролики для корпоративных клиентов;
- добавление 2D/3D объектов на реальные панорамы;
- образование;

- онлайн-трансляции для корпоративных клиентов (конференции, семинары, лекции);
- 3D-туры;
- недвижимостъ;
- картографические сервисы;
- съемка репортажей, блогов;
- съемка документального и художественного кино;
- онлайн-трансляции концертов, выставок и мероприятий;
- креатив для собственного канала в YouTube;
- производство VR-контента для очков виртуальной реальности.

В среднесрочной перспективе рынок камер 360 будет только расти. У таких камер большой потенциал. С большой уверенностью можно отметить, что уже скоро использование камер 360 будет так же распространено, как обычные камеры на телефонах.

Список используемых источников

1. The World's First Full HD 360° Camera. Информация от производителя [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kickstarter.com/projects/giroptic/the-worlds-first-full-hd-360-camera> (дата обращения: 31.03.2020).
2. GoPro Odyssey + Google Jump = Incredible 360° VR filmmaking. Информация от производителя [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/@rtpvr/gopro-odyssey-google-jump-incredible-360-vr-filmmaking-6ba095d9a621> (дата обращения: 31.03.2020).
3. Insta360 – камеры 360 градусов. Информация от производителя [Электронный ресурс]. URL: <https://insta360.ru> (дата обращения: 31.03.2020).
4. Столяров Д. Камеры фото и видео 360 градусов от «А» до «Я»: Google Jump, Samsung Gear 360, Nokia OZO и многие другие [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/372001/>

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

UDC 621.39

PRINCIPLES OF CREATING VIRTUAL LABORATORIES IN ENGINEERING EDUCATION

T. U. Nurmukhamedova, S. R. Ulashov, Sh. Q. Kholmonov

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

This research is focused on understanding the role of virtual laboratories and physical laboratories, specifically in the context of the engineering discipline. It is important to emphasize that the research is not aimed at replacing physical laboratories as they form an essential part of the education of engineers, but rather to supplement them using virtual laboratories. In the literature, there are different perspectives on the implementations of virtual laboratories. Virtual laboratories can be effective for students, particularly those with limitations, either physical or time based, who may have difficulties accessing physical laboratories or scheduling laboratory time.

virtual laboratory, education of engineers, online laboratory, computer, internet, software.

Introduction

Student surveys tend to indicate that most learners find a well-constructed remote lab (with a simple interface) useful and equivalent to that of a traditional lab. However, there are misgivings about the lack of hands-on experiments with instruments and equipment, as well as some conjecture regarding whether a remote lab can accurately reproduce the feeling of working in a standard lab [2].

A study has shown that remote labs encourage students to operate experimental equipment for a longer period of time than in a traditional lab, and learning outcomes appear to be improved.

The purpose of the task

In the distance learning form, the construction of laboratory workshops is fundamentally different from traditional ones. The student must have a laboratory at home. One of the new directions is the creation of automated virtual laboratories with remote access. Here the word “virtual” does not mean a demonstration of a model or simulation of an experiment, it only means that the control panel of the laboratory bench is replaced with computer visualization, that is, the instrument control knobs and indicators are “drawn” on the student’s monitor screen, and the measuring equipment is real [3].

The need to create such virtual laboratories is due to the fact that engineering education involves the training of practitioners with skills in working with devices, as well as for experimental fixing of the material. Remote access laboratories are designed not only to duplicate the laboratory workshop of full-time training, but also to allow you to work with unique, expensive equipment, to put real experiments from anywhere in the world [1].

The possibility of several students working at the same laboratory stand at the same time can also be realized. In industry, there has long been a trend in manufacturing automation. The first step was to place the controls of the workshop equipment on a single control panel. The next step is to use a computer as a control element in the production, and its display has become a control panel. Thanks to the use of computers, there is no need for the operator to work directly in the workshop; it is enough to combine the operator’s computers and the data collection and processing computers in a local network. The trend is that in the near future the operator will be able to work without leaving home, via the Internet.

There are new opportunities to learn not only from handling equipment but in interacting together in collaborative ways on remote labs with students located from different locations. Students can learn not only from use of the lab tools but in interacting with each other with divergent perspectives and also in shared knowledge building. There are a number of different approaches to collaboration: students can collaborate in face-to-face groups on one location, individually in different locations or in groups in different locations [5].

It is reasonable to use similar principles when building virtual laboratories with remote access. The structural diagram of such a laboratory is as follows:

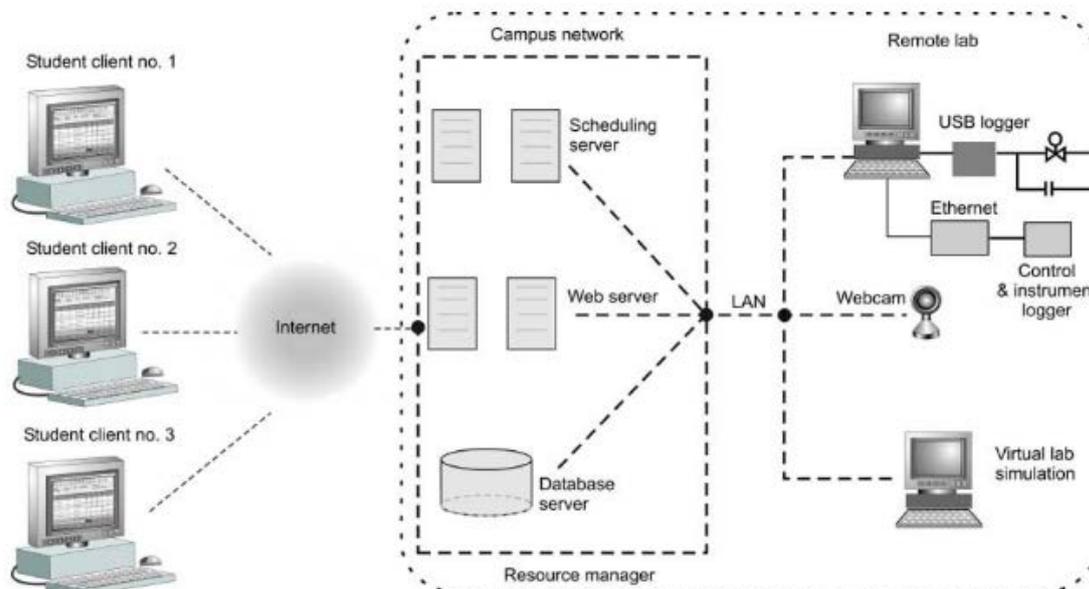


Fig. Typical virtual laboratory system architecture there are essentially four main components to a remote laboratory

The main link in the system is a certain experimental setup (the device under study or the physical process). Information about the ongoing process enters the data acquisition and processing system using a set of sensors that convert the measured values into voltage. This system, as a rule, is a microprocessor that controls a multi-channel ADC.

The choice of interface is determined from considerations of speed on the amount of data transferred), the complexity of the technical and software implementations, and the cost of the necessary components.

Further data processing (their structuring, analysis, preparation for sending to the client) is performed by the software (software) of the server computer. Then, using the generally accepted Internet protocol for guaranteed delivery of TCP / IP, the data is transferred to a client computer, where they are displayed on a screen in a specially launched program in the form of indicators and graphs on virtual devices that look similar to real physical devices.

In general, the user should be able to change the experimental conditions (or operating modes of the instrument under study). To do this, the user controls are located on the screen (regulators, switches, etc.). The client program monitors their change by the user and sends a corresponding request. The request is processed by the server software, and if the requirements are admissible, a corresponding command is sent to the control system.

The control system can be a set of DACs, any mechanical drives, switching keys, etc., due to which the parameters of the system under study are changed.

To develop such a system, it is necessary to solve the following tasks:

- goal setting of a virtual laboratory;
- interface selection;

- selection of microcontroller,
- sensors and, if necessary, control elements; development of data transfer protocol microcontroller – computer server;
- development of a data transfer protocol between the client and server.

Online labs are an important addition to online learning to provide easier access to the wider community, improved active learning and allowing for more learning via discovery through experimentation and associated trial and error, for example.⁴

Remote labs are acknowledged as providing the affordable real world experience. It is possible that if the interest in remote labs grows dramatically, there will be a vibrant industry of provision of remote labs located throughout the world, perhaps brokered by private companies. There are already examples of low-cost remote labs available for rental in the IT training and certification area (e. g. configuration of routers). One suggestion is that distance learners using remote labs as opposed to attending compressed lab sessions intermittently on campus may be able to bond more closely when working on the web in an asynchronous community and thus to form a community of learners.

There are nevertheless some doubts about whether remote labs would ever be able to replace hands-on exercises in a real laboratory, but the hope is that in providing a holistic training experience, remote labs will be combined with virtual and the conventional face-to-face ones.

Rather than having a one-dimensional approach, ultimately, a blended approach with a combination of remote labs, simulations and classical labs is probably the optimum solution. For example, students could begin the lab work in a conventional lab and then continue the work after hours by accessing the same lab remotely.

It should be noted that remote labs can't replace all face-to-face lab and field training. For example, troubleshooting strange malfunctions of equipment often requires on-the-job training with an experienced mentor. Most students still indicate that they would prefer conventional labs providing real hands-on experiences as they feel they learn more from them.

It is likely that a mixed or hybrid approach of using remote labs as a supplement to the normal residential labs is the way to go for an undergraduate experience for someone who has not worked with the nitty-gritty of engineering in practice. Another area where remote labs have an unassailable advantage is in developing software for an expensive development tool for digital signal processing. Microprocessor development tools can change frequently and can be very expensive. At the end of the day, a remote lab is considerably better than watching a video of a lab if this is all that is available.

The hybrid approach offers an opportunity for an excellent learning experience. Initially, the basic theory is reviewed, then a simulator is used to illustrate the basic principles and the session is concluded with a hands-on real lab, but this

approach should be restricted to students who have built up a solid degree of experience in working with real components and equipment (as opposed to those who have never worked in a real lab before).

One of the surprises with the growth of remote labs is the lack of connectedness to other online learning resources (such as a complete course with a series of remote labs forming an integral part) [3, 4].

Conclusion

Finally, in constructing remote labs one should not forget an outstanding interface and interactivity between the instruments and the web conferencing software and the instructors and learners. And naturally, as with the classroom-based training, the course materials and instruction should be of the highest quality.

References

1. Asimopoulos N. D., Nathanail K. I., Mpatzakis V. I. (2007) A Network based Electrical Engineering Laboratory // International Journal on E- Learning.
2. Machotka J., Nedic Z., Nafalski A., Göl Ö. (2009). A Remote Laboratory for Collaborative Experiments // Proceedings of the 2009 Annual Conference & Exposition. Retrieved March 31, 2011 from asee.org through the links Papers and Publications and Conference Proceedings.
3. Aliane N., Pastor R., Mariscal G. (2012). Limitations of Remote Laboratories in Control Engineering Education // Proceedings of the International Journal of Online Engineering. Retrieved March 5, 2012 from <http://www.online-journals.org>
4. Pop D., Zutin D. G., Auer M. E., Henke K., Wuttke H. D. (2011). An Online Lab to Support a master Program in Remote Engineering // Proceedings of the 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Retrieved August 10, 2011 from <http://fie-conference.org/fie2011/>.
5. Restivo M. T., Silva M. G., (2009). Portuguese Universities Sharing Remote Laboratories // Proceedings from the International Journal of Online Engineering, 5. Retrieved March 23, 2012 from <http://www.online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/1090>

Статья представлена заведующим кафедрой «Электроника и радиотехника» ТУИТ, кандидатом технических наук (PhD), профессором А. А. Тулягановым.

УДК 536-33
ГРНТИ 29.17

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДОРОДОПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАН В РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ

**В. Н. Алимов, А. О. Буснюк, С. Р. Кузенов,
А. И. Лившиц, Е. Ю. Передистов**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Экспериментально показана возможность упрощения процедуры эксплуатации инновационных мембран из ванадиевого сплава для получения ультрачистого водорода. Продемонстрирована длительная работоспособность мембран, позволяющая проводить их эксплуатацию на протяжении 10 000 часов без существенного снижения их производительности. Как и традиционные коммерчески доступные мембраны из сплавов палладия, эти мембраны обладают идеальной селективностью, но их удельная производительностькратно выше, а цена мембранного материала радикально ниже.

водородная энергетика, металлические мембраны для выделения водорода, палладиевые мембраны для очистки водорода.

Введение

Вопреки принятому мнению об уникальной способности Pd пропускать водород, оказалось, что транспорт водорода сквозь решётку металлов 5-й группы происходит на порядки быстрее [1, 2]. Для выделения водорода из газовых смесей поверхность мембран на основе металлов 5 группы покрывается слоем палладия толщиной несколько микрон, которое обеспечивает каталитическое разложение молекул H_2 и защищает материал мембран от коррозии, не препятствуя транспорту водорода сквозь мембрану [3]. Производительность таких композитных мембран на основе металлов 5-й группы (V-Pd) существенно выше (по крайней мере, в разы), а содержание драгметаллов на два порядка ниже, чем в случае коммерчески доступных мембран из сплавов Pd. При этом композитные мембраны обладают 100%-ной селективностью по отношению к водороду.

Ключевым вопросом практического использования инновационных композитных мембран на основе металлов 5-й группы для выделения сверхчистого водорода, является вопрос их долговременной стабильной работы в реальных условиях.

Необратимое снижение производительности непалладиевых мембран – термически стимулированный процесс и для определения его параметров

(скорость снижения в зависимости от температуры) проводились долговременные испытания образцов мембран при постоянных температурах (каждая мембрана выдерживалась при одной температуре) 300°C, 350°C, и 400°C. Было установлено, что при температуре выдержки 400°C производительность мембраны снижается почти на порядок через 2 000 часов [4]. Поэтому было решено проводить эксперимент с мембранами, которые выдерживались при температурах 300 и 350°C.

Снижение производительности мембран можно условно разделить на два фактора:

1) Необратимое, связанное с интердиффузией защитно-каталитического палладиевого покрытия и материала мембраны, приводящей:

а) к образованию непроницаемого слоя интерметалла на границе покрытие/материал мембраны,

б) к снижению каталитической активности поверхности из-за появления (выхода) материала мембраны на поверхность;

2) Обратимое, связанное с отравлением защитно-каталитического палладиевого покрытия поверхности (в первую очередь углеродом).

В данной статье представлены результаты исследования динамики уменьшения производительности мембраны, связанной с отравлением защитно-каталитического палладиевого покрытия.

1 Методика эксперимента

Характеристики мембран

Эксперимент проводился с двумя мембранам из двойного ОЦК сплава ванадия, которые имели форму трубки диаметром 6 мм длиной 91 мм и площадью рабочей поверхности 13,4 см² (рис. 1) Технический водород поступал внутрь трубчатой мембраны (входная сторона) с помощью тонкой впускной трубки (трубка-фильда), проходящей внутри трубчатой мембраны вплоть до её глухого конца (рис. 2). Для каталитической диссоциации молекул H₂ при их абсорбции и ассоциации абсорбированных атомов H при их десорбции, обе стороны мембраны химически покрывались слоем Pd толщиной ≈ 1,5 мкм[4]



Рис. 1. Образец трубчатой мембраны из двойного ОЦК сплава ванадия с палладиевым покрытием внешней и внутренней сторон

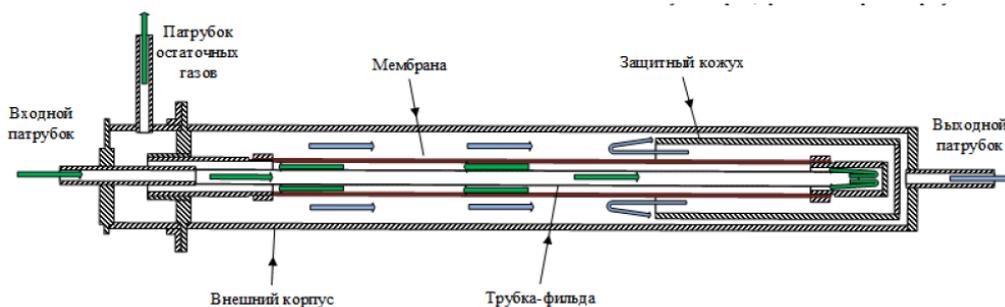


Рис. 2. Трубчатая мембрана в рабочей камере.

Во входной патрубок поступает смесь газов, в патрубок остаточных газов поступает выхлопной поток, в выходной патрубок только сверхчистый водород

Каждая мембрана вваривалась аргоно-дуговой сваркой в камеру, которая в свою очередь помещалась в термостат с автоматически регулируемой температурой.

Схема эксперимента

Перед каждым измерением производительности мембран по водороду при долговременных испытаниях проводилась процедура активации защитно-каталитического покрытия мембран в техническом кислороде при температуре мембран 350°C . Основная цель данной процедуры – удаление углеродных загрязнений мембран и подготовка мембран перед измерением их производительности в техническом водороде. Изменение производительности мембран проводилось при давлении на входной стороне мембраны 6 бар и давлении 1 бар на выходной стороне мембраны [5]. Между проведениями измерения производительности мембран и процедурой активации все мембраны при долговременных испытаниях выдерживались в вакуумированных объемах (камерах).

Результаты эксперимента

На рис. 3 представлено общий график зависимости плотностей проникающего потока H_2 через стенку мембраны от времени выдержки. Как ранее упоминалось, для мембраны, выдержанной при 400°C наблюдается более стремительное снижение плотности проникающего потока во времени. Эксперимент производился с момента времени выдержки (для мембраны, выдерживаемой при температуре 300°C , он равен 8 265 часов для мембраны, выдерживаемой при 350°C он соответственно 10658 часов) был экспериментально получен ряд значений производительности мембран без предварительной активации. Активация мембран на графике обозначена вертикальными черточками.

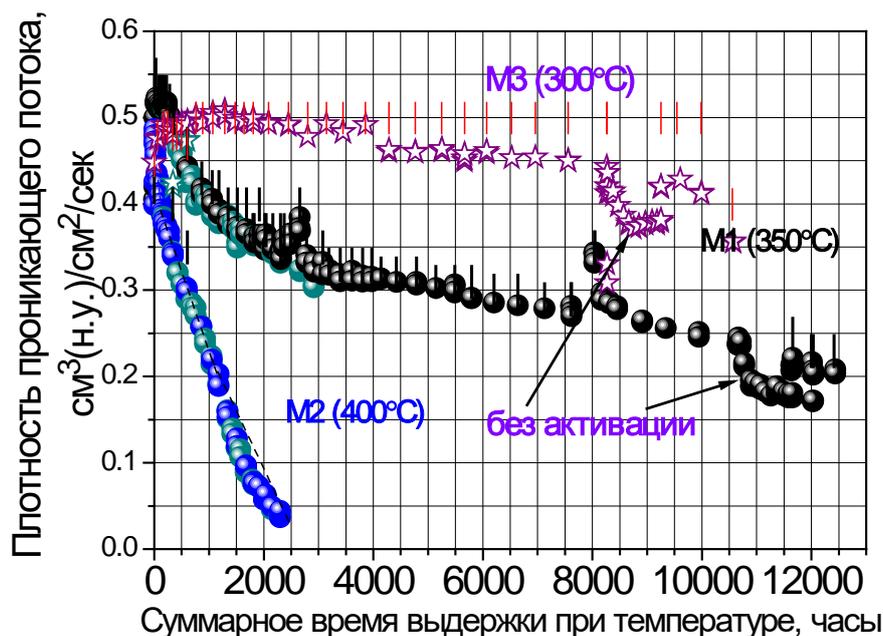


Рис. 3. Снижение плотности проникающего потока водорода через стенки мембран от времени при разных температурах выдержки мембран

Из графика видно, что без активации производительность мембран снижается со временем примерно на 20 % для обеих мембран, и достигнув определенного минимума наблюдается отсутствие тенденции снижения производительности мембран во времени выдержки. На рис. 4 момент достижения минимума более заметен и наблюдается при времени экспозиции 400 часов от начала эксперимента. С момента выдержки 500 часов обе мембраны выдерживались в атмосфере азота.

При выдержке в атмосфере азота наблюдается некоторое повышение производительности мембран, одной из причин данного явления может быть наличие примеси кислорода в техническом азоте, который за время выдержки мог активировать защитно-каталитическое покрытие мембран [6].

Убедившись в отсутствии снижения производительности мембран, было решено провести активацию защитно-каталитического покрытия мембран и после зафиксировать значение плотности проникающего потока для обеих мембран. В случае восстановления производительности до эксперимента без активации экспериментально подтверждается решающая роль второго фактора в снижении производительности мембран.

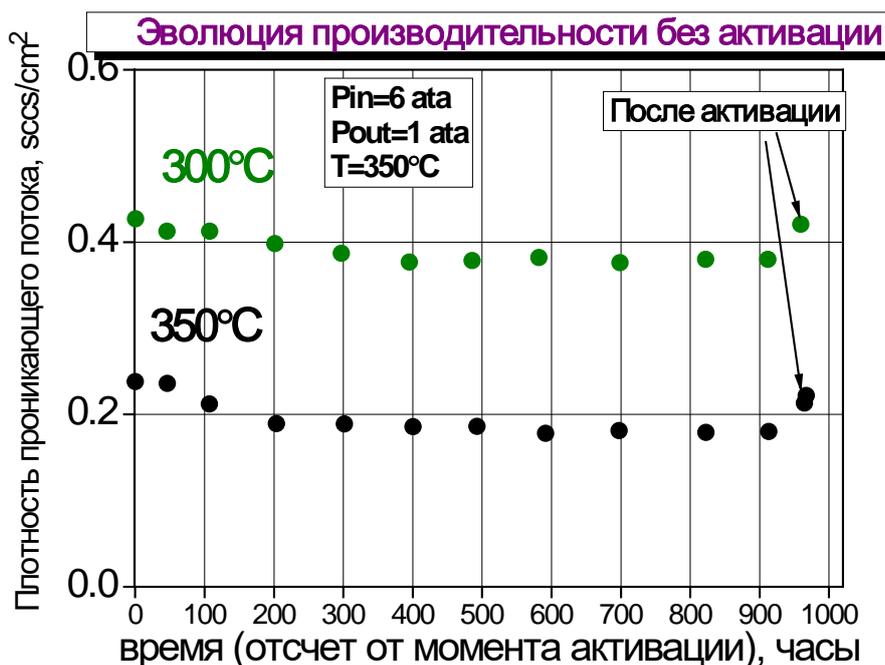


Рис. 5. Снижение плотности проникающего потока водорода через стенки мембран от времени без предварительной активации мембран

На основании полученных экспериментальных данных, можно прийти к заключению, что в данном эксперимента наблюдается преимущественно обратимое снижение производительности мембран, которое можно устранить предварительно активировав защитно-каталитическое покрытие мембран кислородом.

Установлено значение снижения производительности мембран при работе их указанных выше условиях, она снижается на 20% и стабилизируется на этом уровне. В свою очередь, это позволит в будущем обходиться без процедуры предварительной активации мембран перед каждой операцией получения сверхчистого водорода мембранным методом, что упростит эксплуатацию мембранной системы в практических применениях.

Список используемых источников

1. Лившиц А. И., Ноткин М. Е. Сверхпроницаемость ниобиевой перегородки по атомам и ионам водорода // Письма в ЖТФ. 1981. № 7. С. 1417–1420.
2. Yukawa H., Nambu T. and Matsumoto Y. V–W alloy membranes for hydrogen purification // Journal of Alloys and Compounds. 2011. N. 509. Pp. 881–884.
3. Буснюк А. О., Ноткин М. Е., Григориади И. П., Алимов В. Н., Лившиц А. И. Термическая деградация палладиевого покрытия водородопроницаемых мембран из ниобия // Письма в ЖТФ. 2010. № 80. С. 117–124.
4. Alimov V. N., Busnyuk A. O., Notkin M. E., Livshits A. I. Pd-V-Pd composite membranes: hydrogen transport in a wide pressure range and mechanical stability // Journal of Membrane Science. 2014. N 457. Pp. 103–112.
5. Alimov V. N., Bobylev I. V., Busnyuk A. O., Kolgatin S. N., Kuzenov S. R., Peredistov E. Yu., Livshits A. I. Extraction of ultrapure hydrogen with V-alloy membranes:

From laboratory studies to practical applications // International Journal of Hydrogen Energy. 2018. № 43. С. 13318–13327.

6. ГОСТ Р. 9293-74 (ИСО 2435-73) Азот газообразный и жидкий. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправками N 1, 2). М. : Стандартинформ, 2007. 35 с.

УДК 621.396
ГРНТИ 49.33.29

ДИСПЕРСИЯ ОЦЕНКИ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА СВЯЗИ С АДДИТИВНЫМИ ГАУССОВСКИМ И ИМПУЛЬСНЫМ ШУМАМИ

К. А. Батенков

Академия ФСО России

В работе подчеркивается, что в случае измерения параметров канала связи наиболее важной статистической характеристикой является его импульсная характеристика, а ее оценкой обычно принимают усредненное значение. Показано, что качество стандартной оценки определяется не только дисперсией гауссовского шума в канале связи, как в случае классического гауссовского канала связи, но и параметрами импульсного шума.

импульсная характеристика, канал связи, гауссовский шум, импульсный шум, дисперсия оценивания.

Хорошо известно, что для любой статистической характеристики существует множество оценок [1]. В случае измерения параметров канала связи наиболее важной статистической характеристикой является его импульсная характеристика, а ее оценкой обычно принимают усредненное значение [2, 3, 4]. Так, если рассматриваются результаты N_m опытов (символов), представленные в форме матрицы $Y' = \{y_{i,j}\}_{i=1,N,j=1,N_m} = [y'_1, y'_2, \dots, y'_{N_m}]^T$ размера $N \times N_m$, объединяющие столбцы y'_i отдельных измерений сигнала на выходе канала связи, то стандартная оценка импульсной характеристики, учитывая, что $h' = Y'^T h$, может быть представлена в виде [5, 6, 7, 8, 9, 10]:

$$\mathbf{h}_m = \frac{1}{N_m} \mathbf{Y}^T \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m},$$

где $\mathbf{1}_{N_m}$ – единичный вектор размера $N_m \times 1$.

Подобная оценка оказывается несмещенной и состоятельной [1], а ее качество характеризуется дисперсией, отыскать которую возможно на основе плотности результатов независимых опытов, представляющую собой произведение функций правдоподобия канала связи, модель которого имеет вид:

$$\mathbf{y}' = \mathbf{H}\mathbf{y} + \mathbf{n} + \mathbf{w}.$$

Эквивалентная схема такого канала представлена на рис.

Таким образом функция правдоподобия подобного канала:

$$\omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') = \prod_{j=1}^{N_m} \omega_{y'_j}(y'_j) = \prod_{j=1}^{N_m} \prod_{i=1}^N [p \cdot g(y'_{i,j} - \mathbf{Y}_i^T \mathbf{h}, d_n) + q \cdot g(y'_{i,j} - \mathbf{Y}_i^T \mathbf{h}, d_n + d_g)]. \quad (1)$$

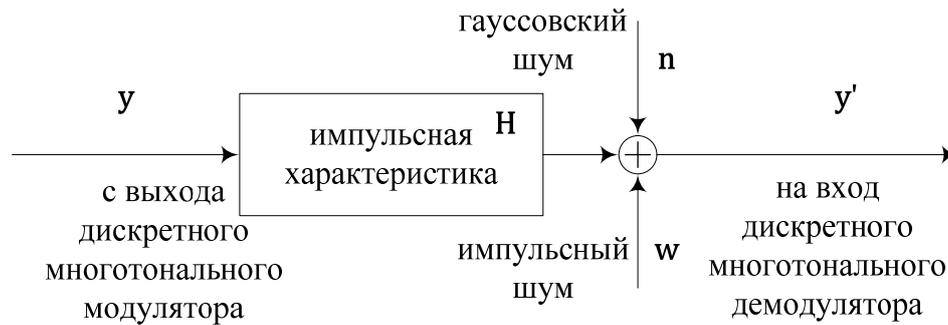


Рис. Эквивалентная структурная схема канала связи

В результате дисперсия оценки:

$$\begin{aligned} d(\mathbf{h}_m) &= \int_{\Omega_{\mathbf{Y}'}} (\mathbf{h}_m - \mathbf{h})^T (\mathbf{h}_m - \mathbf{h}) \omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') d\mathbf{Y}' = \\ &= \int_{\Omega_{\mathbf{Y}'}} \text{tr}[(\mathbf{h}_m - \mathbf{h})(\mathbf{h}_m - \mathbf{h})^T] \omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') d\mathbf{Y}' = \\ &= \int_{\Omega_{\mathbf{Y}'}} \text{tr} \left[\left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}^T \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{h} \right) \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}^T \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{h} \right)^T \right] \omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') d\mathbf{Y}' = \\ &= \int_{\Omega_{\mathbf{Y}'}} \text{tr} \left[\mathbf{Y}^T \mathbf{Y}'^{-1} \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{Y}^T \mathbf{h} \right) \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{Y}^T \mathbf{h} \right)^T \mathbf{Y}^{-1} \right] \omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') d\mathbf{Y}' = \end{aligned}$$

$$= \text{tr} \left[\mathbf{Y}^{T-1} \int_{\Omega_{\mathbf{Y}'}} \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{Y}^T \mathbf{h} \right) \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{Y}^T \mathbf{h} \right)^T \omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') d\mathbf{Y}' \mathbf{Y}^{-1} \right] =$$

$$= \text{tr} \left(\mathbf{Y}^{T-1} \mathbf{K}_{\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m}} \mathbf{Y}^{-1} \right),$$

где $\text{tr}(\mathbf{A})$ – след матрицы \mathbf{A} [11]; $\Omega_{\mathbf{Y}'}$ – область интегрирования по матрице \mathbf{Y}' , а матрица ковариации вектора $\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m}$ определяется на основе независимости принимаемых символов за счет использования защитного интервала и формулы (1) выражением:

$$\mathbf{K}_{\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m}} = \int_{\Omega_{\mathbf{Y}'}} \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{Y}^T \mathbf{h} \right) \left(\frac{1}{N_m} \mathbf{Y}' \mathbf{1}_{N_m} - \mathbf{Y}^T \mathbf{h} \right)^T \omega_{\mathbf{Y}'}(\mathbf{Y}') d\mathbf{Y}' =$$

$$= \frac{1}{N_m} [pd_n + q(d_n + d_g)] \mathbf{I}.$$

Подставляя его в предыдущее выражение получаем:

$$d(\mathbf{h}_m) = \frac{1}{N_m} [pd_n + q(d_n + d_g)] \text{tr}(\mathbf{Y}^{T-1} \mathbf{Y}^{-1}).$$

В частном случае, когда $\mathbf{Y} = \mathbf{I}$ дисперсия стандартной оценки:

$$d(\mathbf{h}_m) = \frac{N}{N_m} [pd_n + q(d_n + d_g)].$$

Отсюда следует, что качество стандартной оценки определяется не только дисперсией гауссовского шума в канале связи dn , как в случае классического гауссовского канала связи, но и параметрами импульсного шума dn и p [6, 12, 13, 14, 15]. Следует заметить, что при $p \rightarrow 1$ или $d_g \rightarrow 0$ исследуемый канал связи становится идентичным гауссовскому каналу, а качество оценки стремится к эффективной оценке гауссовского канала $-\frac{N}{N_m} dn$ [16, 17].

Список используемых источников

1. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие. 2-е изд., исправл. и дополн. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. 496 с.
2. Golden P., Dedieu G., Jacobsen K. Implementation and Applications of DSL Technology. New York : Auerbach Publications, 2008. 804 p.

3. Tretter S. A. *Communication System Design Using DSP Algorithms with Laboratory Experiments for the TMS320C6713™ DSK*. New York : Springer Science+Business Media, 2008. 344 p.
4. Silhavy P., Krajsa O. Half-overlap Subchannel Filtered MultiTone Modulation and its Implementation // *Discrete Time Systems*. 2011. Pp. 363–382.
5. Батенков А. А., Батенков К. А. Дискретизация линейного канала связи с памятью и аддитивным белым гауссовским шумом численным методом // *Математическое моделирование*. 2009. Т. 21. № 1. С. 53–74.
6. Батенков К. А. Оценка параметров канала связи Бернулли–Гаусса // *Измерительная техника*. 2018. № 6. С. 30–34.
7. Батенков К. А. Синтез детерминированных нелинейных дискретных отображений непрерывных каналов связи // *Труды СПИИРАН*. 2016. № 2 (45). С. 75–101.
8. Батенков К. А. Дискретные отображения непрерывного канала связи на основе обобщенного ряда Фурье // *Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета*. 2013. № 1 (43). С. 12–20.
9. Батенков К. А. Математические модели модулятора и демодулятора с заданным порядком нелинейности // *Цифровая обработка сигналов*. 2013. № 1. С. 14–21.
10. Батенков К. А. Модели системных характеристик линейных каналов связи на основе интегральных преобразований // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2012. № 3 (4). С. 120–125.
11. Магнус Я. Р., Нейдеккер Х. Матричное дифференциальное исчисление с приложениями к статистике и эконометрике: пер. с англ. / под ред. С. А. Айвазяна. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. 496 с.
12. Statovci D. *Adaptive Resource Allocation for Multi-User Digital Subscriber Lines : Dissertation / Telecommunications research center Vienna*. 2005. 159 p.
13. Батенков К. А. Моделирование непрерывных каналов связи в форме операторов преобразования некоторых пространств // *Труды СПИИРАН*. 2014. № 1 (32). С. 171–198.
14. Vaseghi S. V. *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction (Chapter on Impulse Noise) : 2nd ed.* John Wiley & Sons Ltd, 2000. Pp. 354–360.
15. Al-Naffouri T. Y., Quadeer A. A., Al-Shaalán F. F., Hmida H. Impulsive noise estimation and cancellation in DSL using compressive sampling // *In IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*. Pp. 2133–2136 (2011).
16. Батенков К. А. Модели системных характеристик линейных каналов связи на основе интегральных преобразований // *Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики*. 2013. № 1. С. 51–53.
17. Ghosh M. Analysis of effect of Impulse Noise on multicarrier and single carrier QAM system // *IEEE Trans. on Communications*. Vol. 44. 1996. Pp. 145–147.

УДК 621.373.5
ГРНТИ 47.45.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА НА АКТИВНОМ ДВУХПОЛЮСНИКЕ В СФЕРИЧЕСКОМ РЕЗОНАТОРЕ

Е. И. Бочаров, Е. А. Коновалова, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе исследуется возможность создания генератора при расположении активного двухполюсника внутри объёмного полусферического резонатора. Создана экспериментальная установка, предложена модель устройства генератора на активном двухполюснике. Экспериментально проверено наличие генерации в зависимости от места установки двухполюсника. Подтверждена возможность создания генераторов на полусфере.

СВЧ, генератор, сферический резонатор.

В СВЧ схемотехнике широкое распространение получили объёмные сферические резонаторы [1, 2]. Данный тип резонаторов обладает наибольшей добротностью вследствие максимального отношения его объёма к площади поверхности. В сферических резонаторах распространяются волны H -типа и E -типа (рис. 1).

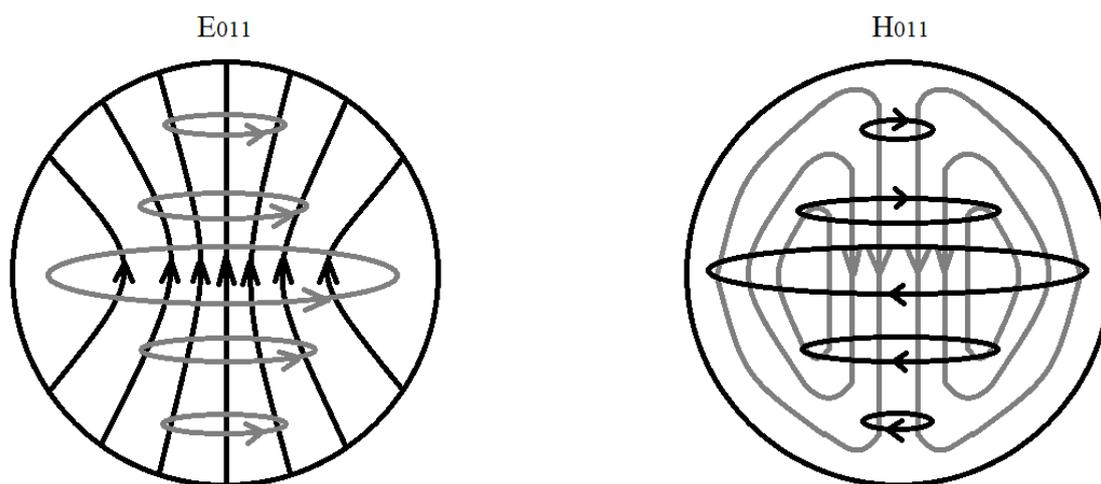


Рис. 1. Электромагнитное поле в сферическом резонаторе

Предметом нашей работы является создание генератора на сферическом резонаторе, а точнее на полусфере [3]. Исследуемая модель устройства была построена в учебной версии TFlex-CAD (рис. 2).

Макет предлагаемого генератора представляет собой металлизированную площадку, связанную с волноводом через диафрагму. На площадке установлен активный двухполосник, накрытый полусферой. Питание осуществляется посредством специальных проводников от источника постоянного тока.

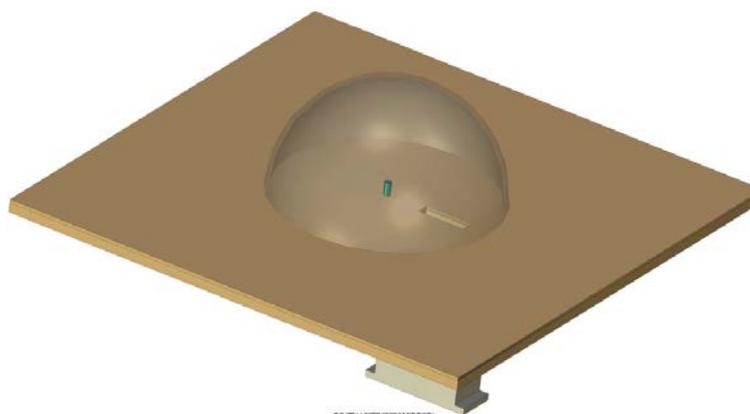


Рис. 2. 3D модель генератора

Уровень генерации оценивается с помощью детекторной секции, которая показывает абсолютный уровень мощности сигнала. Структурная схема установки приведена на рис. 3. Реальная конструкция генератора представлена на рис. 4.

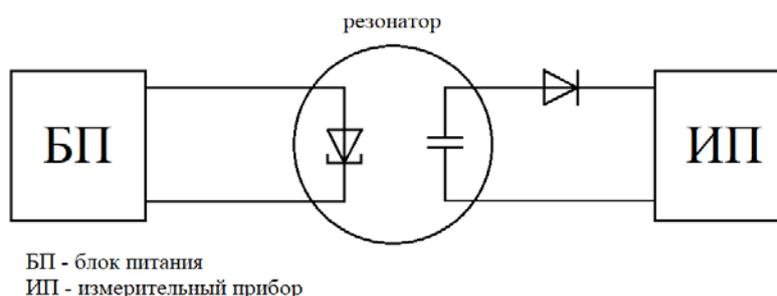


Рис. 3. Структурная схема установки

Резонансная частота сферического резонатора определяется по формуле:

$$f = \frac{c}{\lambda},$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны, зависящая от геометрических размеров сферы.

Длина волны и добротность рассчитываются по формулам [5]:

Для волны E_{011} :

$$\lambda = 2,29 \cdot a,$$

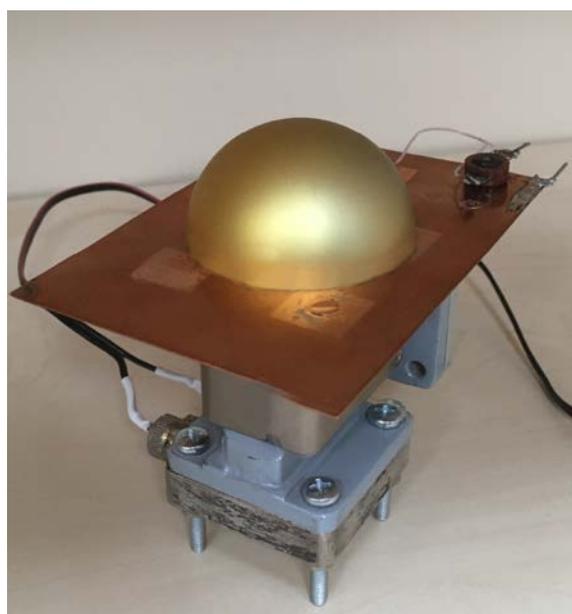


Рис. 4. Макет генератора

где a – радиус сферы. Добротность для этого типа волны найдем по формуле:

$$Q = 8530 \cdot \sqrt{\lambda} = 12900 \cdot \sqrt{a}.$$

Для волны H_{011} :

$$\lambda = 1,4 \cdot a,$$

где a – радиус сферы. Добротность для этой моды выше и находится по формуле:

$$Q = 19000 \cdot \sqrt{\lambda} = 22500 \cdot \sqrt{a}.$$

Отметим, что наличие генерации напрямую зависит от места установки двухполюсника, а также расположения диафрагмы. Взаимная связь этих двух элементов очевидна, но ещё не исследована, так как установка не позволяет менять их взаимное расположение. Особый интерес представляет создание эквивалента нашей установки, который пока также находится в стадии разработки [4, 5].

Однако в результате серии экспериментов было установлено, что генерация имеет несколько максимумов по мощности в различных положениях сферы относительно диода и связной щели, при этом главный максимум совпадает с центральным положением диода.

Вывод: исследования показали, что при помещении активного двухполюсника в центр основания объемного полусферического резонатора возникает СВЧ генерация. Уровень мощности генерируемого сигнала связан с местом расположения активного двухполюсника и уровнем связи диафрагмы с резонатором.

Список используемых источников

1. Бочаров Е. И., Рынгач Е. В., Седышев Э. Ю. Возбуждение различных типов волн в сферическом излучателе путем выбора конфигурации питающего волновода // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 624–628.
2. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. М.: Связь, 1978. 431 с.
3. Захаров А. Н. Высокостабильный генератор СВЧ на сфероидальном объёме // XII Всероссийская научная конференция студентов-радиофизиков: Тез. докл. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. С. 20–22.
4. Ред Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике. М.: Мир, 1990. 256 с.
5. Рамо С., Уннери Дж. Поля и волны в современной радиотехнике / пер. с англ. Л. П. Лисовского, И. А. Полетаева и А. И. Шестакова под ред. Ю. Б. Кобзарева. М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948. 892 с.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.29

ИССЛЕДОВАНИЕ СПИРАЛЬНЫХ СТРУКТУР С ЭКРАНОМ

Е. И. Бочаров, К. А. Лепихин, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена спиральным антеннам СВЧ диапазона, которые представляют собой однозаходные планарные спирали в виде различных конструктивных индуктивных элементов, расположенных в непосредственной близости к экрану. Целью работы является исследование электродинамических свойств данных антенных элементов. Приведены результаты электродинамического моделирования и экспериментов для исследуемых структур в нижней части СВЧ диапазона.

спиральные антенны с экраном, планарная спираль, полигональная спираль, СВЧ.

Использование спиральных антенн в широкополосных системах связи обусловлено возможностью синтеза структур с большим коэффициентом перекрытия диапазона рабочих частот [1,2,3,4,5,6]. Большой коэффициент перекрытия по частоте является одним из ключевых достоинств спиралей, который повсеместно применяется на практике.

Любая спиральная структура, как изложено в материале [7], представляет собой индуктивность. Использование той или иной вариации конструкции излучателя может привести к различным результирующим электродинамическим характеристикам антенной системы, что в свою очередь предоставляет широкий спектр решений, с последующим выбором требуемого варианта.

В данной работе объектами исследований являются однозаходные спирали в виде треугольной, квадратной и круговой индуктивности, расположенные в непосредственной близости к экрану (рис. 1а, б, в) [8]. Диапазон частот, в котором проводится исследование антенных систем, составляет 2–4 ГГц. За основу эталонной формы излучателей была взята спираль Архимеда, расчет ветви которой производится по формуле (1):

$$\rho = a + b \cdot \varphi, \quad (1)$$

где a, b – коэффициенты, задающие геометрию спирали; φ – полярный угол.

На основе формулы (1), в ходе электродинамического моделирования, каждой конструктивной индуктивности был сопоставлен свой рамочный эквивалент. Количество витков для всех спиралей было взято равное трем.

Эскизы представлены на рисунке 1.

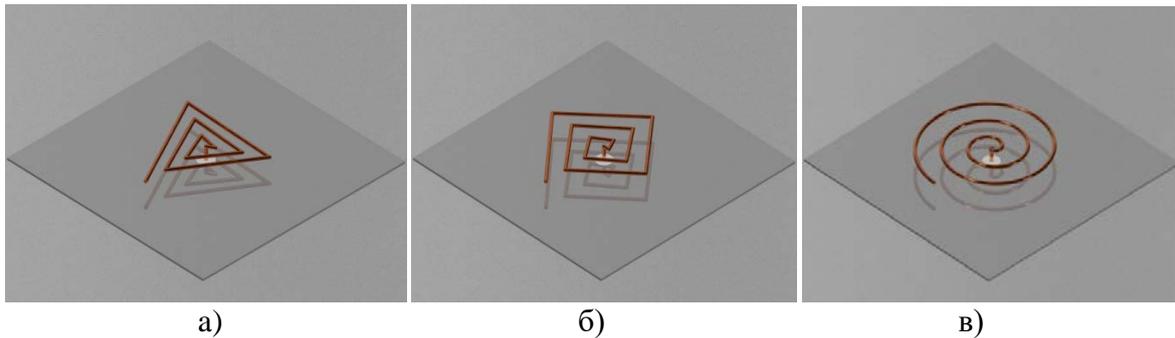


Рис. 1. Эскизы исследуемых антенных систем (Макетов №1, №2, №3 соответственно)

Электродинамическое моделирование производилось в программе MMANA-GAL:

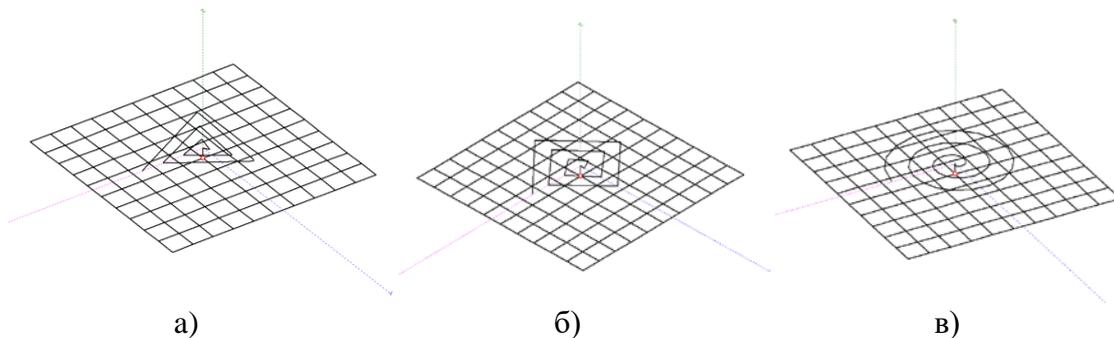


Рис. 2. Электродинамические модели спиральных структур с экраном

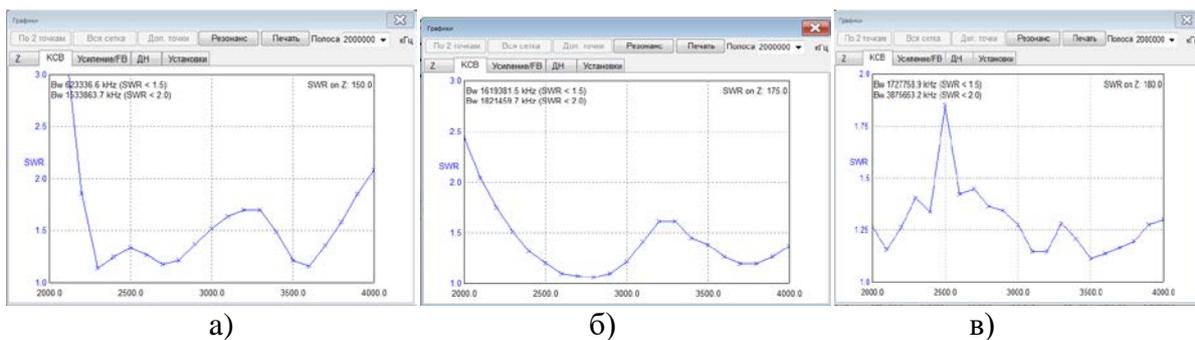


Рис. 3. Результаты электродинамического моделирования моделей (рис. 2а, б, в, соответственно)

Из результатов электродинамического моделирования (рис. 3а, б, в) можно предположить, что все данные спиральные структуры с экраном являются широкополосными и при согласовании обладают приемлемым значением КСВН во всем исследуемом диапазоне.

Результаты экспериментов полностью совпали с моделированием, сразу же оговоримся, что моделирование (компьютерная эмуляция) прошло без устройства согласования.

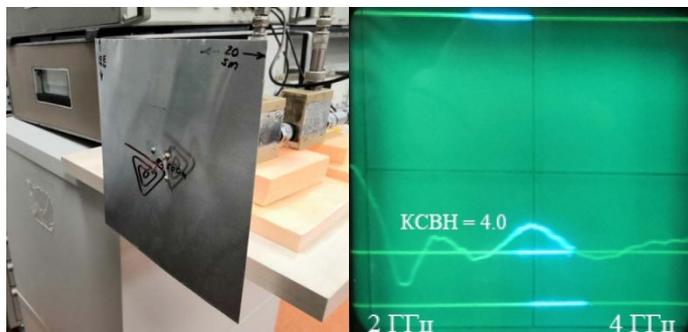


Рис. 4. КСВН макета № 1



Рис. 5. КСВН макета № 2

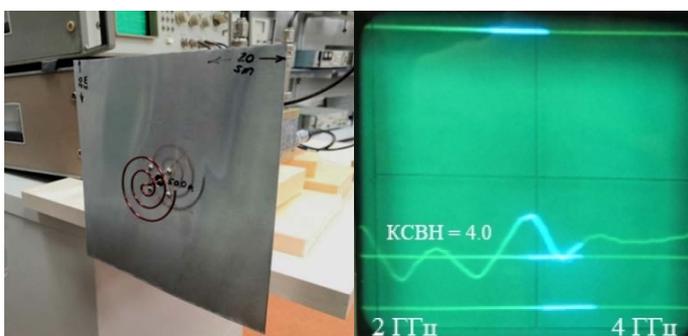


Рис. 6. КСВН макета № 3

В ходе экспериментов было доказано, что все рассматриваемые антенные системы во всем исследуемом диапазоне являются излучающими, то есть работают как антенны. Поляризация структур эллиптическая.

Еще раз подчеркнем, что эксперименты (рис. 4, 5, 6) были проведены при волновом сопротивлении питающей линии 50 Ом, то есть без согласования. Однако, даже при такой упрощенной постановке задачи между результатами компьютерной эмуляции (рис. 3а,б,в) и экспериментом (рис. 4, 5, 6) есть корреляция.

Таким образом, в работе были исследованы широкополосные антенные системы с коэффициентом перекрытия рабочих частот 2 и более, произведена оценка их поляризация и ДН.

Список используемых источников

1. Юрцев О. А., Рунов А. В., Казарин А. Н. Спиральные антенны. М. : Советское радио, 1974. 224 с.
2. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ. Учебник для радиотехнических специальностей вузов. М. : Высшая школа, 1988. 432 с.
3. Рамзай В. Частотно-независимые антенны. М. : МИР, 1968. 172 с
4. Бочаров Е. И., Лепихин К. А., Седышев Э. Ю. Исследование спиральной излучающей структуры на поверхности сфероида // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2019, Т. 3. С. 383–389.
5. Криворука О. О., Седышев Э. Ю. Широкополосная антенная решетка на основе связанных спиральных излучателей // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2019, Т. 3. С. 414–418.
6. Лепихин К. А., Лужковская В. А., Седышев Э. Ю. Гибридная антенна с круговой поляризацией микроволнового диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2019, Т. 3. С. 423–428.
7. Вяльшин Э. С., Криворука О. О., Лепихин К. А., Седышев Э. Ю. Спиральные антенны СВЧ диапазона // Проектирование и технология электронных средств. 2020.
8. Ахметов Р. Р., Булатова И. А., Седышев Э. Ю. Анализ планарных арифметических однозаходных и двухзаходных спиральных антенн СВЧ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2018, Т. 3. С. 347–352.

УДК 621.375.4
ГРНТИ 47.43.33

УСИЛИТЕЛЬ НА АКТИВНОМ ДВУХПОЛЮСНИКЕ, ИНТЕГРИРОВАННЫЙ В КОЛЬЦЕВОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИЙ РЕЗОНАТОР

Е. И. Бочаров, М. О. Подольская, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сегодня во многих радиотехнических системах основным устройством является малошумящий низковольтный усилитель СВЧ. Разработка узкополосных усилителей является сложной инженерной задачей. Нами предлагается полосковый усилитель на

туннельном диоде, включенном в кольцевой эллиптический резонатор. В работе представлен макет усилителя и приведены результаты экспериментального исследования.

СВЧ, резонатор, кольцевой резонатор, микрополосковая линия, усилитель, усилительный диод.

Высокочастотный кольцевой резонатор всё чаще находит применение в телекоммуникационных устройствах. Область применения резонаторов обширна: они используются в устройствах частотной селекции [1, 2], для стабилизации частоты генераторов [3]. Существует множество различных модификаций и способов питания кольцевых эллиптических резонаторов, но особый интерес представляет кольцевой эллиптический резонатор в составе малошумящего узкополосного усилителя. Конструкция резонатора представляет собой полосковую линию, замкнутую в кольцо и расположенную на диэлектрической подложке [4]. С питающей линией кольцо может быть связано гальванической (рис. 1а), емкостной (рис. 1б) и индуктивной связью.

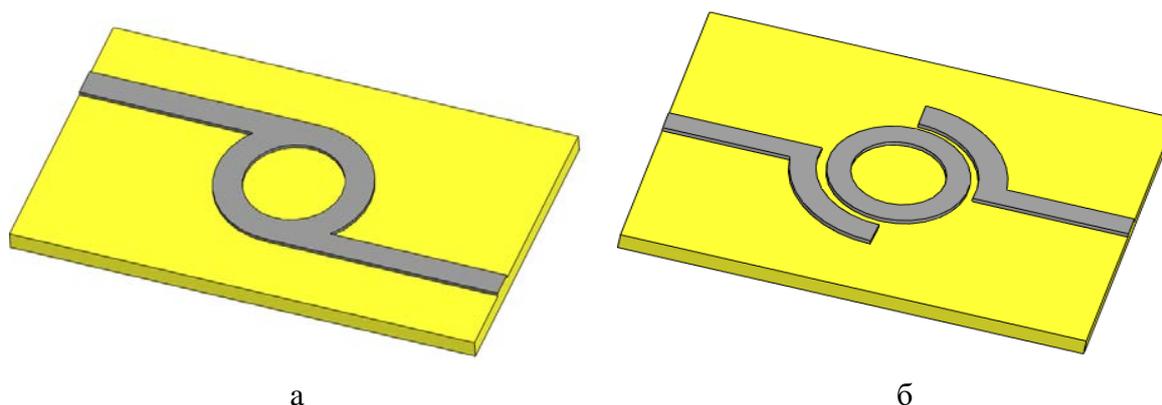


Рис. 1. Модель кольцевого резонатора на микрополосковой линии с гальванической (а) и емкостной (б) связью

Разработка усилителя на активном двухполюснике, который будет интегрирован в кольцевой эллиптический резонатор, является сложной задачей. На рис. 2 представлены чертежи резонаторов с диодом, на которых указаны их геометрические размеры. Резонансная частота напрямую зависит от геометрических размеров.

Резонансная частота кольцевого резонатора с учётом геометрической структуры находится по формуле:

$$f_{\text{рез}} = \frac{c}{\lambda\sqrt{\epsilon}} ,$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны, зависящая от геометрии кольца; ε – диэлектрическая проницаемость материала подложки.

Длина волны зависит от длины кольца и рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{l_{\text{ср}}}{n},$$

где $l_{\text{ср}}$ – длина окружности средней линии; $n = 1, 2, 3 \dots$

Ширина кольца рассчитывается, исходя из значения волнового сопротивления [4], которое находится по формуле:

$$z = \frac{60\pi}{\sqrt{\varepsilon}} \left[\frac{w}{2h} + 0,441 + \frac{0,082(\varepsilon-1)}{\varepsilon^2} + \frac{(\varepsilon+1)A}{2\pi\varepsilon} \right]^{-1},$$

где $A = 1,451 + \ln\left(\frac{w}{2h} + 0,94\right)$, w – ширина проводящего слоя, h – высота диэлектрической подложки.

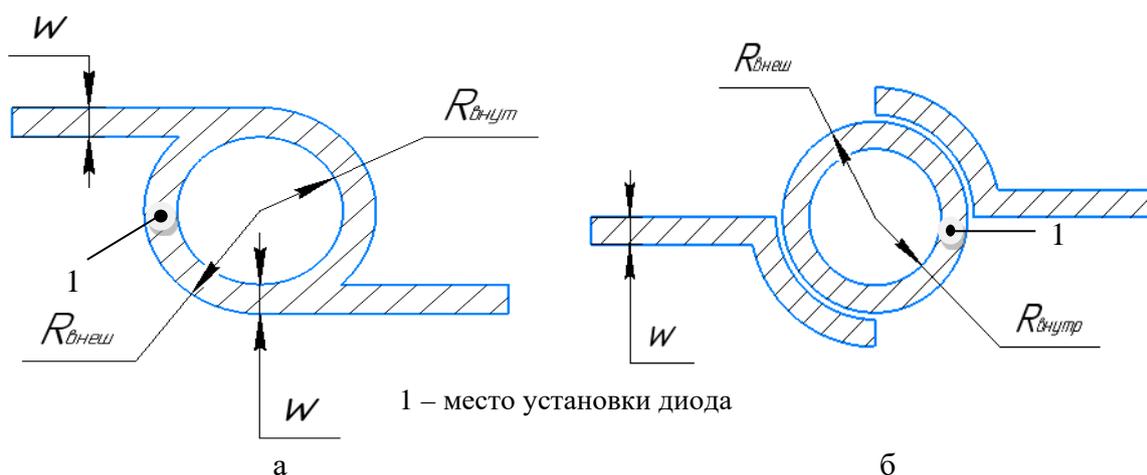


Рис. 2. Чертеж резонатора с гальванической (а) и емкостной (б) связью

При создании усилителя в линию включается туннельный полупроводниковый диод. Необходимо добиться того, чтобы волна в кольцевом резонаторе распространялась только в одном заданном направлении. Этого можно достичь, используя невзаимные устройства.

Эмуляцию работы конструкции произведем в пакете RFSim99 (рис. 3).

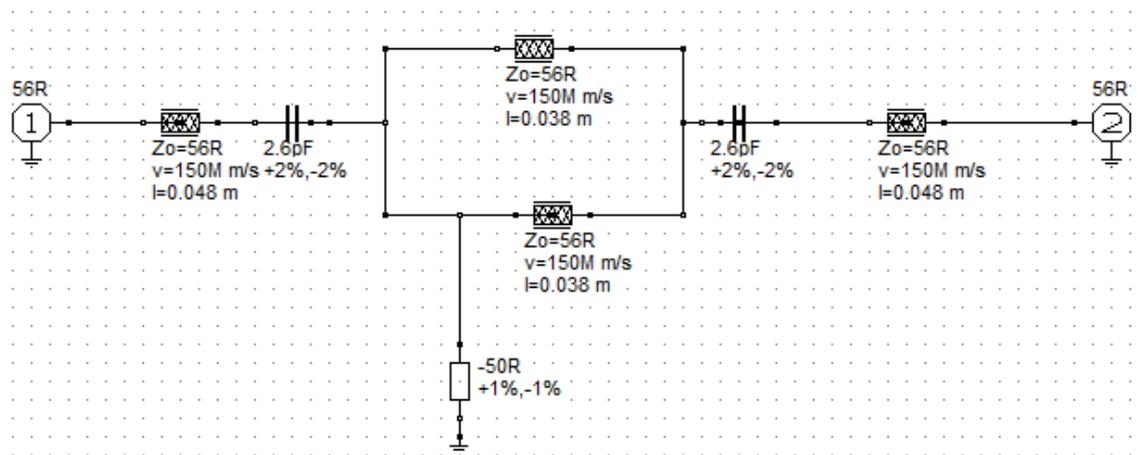


Рис. 3. Эквивалентная схема усилителя, выполненная в пакете RFSim99

Моделирование усилителя в диапазоне частот от 1 ГГц до 3 ГГц представлено на рис. 4. На частоте 1,7 ГГц наблюдается усиление 14 дБ.

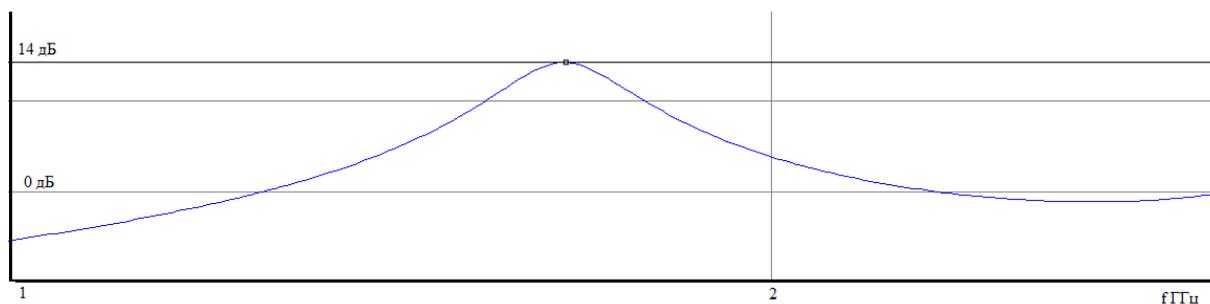


Рис. 4. АЧХ усилителя в заданном диапазоне частот

После расчета и моделирования был изготовлен макет кольцевого резонатора с ёмкостной связью и экспериментально получена АЧХ устройства (рис. 5).

Измерения производились на индикаторе КСВН и ослабления. У данного кольцевого резонатора на частоте 2,2 ГГц наблюдалось ослабление 19 дБ.

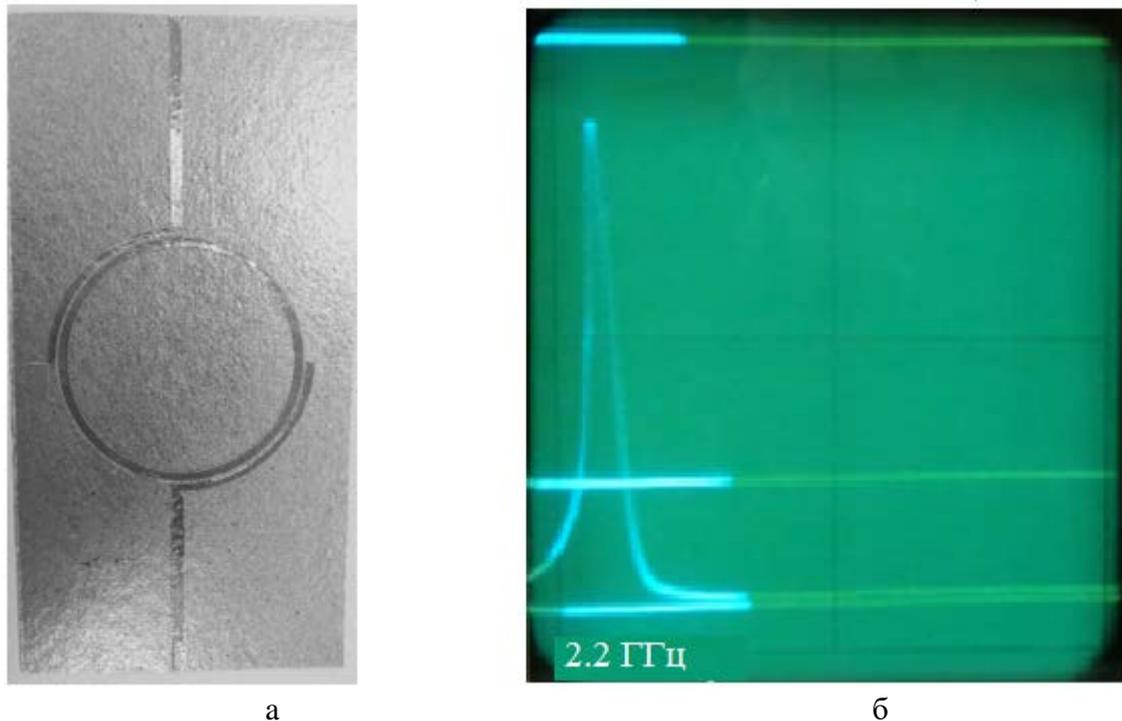


Рис. 5. Макет кольцевого резонатора на микрополосковой линии с емкостной связью (а), передаточная характеристика в полосе 2.4 ГГц (б)

После проверки работоспособности кольца с двумя связными направленными ответвителями в кольцевой резонатор установлен туннельный диод, таким образом, был получен усилитель на кольцевом эллиптическом резонаторе (рис. 6).



Рис. 6. Макет усилителя на активном двухполюснике, интегрированный в кольцевой эллиптический резонатор

Макет был исследован и получены его характеристики (рис. 7). Усиление, полученное в кольцевом резонаторе с диодом, составило порядка 14 дБ, однако, сразу же отметим, что установленный в кольцо диод расстроил резонатор, и мы наблюдали подъем АЧХ в районе 1 ГГц, вместо ожидаемых 2 ГГц.

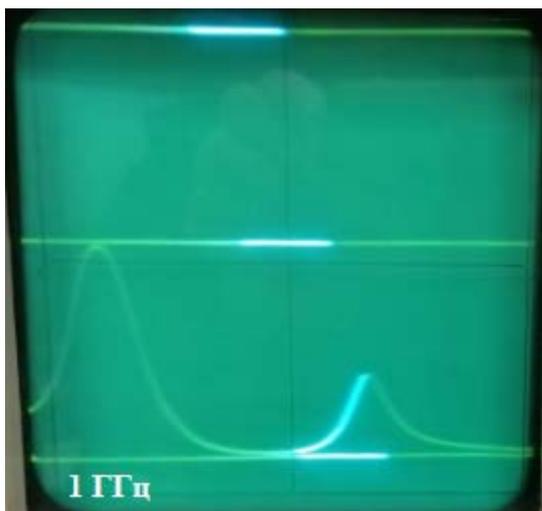


Рис. 7. Характеристика усиления макета

Представленный усилитель на активном двухполюснике, интегрированный в кольцевой эллиптический резонатор, полностью работоспособен. Добившись согласованной работы кольцевого резонатора, устройств связи и активного элемента можно получить высокоэффективный малошумящий СВЧ усилитель. Увеличивая количество туннельных диодов, а так же корректируя геометрические размеры кольца, можно добиться усиления на 1 элементе порядка 10..20 дБ. Таким образом, экспери-

ментально доказана возможность создания усилителей на активных двухполюсниках, интегрированных в кольцевой эллиптический резонатор.

Список используемых источников

1. Сазоненко Н. Ю., Седышев Э. Ю. Устройства частотной селекции на основе кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии // VII Всероссийская научно-техническая конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ» 2019 г.: стендовые доклады, стендовая секция 2. С. 409–411.

2. Седышев Э.Ю., Селиверстов Л.А. Микроволновый фильтр на кольцевом эллиптическом резонаторе // Проектирование и технология электронных средств. 2018. Вып. 61, № 1. С. 52–56.

3. Бочаров Е. И., Кондрашова М. А., Ракова К. А., Седышев Э. Ю., Тарасик К. Э. Кольцевые эллиптические резонаторы для СВЧ устройств. СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 688–692.

4. Бахараев С.И., Вольман В.И., Либ Ю.Н. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М. : Радио и связь, 1982. 328 с.

5. Фальковский О. И. Техническая электродинамика. М. : Связь, 1978. 431 с.

6. Ред Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике. М. : Мир, 1990. 256 с.

УДК 621.373
ГРНТИ 47.41.31

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ КОАКСИАЛЬНЫМИ РЕЗОНАТОРАМИ

Е. А. Брусин^{1, 2}, М. В. Коршунов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,

²Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение научно-исследовательского института радио»

При построении синтезаторов частот для аппаратуры различного назначения возникает необходимость использования генераторов, управляемых напряжением (ГУН). В частности, для создания ГУН с низкими фазовыми шумами используется стабилизация генераторов коаксиальными диэлектрическими резонаторами. Основными проблемой при создании синтезаторов является отсутствие готовых микросхем ГУН, полностью удовлетворяющих требованиям по номинальной частоте и по стойкости к тем или иным внешним воздействиям. Рассмотрено построения ГУН на основе биполярных транзисторов с использованием коаксиальных резонаторов для стабилизации генерируемых частот.

синтезатор частоты, генератор, управляемый напряжением, коаксиальный диэлектрический резонатор, схема Колпитца.

Постановка задачи

Классическая структура синтезатора частоты на основе схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) изображена на рис. 1. Синтезатор включает в себя опорный генератор (ОГ), управляемые делители с частотно-фазовым детектором (ЧФД), ГУН и петлевой фильтр (ПФ), на выходе которого формируется сигнал управления частотой.

Генератор частоты управляемый напряжением является ключевым элементом схемы синтезатора. От качества ГУН существенным образом зависят фазовые шумы синтезатора частоты в дальней области отстроек от выходного колебания.

Для формирования сигналов с низкими фазовыми шумами используются генераторы, стабилизированные диэлектрическими резонаторами. Диэлектрические резонаторы выполняются либо в форме диска, либо в форме параллелепипеда с внутренним отверстием. Последние называются керамическими резонаторами коаксиального типа, или коаксиальными резонаторами (*Coaxial Resonators*) [1]. Коаксиальные резонаторы используются для синтеза частот в диапазоне от нескольких сотен мегагерц до нескольких гигагерц.

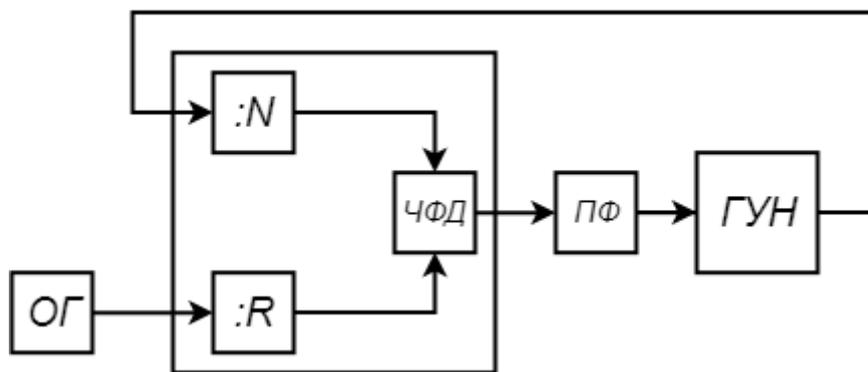


Рис. 1. Структура синтезатора частоты

В настоящее время ряд зарубежных производителей предлагают микросхемы генераторов, стабилизированных коаксиальными резонаторами [2]. Однако, имеющиеся генераторы в полной мере не удовлетворяют всем требованиям по номинальным частотам и по стойкости к тем или иным внешним воздействиям. Кроме того, из-за возможных экспортных ограничений на поставки ряда критических компонентов, практический интерес имеет разработка собственных транзисторных генераторов, ориентированных на использование отечественной элементной базы.

При проектировании была поставлена задача разработки линейки генераторов, средние частоты которых лежат в интервале от 300 МГц до 3 ГГц с уровнем фазовых шумов, соответствующем «маске» стандарта IESS–309 [2]. Указанная маска определяет предельную спектральную плотность фазового шума не более минус 60 дБн/Гц при отстройке 100 Гц и не более минус 90 дБн/Гц при отстройке 100 кГц.

Заданы также: напряжение питания 5 В и минимальный уровень сигнала: минус 5 дБм на нагрузке 50 Ом.

Разработка модели генератора

В качестве активного элемента в современных схемах генераторов используются как биполярные транзисторы, так и полевые транзисторы. В диапазоне нескольких сот мегагерц до нескольких гигагерц генераторы, как правило, строятся на основе биполярных транзисторов [1, 3].

В качестве базовой выберем схему емкостной трёхточки, построенную на биполярном транзисторе, так называемую схему Колпитца. В качестве элемента управления частотой предлагается использовать кремниевые варикапы. В качестве среды аналогового моделирования и анализа была использована программа Micro-Cap.

В то время как базовые схемы генераторов широко известны, основная проблема состоит в разработке моделей коаксиальных резонаторов и варикапов для использования последних в указанной среде моделирования. В ходе моделирования для коаксиальных резонаторов была использована

модель высокочастотного контура, а для варикапа модель конденсатора с линейно изменяемой ёмкостью [5]. Для моделирования транзисторов использовалась стандартная схема замещения биполярного транзистора, использованная в Micro-Cap.

Модель генератора на 390 МГц, разработанная в системе Micro-Cap12, представлена на рис. 2.

Для построения генератора на 390 МГц выбиралась модель коаксиального резонатора, имеющего собственную частоту резонанса равную 450 МГц. С учетом же собственных ёмкостей схемы и вносимой ёмкости варикапа частота настройки резонатора «смещается» вниз и становится расчётной, то есть, равной 390 МГц. Собственно генератор, реализован на транзисторе VT1. На транзисторе VT2 выполнен усилительный каскад, построенный по схеме с общим эмиттером.

Сигнал управления частотой (в данном случае 5 В) подан на варикап через индуктивность L4 и RC фильтр: R10, C13. Это сделано для предотвращения влияния сигнала генератора на цепи управления частотой.

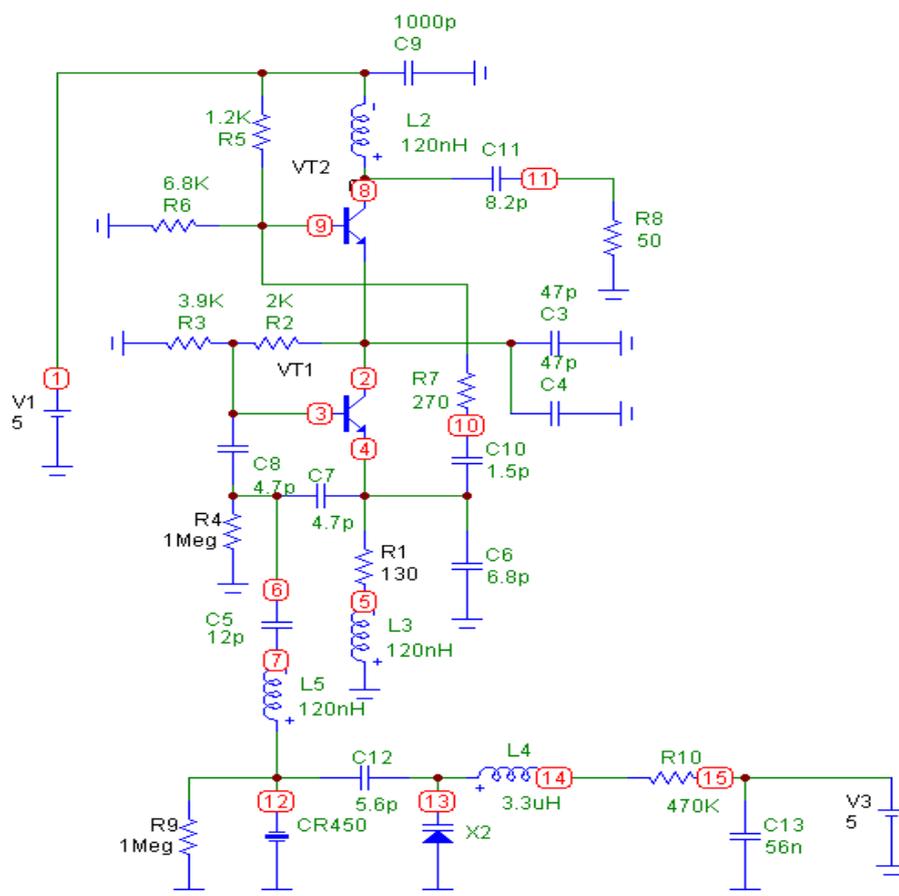


Рис. 2. Модель генератора на 390 МГц

Результаты моделирования представлены на рис. 3, где изображены процессы возбуждения и усиления колебаний генератора.

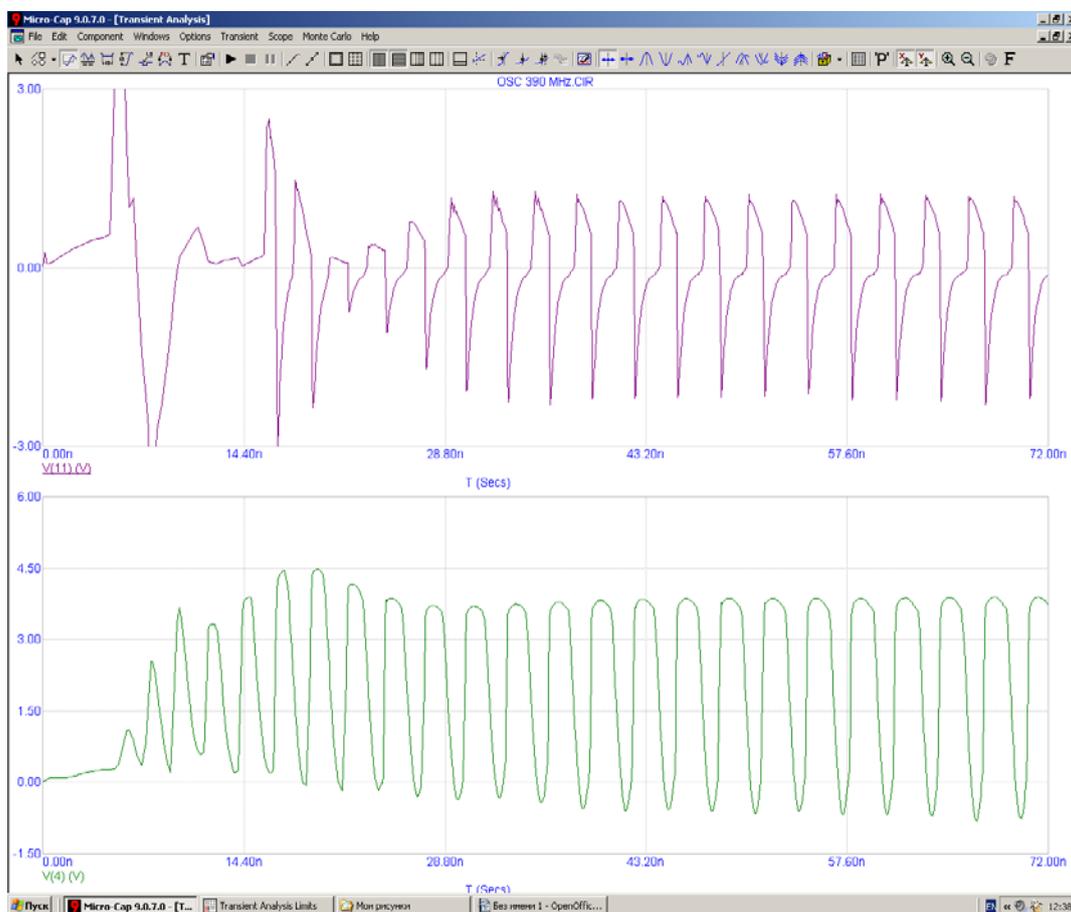


Рис. 3. Результаты моделирования генератора

Результаты макетирования

Макет генератора на 390 МГц была реализована на основе транзисторов и варикапов производства АО «ОКБ-Планета». В качестве коаксиального резонатора использовались резонаторы типа КРД производства ООО «Керамика». Экспериментальные результаты измерений фазовых шумов представлены на рис. 3 и 4. На рис. 3 изображены результаты измерения собственных фазовых шумов макета генератора, а на рис. 4, результаты измерения фазовых шумов того же генератора, включенного в схему синтезатора. Схему управляемых делителей с частотно-фазовым детектором в указанном синтезаторе была реализована на основе микросхемы синтезатор 1508ПЛ9Т производства АО НПЦ «ЭЛВИС».

На основе предложенного подхода был также реализован генератор на частоту 3 ГГц.

На рис. 5 представлена фотография макета этого генератора.

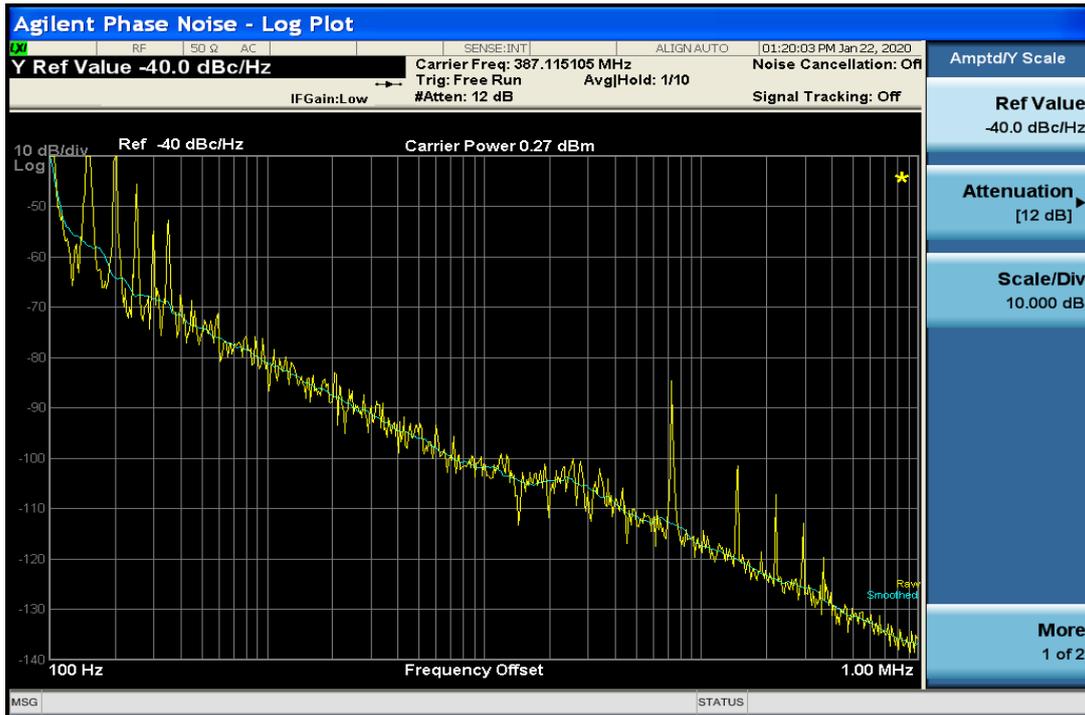


Рис. 3. Собственные фазовые шумы генератора на 390 МГц

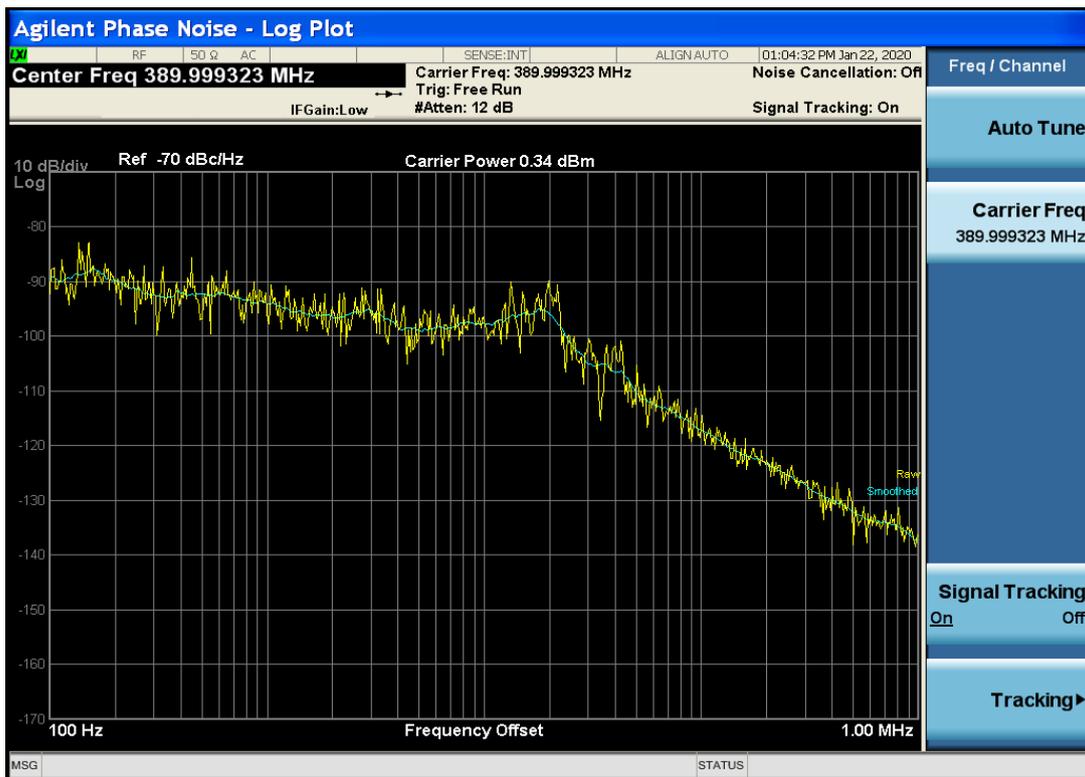


Рис. 4. Фазовые шумы выходного сигнала синтезатора на 390 МГц

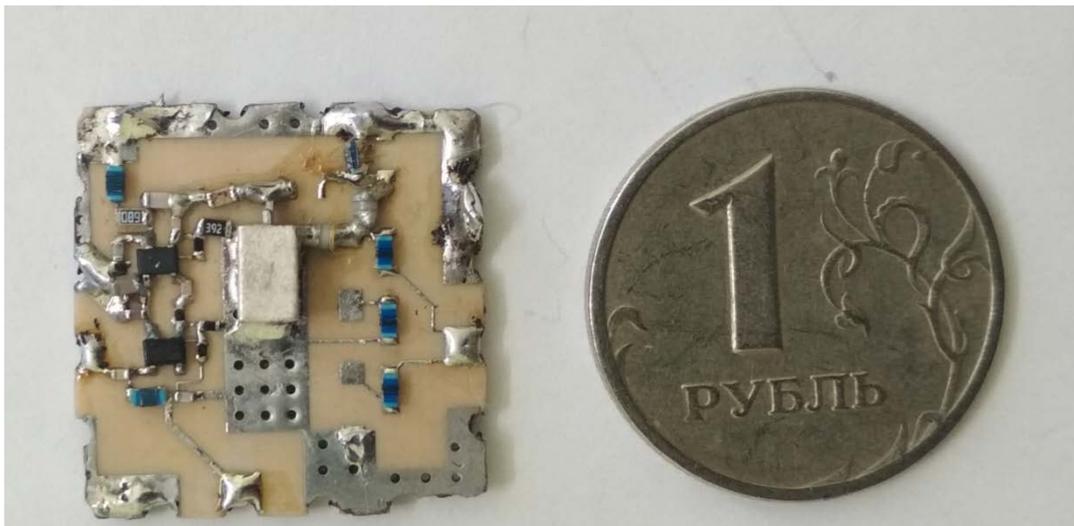


Рис. 5. Макет генератора на 3 000 МГц

Выводы

Результаты измерений показывают, что синтезатор, реализованный на базе разработанного ГУН, обеспечивает спектральную плотность фазового шума не хуже минус 80 дБн/Гц при отстройке 100 Гц и не хуже минус 110 дБн/Гц при отстройке 100 кГц. Уровень выходного сигнала, как видно по результатам измерений, составляет порядка 0,2..0,3 дБм.

Таким образом, разработанные генераторы удовлетворяют требованиям по фазовым шумам и уровню формируемого сигнала.

Следует также особо подчеркнуть, что генераторы и схема синтезатора на их основе были реализованы практически полностью на отечественной элементной базе.

Список используемых источников

1. Ulrich L. Rohde Oscillator Basics and Low-Noise Techniques for Microwave Oscillators and VCOs // GaAs 2000. Paris, France, 2–6 October 2000. Pp. 1015–1023.
2. Белов Л., Хилькевич В. Генераторы с диэлектрическими резонаторами для стабилизации частоты // Электроника: наука, технология, бизнес. 2006. № 7. С. 54–59.
3. Intelsat earth station standards (IESS) Document IESS–309 (Rev. 8). Page 32. Figure 8 Transmit earth station continuous single sideband phase noise requirement. Approval Date: 10 March 2005
4. Кулешов В.Н., Кувшинов В.В., Болдырева Т.И. Об использовании квазилинейного метода при проектировании малозумящих ГУН СВЧ на коаксиальных керамических резонаторах // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2011 № 3. С. 13–20.
5. No. 1009: Computer Simulation of Coaxial Resonators. URL: <https://www.skyworksinc.com/media/SkyWorks/Documents/Products/2501-2600/no1009.pdf> (дата обращения: 27.01.2020).

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНАРНОЙ ЩЕЛЕВОЙ СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

С. Д. Ващенко, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена исследованию планарной спиральной щелевой структуры, которая предназначена для приема – передачи СВЧ сигнала. Произведена эмуляция работы эквивалентной электрической модели, предложен способ питания, а также возможность использования в интегральной схеме. На основании предложенного эквивалента модели изготовлен и исследован масштабный макет.

спиральные антенны, планарные щелевые антенны, планарные антенны, спиральная щелевая антенна.

С развитием радиоэлектроники появилась потребность в широкополосных и экономичных антеннах с широким рабочим диапазоном частот, данный параметр в первую очередь необходим для увеличения пропускной способности системы. Из множества разработок широкополосных антенн, спиральная структура занимает особое место.

Спиральная антенна представляет собой свернутую линию и является антенной бегущей волны, она имеет низкий коэффициент направленного действия, но основной способностью структуры является работа в очень широком диапазоне частот [1].

Среди множества разновидностей спиральных антенн в данной работе выбрана спиральная антенна щелевого типа. В наше время существует большое количество различных форм спиральных антенн, от обыкновенной двухзаходной планарной архимедовой спирали до многозаходных полосковых спиралей в виде объемного конуса. Каждая модель имеет свои преимущества и недостатки, из ключевых недостатков можно выделить несколько пунктов:

- высокое входное волновое сопротивление;
- низкий коэффициент направленного действия;
- сложность интеграции в объемную интегральную схему.

Планарная щелевая спиральная структура была выбрана из соображений простоты изготовления на промышленном оборудовании, а также из-за простоты использования в интегральной схеме СВЧ [1, 2, 3, 4].

Далее речь пойдет о планарной щелевой спиральной структуре, построенной по известной формуле архимедовой спирали (1):

$$R(\phi) = \frac{S}{2\pi} \cdot \phi, \quad (1)$$

где S – шаг спирали; ϕ – угол поворота.

Для исследований выбран частотный диапазон 2...4 ГГц, так как и снятие характеристик, и макетирование устройства согласования – симметрирования в этом диапазоне не требуют особой точности при изготовлении.

На рис. 1 представлена 3D модель структуры.

Расчет и моделирование модели производится в программном обеспечении *MMANA-GAL BASIC*.

Данная программа позволяет произвести исследование спиральной антенны и проэмулировать ее работу. На рис. 2 представлена горизонтальная проекция исследуемой щелевой спиральной структуры.

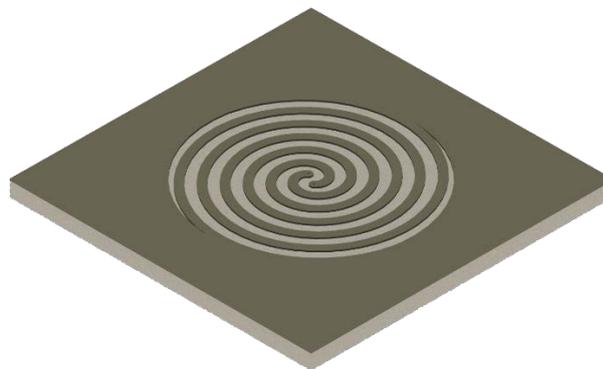


Рис. 1. 3D модель планарной щелевой спиральной структуры

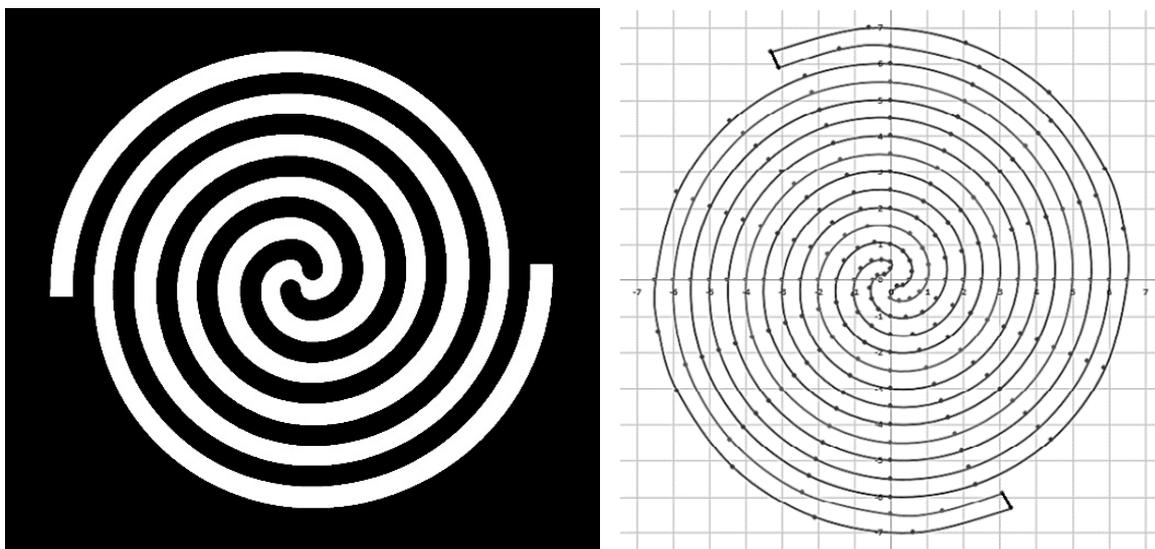


Рис. 2. Горизонтальная проекция исследуемой полосковой щелевой спиральной структуры

Для моделирования спиральной структуры можно использовать проволочный эквивалент [4]. Для этого достаточно торцы щелевой линии представить в виде проводящих элементов, а сплошная её часть не будет влиять на электродинамические характеристики излучателя. Из этого предположения получаем модель эквивалентной проволочной структуры, питаем нашу антенну из центра, как обычную щелевую антенну. Общий вид

с питанием и проволочный эквивалент данной структуры изображены на рис. 3 и 4 [4, 5].

Подача высокочастотного сигнала производится в центре структуры, для этого на токонесущие линии подают сигналы с разностью фаз 180 градусов. Возможно питание излучателя снизу, что является удобным при использовании в ОИС СВЧ (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид и способ питания излучателя

Большинство спиральных излучателей имеет высокое входное волновое сопротивление, и для его уменьшения необходимо использовать «переходы» для трансформации волнового сопротивления. Очевидно, что переходы могут играть роль согласующего устройства предполагаемого приемопередатчика с антенной.

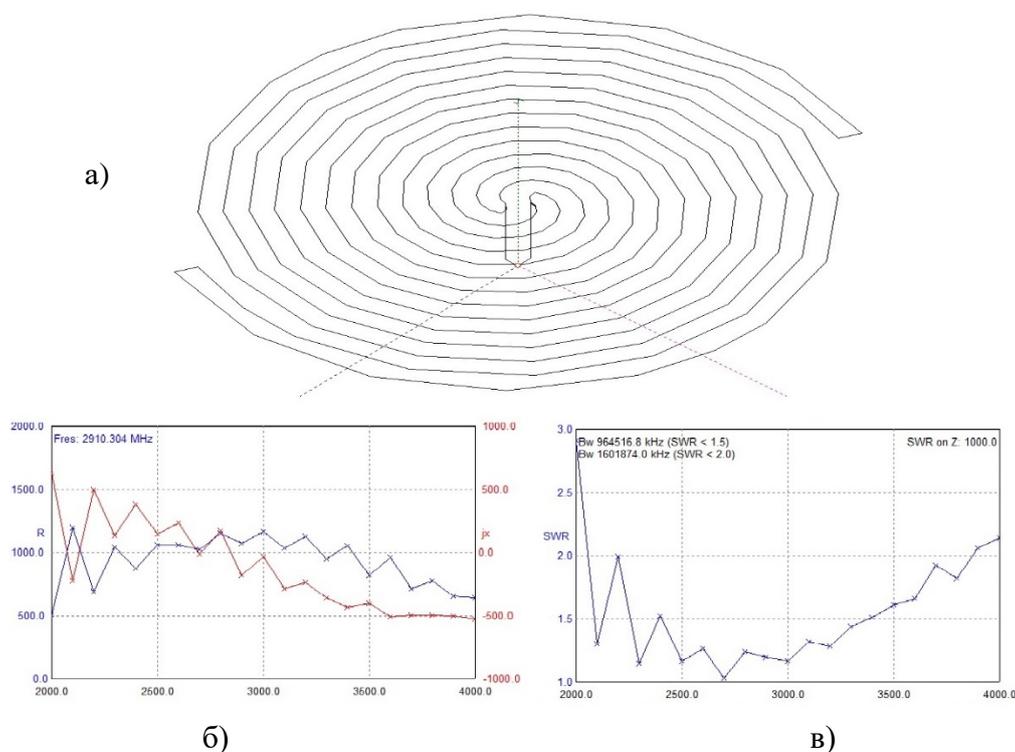


Рис. 4. Электродинамическая модель структуры (а) и ее частотные характеристики импеданса (б) и КСВН (в)

Данная структура, как видно из рис. 4, при компьютерном моделировании имеет высокий входной импеданс и узкий рабочий диапазон по частоте.

Для проверки полученных результатов компьютерного моделирования было проведено исследование масштабного макета, общий вид макета показан на рис. 5. При детальном рассмотрении становится, очевидно, что обычная и щелевая структура отличаются лишь геометрией токонесущих элементов и размером щели.



Рис. 5. Макет планарной щелевой спиральной структуры

Стенд для измерения макета включает в себя индикатор коэффициента ослабления и КСВН, а также генератор качающейся частоты. Стенд собран в режиме измерения КСВН. Результаты измерения изображены на рис. 6.

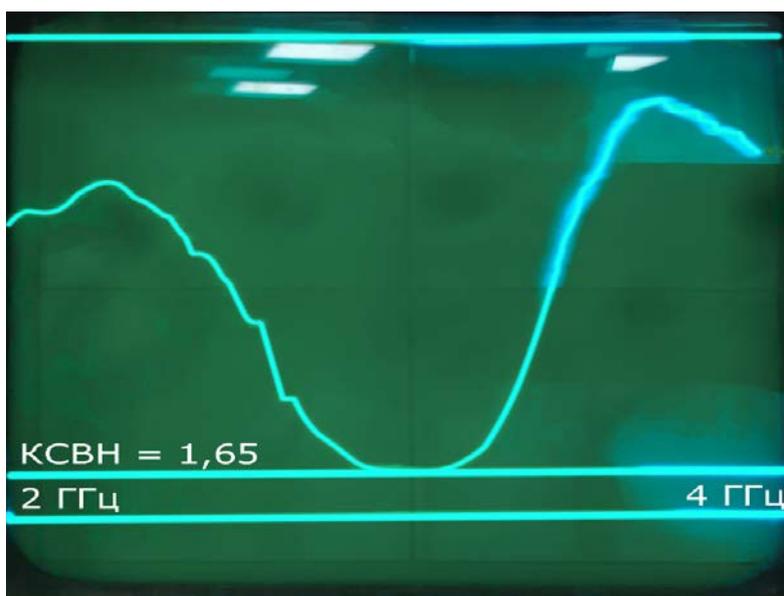


Рис. 6. Коэффициента стоячей волны по напряжению в диапазоне частот

Как видно из рис. 6, полученная масштабная модель имеет узкополосную характеристику. Тем самым доказывается, что компьютерная модель создана правильно.

Выводом данного исследования является утверждение, что широкополосностью обладают спиральные структуры что проассоциированы с индуктивностью. Щелевая спиральная структура скорее ближе к емкости, поэтому ее характеристики отличаются от обычных спиральных антенн.

Список используемых источников

1. Юрцев О. А., Рунов А. В., Казарин А. Н. Спиральные антенны М. : Советское радио, 1974. 224 с.
2. Бочаров Е. И., Лепихин К. А., Седышев Э. Ю. Исследование спиральной излучающей структуры на поверхности сфероида. // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2019. Т. 2. С. 383–388.
3. Ахметов Р. Р., Булатова И. А., Седышев Э. Ю. Анализ планарных арифметических однозаходных и двухзаходных спиральных антенн СВЧ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. С. 347–352.
4. Ахметов Р. Р., Лужковская В. А., Седышев Э. Ю. Спирально-рупорная проволочная структура // Электроника и микроэлектроника СВЧ. VII Всероссийская научно-техническая конференция: сб. ст. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 459–464.
5. Файт А. В., Седышев Э. Ю. Исследование спиральных антенн с помощью низкочастотной проволочной модели // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. 20–24 февраля 2012 года: материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 377–379.
6. Лужковская В.А., Седышев Э.Ю. Моделирование и анализ проволочной структуры в качестве основы рупорной антенны в программе MMANA-GAL (BASIC) // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. С. 409–414.
7. Ветров В. В., Седышев Э. Ю. Усатова И. А. Расчет и анализ спиральных излучателей для ОИС СВЧ с линейным и логарифмическим подъемом токонесущей полосы // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб.: СПбГУТ, 2014. С. 554–559.
8. Вяльшин Э. С., Седышев Э. Ю. Дуплет планарных спиральных антенн // VII Всероссийская научно-техническая конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ». СПб., 2019. Т. 1. С. 405–408.
9. Рамзай В. Частотно-независимые антенны. М. : МИР, 1968. 172 с

УДК 621.396.674
ГРНТИ 47.45.29

ФАЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НА ДВУХЗАХОДНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ

Э. С. Вяльшин, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Спиральные излучатели интересны своими уникальными свойствами. Их объединение в систему позволяет управлять диаграммой направленности, а также улучшать некоторые характеристики антенн. Возможность управления поляризацией излучения, направленностью, улучшением согласования всегда будут привлекать разработчиков. В работе представлены некоторые удачные результаты объединения нескольких спиральных антенн.

микроволновые технологии, СВЧ, планарная спиральная антенна, проволочная спираль, дуплет планарной спиральной антенны.

В качестве элемента для интеграции в систему выбрана структура неразрывной планарной двухзаходной спиральной антенны с питанием от большего радиуса. Компьютерное моделирование структуры проводилось в диапазоне частот 2–4 ГГц [1]. Данный диапазон (с двойным перекрытием) является достаточным для оценки характера электродинамических характеристик исследуемых излучателей.



Рис. 1. Эскиз одиночного элемента спирального дуплета

Модель исходной антенны представлена на рис. 1. Промоделировав данную структуру, имеем следующие электродинамические характеристики (рис. 2) [2].

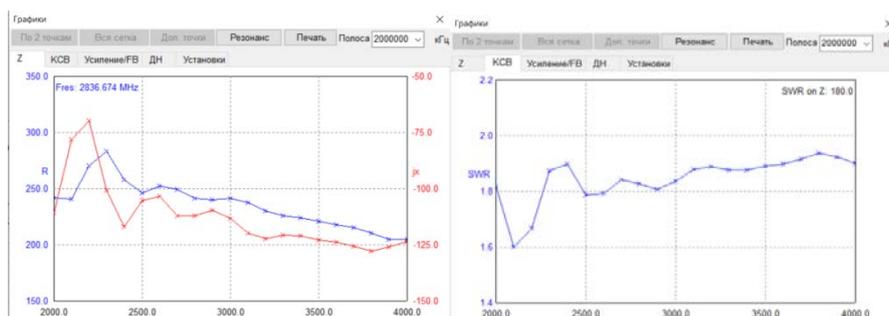


Рис. 2. Электродинамические характеристики одиночного элемента антенны

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что двухзаходная неразрывная спиральная структура (рис. 1) обладает хорошим КСВН, средними значениями активного и реактивного сопротивлений, широкой диаграммой направленности [3].

Таким образом, возможно использование данной структуры для дальнейшего моделирования антенной системы (рис. 3). Антенная система будет представлять собой планарное объединение двух двухзаходных неразрывных спиральных структур.

Реализации такой планарной спиральной антенны, назовем ее дублетом, требует необычного питания. Попробуем запитать ее через центр. Это должно позволить равномерно распределить ток по всей структуре [4]. Именно такой способ питания привел к наилучшему возбуждению структуры из рассмотренных. Дублет планарных спиральных излучателей и его электродинамические характеристики представлены на рис. 3 и 4.



Рис. 3. Эскиз дуплета планарных спиральных антенн

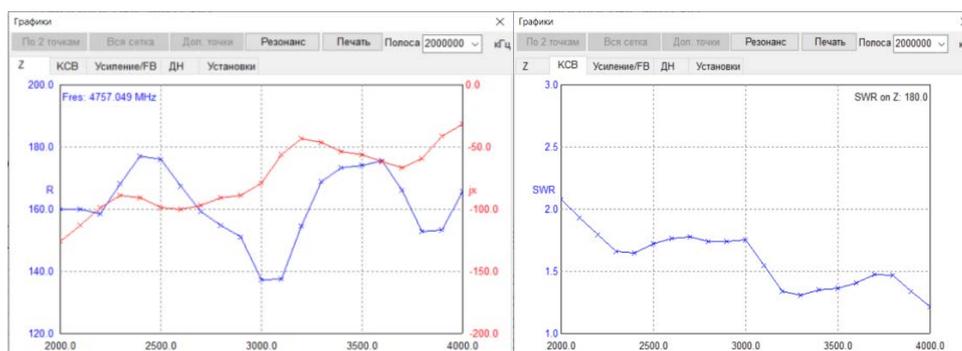


Рис. 4. Электродинамические характеристики дуплета планарных спиральных антенн

Предложенная структура оказалась работоспособной, представляет собой широкополосную антенну с КСВ < 2 в дециметровом диапазоне. После компьютерного моделирования был изготовлен масштабный макет антенны. Антенна была выполнена в виде проволочной медной структуры (рис. 5) [5]. Исследование показало полное соответствие ЭД – моделирования и эксперимента (рис. 6).

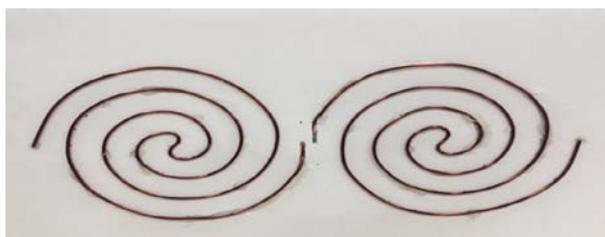


Рис. 5. Макет дуплета планарных спиральных антенн

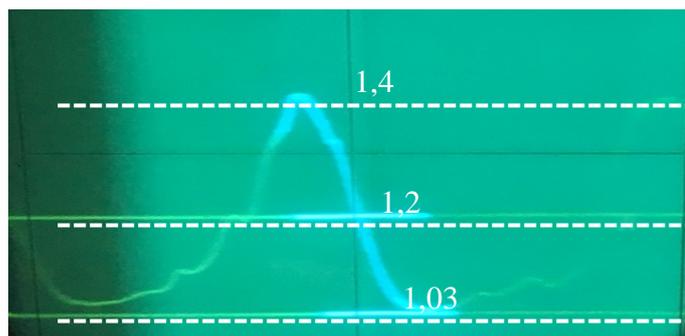


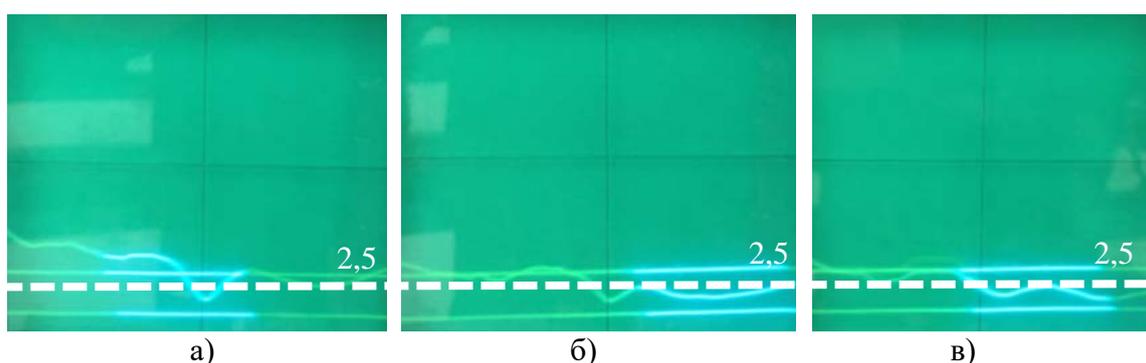
Рис. 6. КСВН дублета в диапазон 2.4 ГГц

Следующим шагом нашего исследования дублета спиральных антенн является создание структуры, позволяющей изменять угол между плоскостями, на которых лежат планарные излучатели (рис. 7). Необходимо исследовать электродинамические характеристики структуры и выяснить, возможна ли работа дублета при ортогональном расположении плоскостей.



Рис. 7. 3D-модель ДПСА для оценки излучающих способностей в зависимости от угла между плоскостями

Для того, чтобы оценить электродинамические характеристики антенны было решено исследовать три угла между плоскостями: 90° , 135° , 180° . Результаты измерения КСВН приведены на рис. 8.

Рис. 8. Электродинамические характеристики антенны (КСВН) при различном угле между плоскостями: а) 90° ; б) 135° ; в) 180°

Из графиков видно, что наилучшие излучающие характеристики антенна показывает при условии, что спиральные структуры находятся в одной плоскости (угол между ними 180°). Дальнейшее исследование дублета

планарных спиральных антенн проходило на поляризационном стенде. Исследование поляризации излучающей структуры имеет особое значение, так как получение линейной поляризации в широком диапазоне частот очень востребовано. На рис. 9 представлен измерительный комплекс, на котором проводились измерения. Оценочный эксперимент показал наличие эллиптической поляризации во всем диапазоне частот.

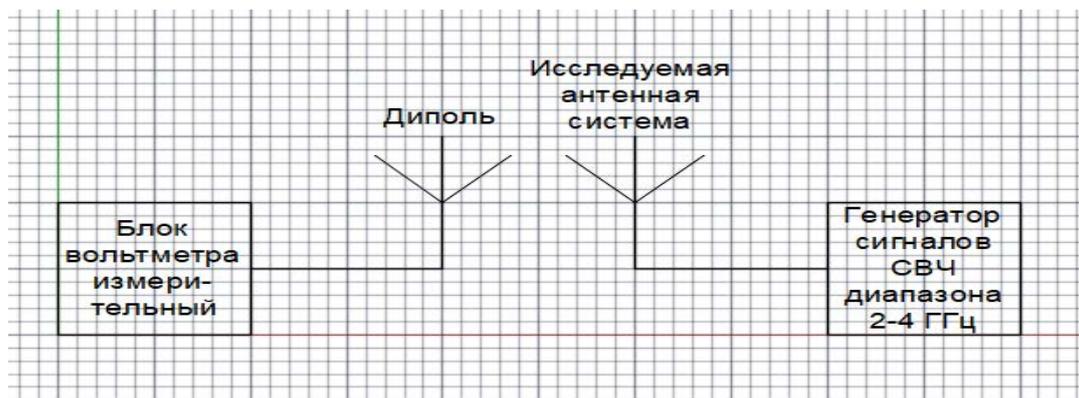


Рис. 9. Схема измерений поляризации ДПСА

Следующим этапом работы стало объединение двух ДПСА, нами была исследована структура из 4-х спиральных излучателей, мы назвали ее «квадратор» (рис. 10).

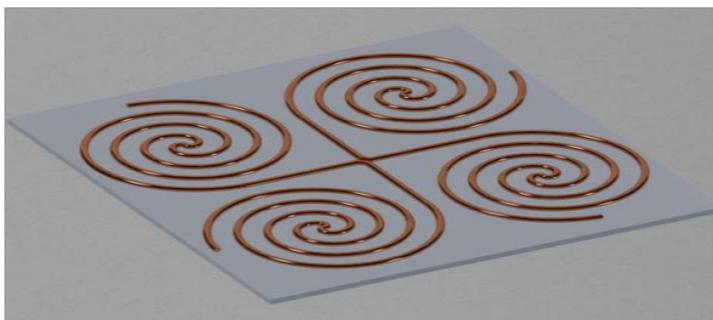


Рис. 10. 3D-эскиз «квадратора»

Четыре симметрично расположенные планарные спиральные антенны имеют идентичные связи между каждым излучателем. Компьютерное моделирование привело нас к улучшению ряда характеристик по сравнению с дублетом.

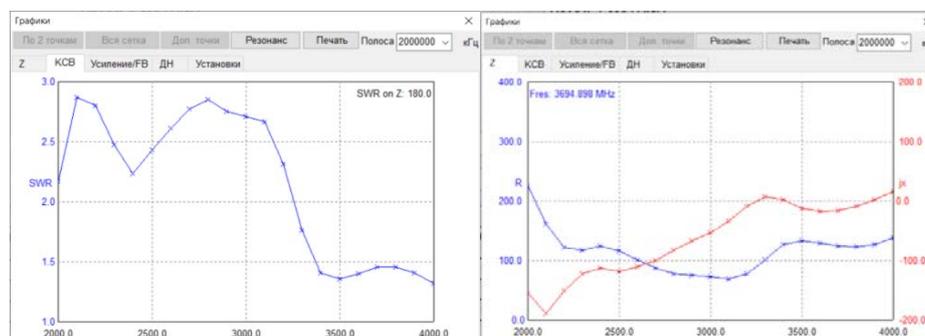


Рис. 11. Электродинамическое моделирование «Квадратора»

Исследовав антенную систему, состоящую из четырех непрерывных спиралей, с питанием в центральной части, нами были получены приемлемые электродинамические характеристики.

Для подтверждения работоспособности данной структуры, была создана модель (рис. 12).

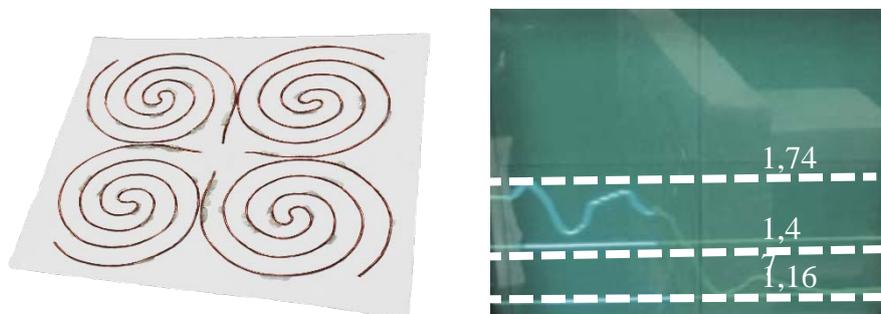


Рис. 12. Макет «квадратора» и его КСВН в диапазоне 2..4 ГГц.

Из графика (рис. 12) видно, что в диапазоне частот 2–4 ГГц антенна имеет КСВН равный 1,16–1,74. Данная структура является работоспособной, но уже не имеет такой равномерной характеристики, как дублет. Также на данном этапе не проверены ее поляризационные свойства.

Вывод: питание сложных спиральных структур возможно не из центра, а с большого радиуса (системы из 4-х и 8-и спиралей). Ток хорошо прошел по каждому сегменту антенны. Оценка угла между плоскостями, в которых лежат излучатели, показала наилучшие излучающие способности при нахождении излучателей в одной плоскости. Особо отметим, что фазированные антенны системы на основе двузаходных непрерывных спиральных структур имеют эллиптическую поляризацию.

Список используемых источников

1. Бочаров Е. И., Ветров В. В., Седышев Э. Ю., Усатова И. А. Планарные излучатели объемных интегральных схем СВЧ // Всероссийская конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ». 3–6 июня 2013, СПб., 2013.
2. Ахметов Р. Р. ВКР на тему: «Исследование планарной спиральной антенны», 2017 СПб., 2017.
3. Ахметов Р. Р., Лужковская В. А., Седышев Э. Ю. Спирально-рупорная проволочная структура; Всероссийская конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ». 3–6 июня 2018. СПб., 2018.
4. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. 2-е изд., стер. СПб. : Издательство «Лань», 2009. 432 с.
5. Файт А.В., Седышев Э. Ю. Исследование спиральных антенн с помощью низкочастотной проволочной модели // Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». 20–24 февраля 2012 г.: материалы. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. С. 377–379

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.99

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА НЕСИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

Н. И. Голубенко, А. Р. Кубалова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрены новые алгоритмы расчета эллиптических фильтров СВЧ, реализованных на несимметричной полосковой линии. Описана инженерная методика синтеза вышепересмотренных фильтров на резонаторах одной и разной электрических длин, реализованных на несимметричной полосковой линии.

эллиптический фильтр, электрическая длина, несимметричная полосковая линия, полосно-пропускающий фильтр, многопроводная линия, связанные линии.

Полосковые структуры с нулями передачи на конечных частотах обычно реализуются симметричными полосковыми линиями (СПЛ), поскольку для получения приемлемого совпадения экспериментальных и теоретических электрических параметров цепи необходима точная реализация полюсов затухания фильтра. В связи с этим, влияние различных неоднородностей в указанных цепях становится сильнее, чем в случае полиномиальных фильтров. В случае реализации на СПЛ в данное время имеют место быть хорошо разработанные методики учета практически всех неоднородностей, в отличие от цепей на несимметричных полосковых линиях (НПЛ), что вызвано усложнившимися физическими процессами в рассматриваемых линиях и усложненными используемыми математическими методиками. В связи с этим, приемлемые топологии при создании данных цепей на НПЛ синтезируются только для устройств с незначительным числом резонаторов.

Рассмотрим следующие полосковые структуры эллиптических фильтров: фильтр с инвертирующими шлейфами и с параллельными или последовательными шлейфами (рис. 1а); фильтр, созданный путем параллельного соединения двух решеток связанных многопроводных резонаторов одной электрической длины (рис. 1б); фильтр, созданный путем параллельного соединения двух замкнутых решеток связанных многопроводных линий (рис. 1в); фильтр, созданный путем параллельного соединения двух разомкнутых решеток связанных многопроводных резонаторов (рис. 1г); фильтр на полусосредоточенных элементах (рис. 1д). Данные устройства могут быть созданы на НПЛ, имеют свои преимущества и недостатки, в связи с чем выбор нужной цепи является сложной задачей.

Шлейфные структуры применяются для реализации обычных прототипов (ФПНЧ) с малым числом резонаторов, поскольку они содержат отрезки линий длиной, кратной $\lambda/4$, вследствие чего характеризуются значительными линейными размерами. Преимуществом этих цепей является отсутствие заземленных резонаторов и большая точность воспроизведений теоретических электрических параметров цепи, в связи с тем, что частоты полюсов затухания определены лишь длиной шлейфов. Существуют различные разновидности данных структур [1], которые практически все используются для реализации узкополосных характеристик – (2–10) %, поскольку в них вводятся идеальные инверторы, заменяемые в реальных структурах четвертьволновыми отрезками линий (рис. 2). Проблемы при синтезе шлейфных цепей вызывает реализация входного и выходного контуров. Из ряда приближенных методов решения данной задачи выделяется реализация, алгоритм которой заключен во введении вспомогательных инверторов, реализуемых зазорами в НПЛ. Первая паразитная полоса пропускания (ПП) $\Delta\omega$ на шлейфах находится на частоте $3\omega_0$ (ω_0 – резонансная частота ПП), но при небольшом отклонении возникают узкие паразитные ПП около частоты $2\omega_0$. Алгоритм синтеза описываемого устройства представлен в [2].

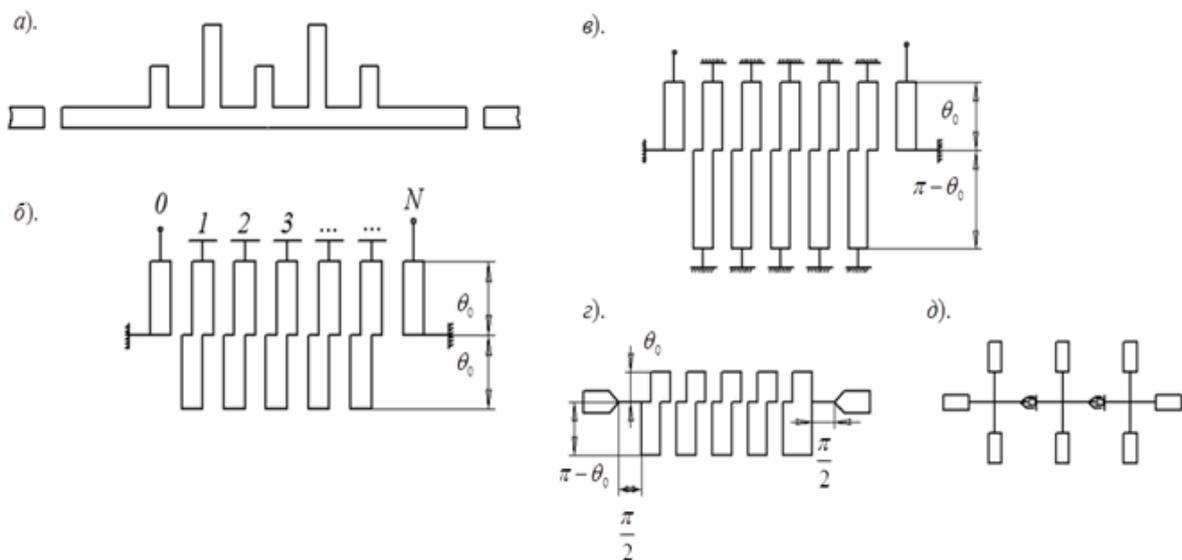


Рис. 1. Типы полосковых структур с полюсами затухания на конечных частотах

Одним из самых миниатюрных эллиптических фильтров является фильтр на связанных многопроводных линиях (рис. 1б). Решетка связанных линий создает равноволновые характеристики (во встречно-стрежневых и гребенчатых структурах). Для получения нулей передачи две решетки соединяются параллельно [5], резонансные контуры в ФПНЧ разделяются, образуя две лестничные цепи из элементов L и элементов C, имеющие единые узлы 1–4 (рис. 3а). Индуктивная лестничная цепь создается решеткой закороченных связанных шлейфов, а емкостная – решеткой разомкнутых связанных шлейфов.

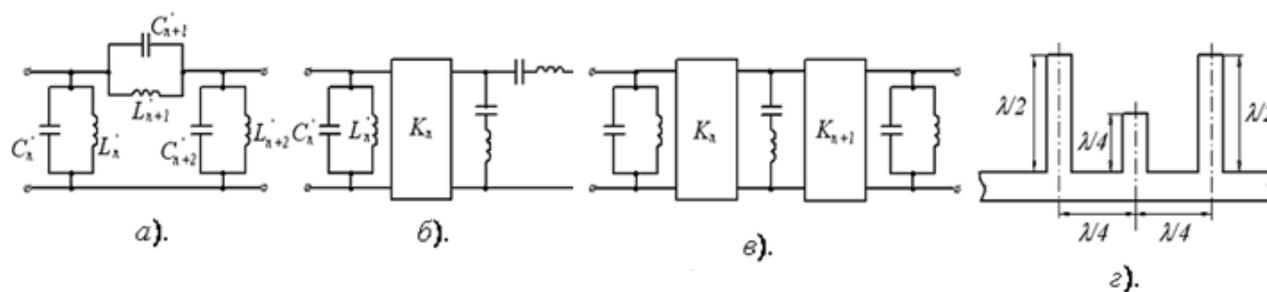


Рис. 2. Переход от ФПНЧ к полосковой цепи со шлейфами

В результате получится структура (рис. 3б) имеющая реализуемые геометрические величины лишь только при высоких нагрузках, из-за чего в закороченную решетку добавляют трансформирующие входные линии. Данный фильтр применяется при получении электрических параметров ППФ с ПП $\Delta\omega \geq 5\%$. Для более узких ПП сильно сказываются сосредоточенные емкости разомкнутых шлейфов решетки, чья подстройка не дает удовлетворяющих результатов. Первая паразитная ПП данного фильтра подвержена влиянию электрической длины шлейфов и находится в диапазоне $2\omega_0 \leq \Delta\omega \leq 5\omega_0$. Для подавления узких паразитных ПП, всегда проявляющихся в районе $2\omega_0$, требуется скрупулезное корректирование неоднородностей.

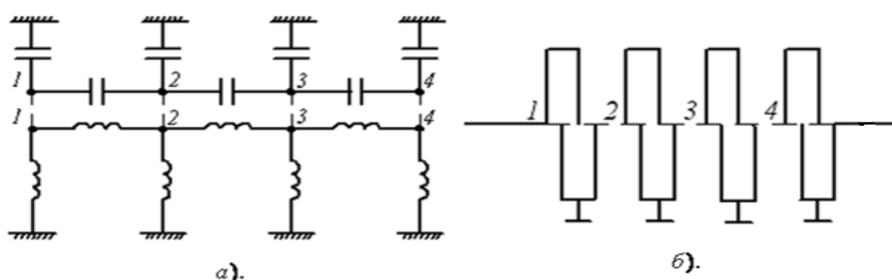


Рис. 3. Реализация ФПНЧ с параллельным соединением двух решеток связанных многопроводных шлейфов

При проектировании фильтра (рис. 3б) допустимо линейное преобразование матриц нормированных статических емкостей решеток, дающее возможность изменить топологию связанных шлейфов в приемлемо широком диапазоне. Неудобство данного фильтра при реализации на НПЛ основывается на наличии заземленных шлейфов, усложняющее технологию изготовления. Алгоритм расчета данной цепи рассмотрен в [1].

Второй эллиптический фильтр на связанных шлейфах – это структура без разомкнутых резонаторов (рис. 1в), позволяющая с требуемой точностью реализовать узкополосные характеристики (1–5)%. Ослабление становится несимметричным относительно ω_0 при $\Delta\omega \geq 8\%$, сильно уменьшается крутизна в нижней переходной области. Формулы расчета для данного фильтра рассмотрены в [3] методом эквивалентной замены разомкнутой решетки связанных шлейфов длиной Θ_0 на решетку короткозамкнутых шлейфов длиной $\pi - \Theta_0$,

для чего входные проводимости шлейфов и их первые производные (рис. 4) приравнивались на центральной частоте ω_0 . Использование требуемого узкополосного приближения не позволяет судить с достаточной точностью о расположении первой паразитной ПП, почти всегда несколько узких ПП появляются в диапазоне $2\omega_0-4\omega_0$. Данная цепь в сравнении с первой структурой имеет увеличенные габариты, дополнительно заземленные резонаторы, однако позволяет реализовать более узкие ПП. В обеих цепях возможно менять геометрию связанных резонаторов методом линейного преобразования емкостных матриц решеток. Алгоритм расчета этой структуры рассмотрен в [4, 5].

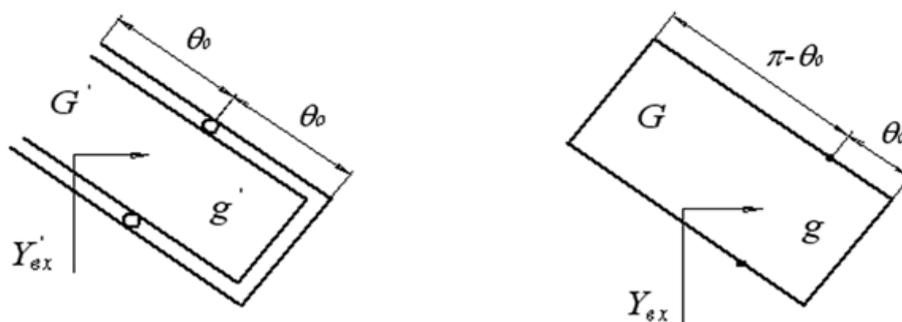


Рис. 4. Эквивалентная замена контура из двух шлейфов одной электрической длины закороченными шлейфами различной электрической длины

Третья цепь на связанных многопроводных линиях (рис. 1г) отличается от вышерассмотренных отсутствием заземленных резонаторов. Хотя в цепи имеются разомкнутые резонаторы и сосредоточенные емкости должны оказывать влияние при узких ПП, этого не происходит, как в структуре второй цепи (рис. 1б), поскольку сосредоточенные емкости синхронно влияют на обе решетки, взаимно компенсируя друг друга. Эксперимент показал, что подобный фильтр может быть использован при $\Delta\omega \geq 2\%$. На верхний предел, примерно равный (8–10) %, как и в структуре (рис. 2в), оказывает влияние узкополосное приближение (рис. 5).

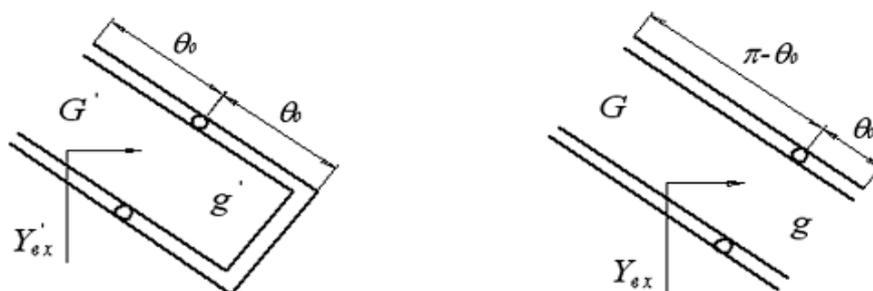


Рис. 5. Эквивалентная замена контура из двух шлейфов одной электрической длины разомкнутыми шлейфами различной электрической длины

В данном фильтре узкие паразитные ПП обычно проявляются при частотах чуть выше $2\omega_0$, их положение определяется сложно учитываемыми неоднородностями. Как и в предыдущих цепях на связанных линиях, используя метод линейного преобразования емкостных матриц можно варьировать геометрическими параметрами шлейфов. Алгоритм расчета этого фильтра приведен в [5].

Создание малогабаритных фильтров дециметрового диапазона в планарном исполнении вызывает значительные трудности, поскольку сосредоточенные элементы уже не могут быть использованы из-за малой добротности, а обычные цепи из шлейфов имеют совершенно недопустимые габариты даже на подложках, имеющих большую ϵ_r . В связи с этим были синтезированы полосковые фильтры, состоящие из шлейфов с длиной много меньшей $\lambda/4$, которые называются «цепями на полусосредоточенных элементах». Эти структуры миниатюрны, почти не встречают ограничений на ПП реализуемой характеристики и могут быть реализованы без заземленных элементов (рис. 1д). В основе синтеза устройств на полусосредоточенных элементах лежат эквивалентные соотношения (рис. 6), позволяющие шлейфом высокоомной линии реализовать последовательную индуктивность, а низкоомной линией – параллельную емкость. При синтезе указанных фильтров проявляются трудности из-за технологических возможностей производства высокоомных линий, поэтому в этих цепях применяют индуктивности, реализуемые спиралью полосковой линии. Индуктивности реализуются в пределах 10–100 нГн. Вторая проблема обозначается при реализации последовательной емкости. Зазор в полосковой линии в планарном исполнении имеет малую емкость, в связи с чем используются гребенчатые зазоры, которыми реализуются емкости до 10 пФ [5]. Для описываемого фильтра существует ряд способов подстройки паразитных полос [5]. Алгоритм расчета эллиптического фильтра на полусосредоточенных элементах рассмотрен в [2, 5].

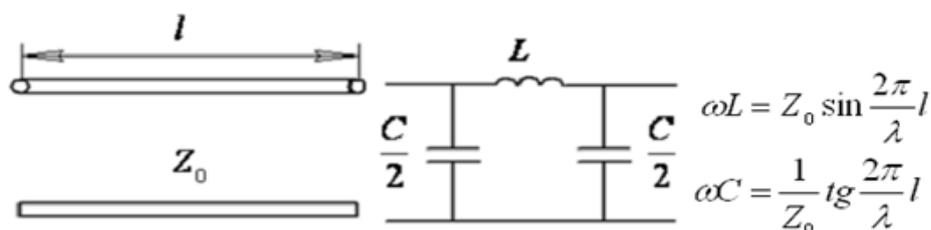


Рис. 6. Схема замещения отрезков однородной линии

Список используемых источников

1. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и моделирование микроволновых фильтров. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. 216 с.
2. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Анализ и синтез микроволновых эллиптических фильтров. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2013. 368 с.

3. Кубалова А. Р. Синтез и конструирование микрополосковых узкополосных эллиптических фильтров СВЧ с четвертьволновыми инверторами // VIII Международная научно-техническая конференция «Физика и технические приложения волновых процессов»: Материалы конференции. СПб. : СПбГУТ, 2009. С. 72.

4. Кубалова А.Р., Кубалов Р.И. Анализ и расчет микроволновых ступенчатых эллиптических фильтров дециметрового диапазона // VIII Международная научно-техническая конференция «Физика и технические приложения волновых процессов»: Материалы конференции. СПб. : СПбГУТ. 2009. С. 71.

5. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и конструирование микроволновых фильтров. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2018. 288 с.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.99

СИНТЕЗ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

Н. И. Голубенко, А. Р. Кубалова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Предложена инженерная методика синтеза и конструирования эллиптических фильтров на резонаторах одинаковой и разной электрических длин, реализуемых на несимметричной полосковой линии. Рассмотрены конструктивный расчет и электрический расчет, а также числовые примеры расчетов и топологии различных видов фильтров.

эллиптический фильтр, электрическая длина, несимметричная полосковая линия, полосно-пропускающий фильтр, многопроводная линия, связанные линии.

Проектирование полосковой цепи, синтезированной с помощью параллельного соединения двух решеток связанных многопроводных линий равных электрических длин основана на использовании прототипа НЧ (ФПНЧ), значения элементов которого L_i , C_i задаются по требованиям к характеристикам (рис. 1а). Электрическая длина резонаторов: $\pi/6 \leq \Theta_0 \leq \pi/3$, при увеличении ее улучшается физическая реализуемость структуры, но возрастают значения геометрических параметров, и первая паразитная полоса пропускания (ПП) будет близка к $2f_0$. При уменьшении ее усложняется реализуемость структуры, однако уменьшаются значения геометрических параметров, и первая паразитная ПП приближается к $5f_0$. При отсутствии дополнительных требований к цепи и ее электрическим параметрам, $\Theta_0 = \pi/4$; паразитная ПП будет на $3f_0$. Постоянный коэффициент двойного частотного преобразования Ричардса

$$a = \frac{\operatorname{tg} \theta_0 \cdot \operatorname{tg} \theta_0 \frac{f_1}{f_0}}{\operatorname{tg}^2 \frac{f_1}{f_0} - \operatorname{tg}^2 \theta_0}, \quad (1)$$

где f_1 – верхняя граничная частота ПП. Подсобные коэффициенты

$$m_{n+1}^{\pm} = a \left\{ 1 + \left[\sqrt{\left(\frac{\Omega_{n+1}}{2a} \right)^2 + 1} \pm \frac{\Omega_{n+1}}{2a} \right]^2 \right\}, \quad \text{где } \Omega_{n+1} = \frac{1}{\sqrt{C'_{n+1} L'_{n+1}}}. \quad (2)$$

Нормированные величины элементов прототипа ППФ (рис. 1б):

$$\begin{aligned} C_n'' &= \frac{aC'_n}{\operatorname{tg} \theta_0}; L_n'' = \frac{1}{aC'_n \operatorname{tg} \theta_0}; C_{n,n+1}'' = \frac{C'_{n+1} m_{n+1}^-}{\operatorname{tg} \theta_0}; L_{n,n+1}'' = \frac{1}{C'_{n+1} m_{n+1}^+ \operatorname{tg} \theta_0}; \\ C_{n+1,n+2}'' &= \frac{C'_{n+1} m_{n+1}^+}{\operatorname{tg} \theta_0}; L_{n+1,n+2}'' = \frac{1}{C'_{n+1} m_{n+1}^- \operatorname{tg} \theta_0}; C_{n+2}'' = \frac{aC'_{n+2}}{\operatorname{tg} \theta_0}; L_{n+2}'' = \frac{1}{aC'_{n+2} \operatorname{tg} \theta_0}. \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициент нормировки $K_0 = 120\pi/R$ (4). Рассчитываем элементы матриц нормированных статистических емкостей закороченной решетки связанных резонаторов C_{K3} (рис. 1в), а также нормированных статистических емкостей разомкнутой решетки связанных резонаторов C_{XX} (рис. 2г). Проводим линейное преобразование матриц. Выберем $n_0 = n_{N+1} = 1$. Оставшиеся коэффициенты n_i найдем из условия физической реализуемости данного фильтра. Создадим связанные резонаторы на НПЛ на подложке для $\epsilon_r = 9,6$. Нормированные заземленные емкости выходных резонаторов $9 \geq C_{00} \geq 3$ Нормированные взаимные емкости $3 \geq C_{i,i+1} \geq 0,8$. Нормированные заземленные емкости внутренних связанных линий $7 \geq C_i \geq 1,5$. После линейного преобразования матриц создадим лестничную емкостную структуру с реализуемыми значениями $C_{i,i+1}$ и C_i . Для цепи с реализацией на НПЛ все узлы с емкостью заземлены. Значения геометрических параметров связанных резонаторов и $\epsilon_{r\Phi}$ определяем по алгоритмам, приведенным в [1, 2, 3].

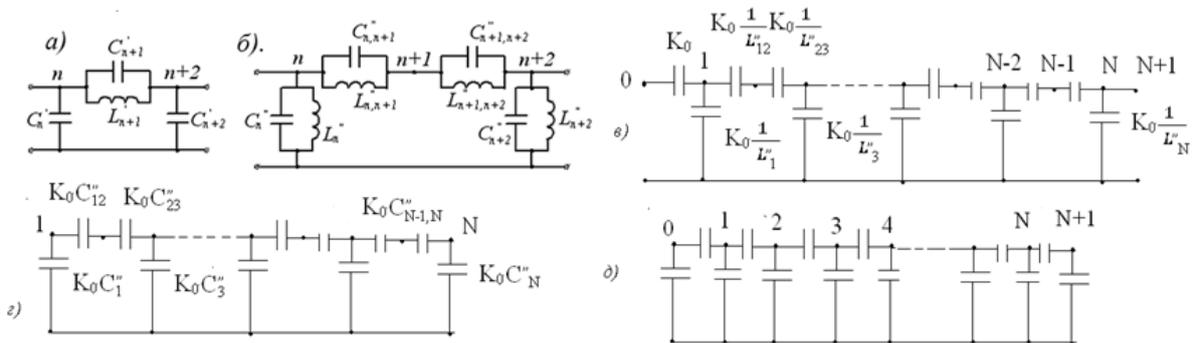


Рис. 1. Переход от ФПНЧ к решеткам связанных линий

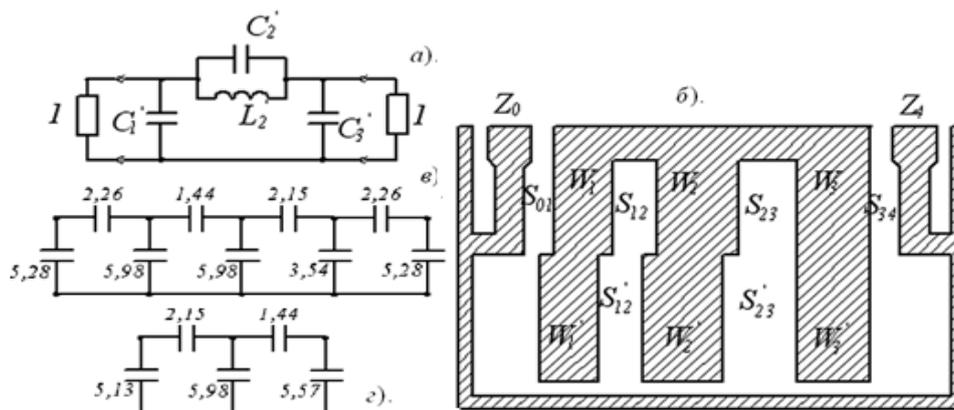


Рис. 2. Полосковая структура из двух решеток равных электрических длин

Длина линий решетки

$$l = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{\pi f_0 \sqrt{\epsilon_{r\text{эфф}}}} \theta_0. \quad (5)$$

Рассчитаем геометрические параметры эллиптического полосно-пропускающего фильтра (ППФ) на НПЛ с $\epsilon_r = 9,6$. Значения элементов ФПНЧ (рис. 2а): $C_1' = 0,7486$, $C_2' = 0,0374$, $C_3' = 0,7486$, $L_2' = 1,0213$. Сопротивления нагрузок $R = 50$ Ом, центральная частота ПЭП $f_0 = 3$ ГГц. Топология структуры представлена на рис. 2б.

Метод синтеза полосковой цепи, созданной путем параллельного соединения двух закороченных решеток связанных многопроводных резонаторов основывается на использовании ФПНЧ, значения элементов которого задаются по требованиям к характеристикам. Электрическая длина резонаторов $\pi/6 \leq \theta_0 \leq \pi/3$. В этой цепи паразитные ПП будут немного сдвинуты в сравнении с вышеуказанным устройством из-за обобщений, полученных при замене разомкнутой решетки закороченной [4, 5]. Постоянный коэффициент двойного частотного преобразования Ричардса

$$a = \frac{\sin 2\theta_0}{2\theta_0} \cdot \frac{f_0}{2\Delta f^*}, \text{ где } 2\Delta f^* - \text{ПП.} \quad (6)$$

Расчет подсобных коэффициентов и нормированных величин прототипа ППФ осуществим по формулам (2) и (3). Нормированные величины волновых проводимостей резонаторов решетки θ_0 :

$$g_n = \frac{1}{L_n} + \left(\frac{2\theta_0}{\pi} - 1\right) C_n'' \text{tg}^2 \theta_0. \quad (7)$$

Нормированные величины волновых проводимостей резонаторов решетки π - Θ_0 :

$$G_n = C_n'' \frac{2\theta_0}{\pi} \text{tg}^2 \theta_0. \quad (8)$$

Коэффициент нормировки рассчитаем по формуле (4). Найдем величины элементов матрицы C_{Θ_0} нормированных статистических емкостей связанных резонаторов решетки Θ_0 и матрицы $C_{\pi-\Theta_0}$ нормированных статистических емкостей связанных резонаторов решетки π - Θ_0 . Линейное преобразование матриц и определение геометрических параметров резонаторов решеток выполним как в первом примере.

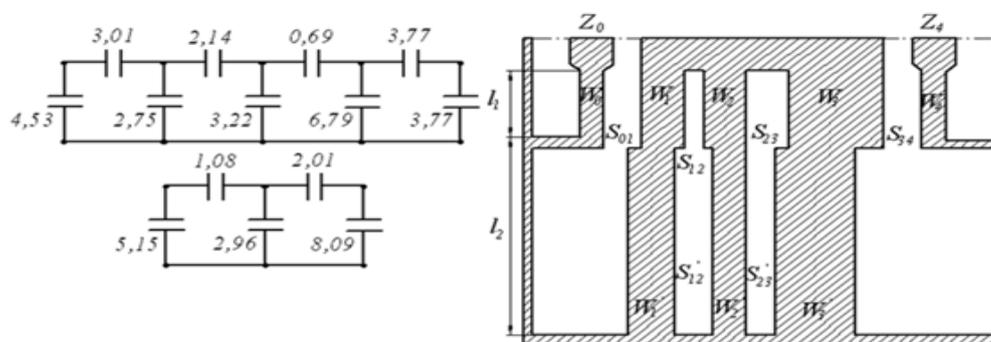


Рис. 3. Полосковая структура из двух закороченных решеток

Длина решетки с согласующими линиями

$$l_{\theta_0} = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{\pi f_0 \sqrt{\epsilon_r \text{эфф}}} \theta_0. \quad (9)$$

Длина решетки без согласующих линий

$$l_{\pi-\theta_0} = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{\pi f_0 \sqrt{\epsilon_r \text{эфф}}} (\pi - \theta_0). \quad (10)$$

Вычислим геометрические параметры эллиптического ППФ на НПЛ с $\epsilon_r = 9,6$. ФПНЧ представлен на рис. 2а. Значения элементов ФПНЧ возьмем из первого примера. Центральная частота $f_0 = 2$ ГГц. Выберем $\Theta_0 = \pi/4$ и рассчитаем значения элементов прототипа ППФ C'' , L'' , совпадающие с значениями, найденными в первом примере. Топология структуры представлена на рис. 3б.

Метод синтеза полосковой структуры, созданной путем параллельного соединения двух разомкнутых решеток связанных резонаторов основывается на использовании ФПНЧ, значения элементов которого задаются

по требованиям к характеристикам. Расчет добавочных коэффициентов и нормированных величин прототипа ППФ осуществим по формулам, указанным для первого случая. Нормированные величины волновых проводимостей резонаторов решетки Θ_0 :

$$g_n = C_n'' + \frac{1}{L_n''} \left(\frac{2\theta_0}{\pi} - 1 \right) \text{ctg}^2 \theta_0. \quad (11)$$

Нормированные величины волновых проводимостей резонаторов решетки π - Θ_0 :

$$G_n = \frac{2\theta_0}{\pi L_n''} \text{ctg}^2 \theta_0. \quad (12)$$

Величину R_{Σ} найдем из пределов физической реализуемости фильтра (для НПЛ: 100–1 000 Ом): $K_0 = 120\pi/R_{\Sigma}$ (13). Вычислим величины элементов матрицы C_{Θ_0} нормированных статистических емкостей связанных резонаторов решетки Θ_0 и матрицы $C_{\pi-\Theta_0}$ нормированных статистических емкостей связанных резонаторов решетки π - Θ_0 . Линейное преобразование матриц и расчет геометрических параметров резонаторов решетки выполним по формулам, представленным для первого случая. Длину линий решеток определим по формулам (9) и (10).

Вычислим геометрические параметры эллиптического ППФ на НПЛ. ФПНЧ представлен на рис. 2а. Значения величин прототипа совпадают со значениями, представленными в первом случае. Центральная частота $f_0 = 2$ ГГц. Для $\Theta_0 = \pi/4$ и $a = 12,7388$, величины элементов прототипа ППФ равны заданным в первом случае. Топология структуры представлена на рис. 4в.

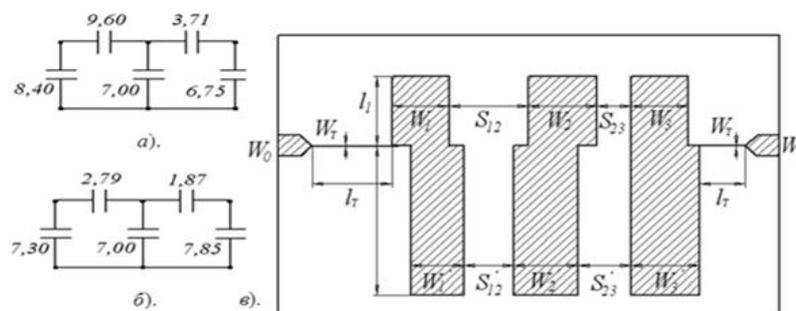


Рис. 4. Полосковая структура с разомкнутыми решетками связанных резонаторов

Синтез полосковой структуры на полусосредоточенных элементах основывается на использовании ППФ, значения величин которого определяются по требованиям к частотным параметрам. Из технологических

или других ограничений найдем предельные величины волновых импедансов резонаторов Z_{MAX} и Z_{MIN} , с чьей помощью происходит реализация емкости и индуктивности на землю. Принято, что для подложки с $\epsilon_r = 9,6$ и $h = 1$ мм, $Z_{\text{MAX}} = 90\text{--}12$ Ом, а $Z_{\text{MIN}} = 8\text{--}20$ Ом. Предельные величины реализуемых шлейфами индуктивностей

$$L_{\text{max}} = \frac{Z_{\text{max}}}{16f_0} \quad (14)$$

Предельные величины реализуемых шлейфами емкостей на землю

$$C_{\text{max}} = \frac{1}{16f_0 Z_{\text{min}}} \quad (15)$$

Предельные величины реализуемых гребенчатой структурой последовательных емкостей для $\epsilon_r = 9,6$ $C_{\text{пр}} \approx 20$ пФ. Эти шаги дают целиком исследовать вопрос реализуемости данного прототипа. Длины высокоомных линий, которыми в цепи реализуются индуктивности

$$l_i = \frac{300L_i \text{ нГн}}{Z_{\text{max}} (\sqrt{\epsilon_r \text{эфф}})_{\text{max}}}, \text{ мм.} \quad (16)$$

Длины низкоомных линий, которыми в цепи реализуются емкости на землю

$$\tilde{l}_i = \frac{0,3Z_{\text{min}} C_n \Phi}{(\sqrt{\epsilon_r \text{эфф}})_{\text{min}}}, \text{ мм.} \quad (17)$$

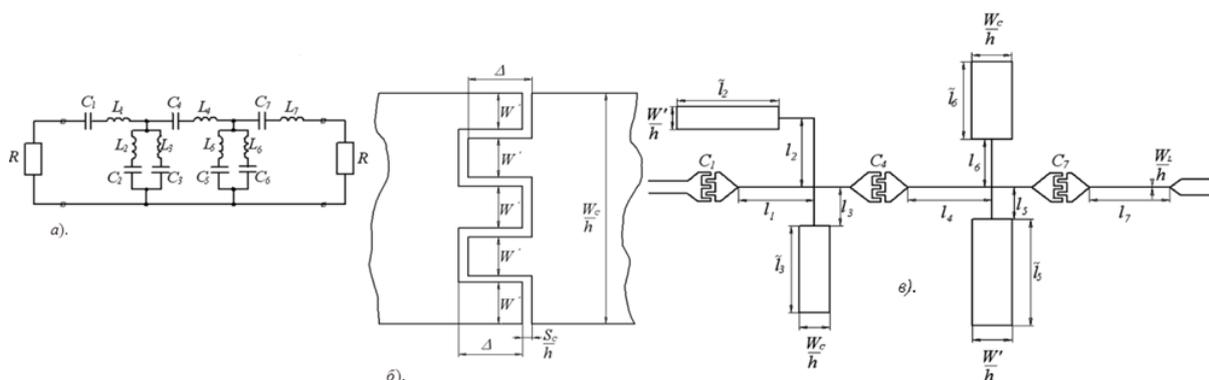


Рис. 5. ППФ на полусосредоточенных элементах

Подстройка размеров проводится в последовательности, рассмотренной для начального случая. Вычислим габариты эллиптического ППФ на полусосредоточенных элементах на НПЛ с $\epsilon_r = 9,6$ (рис. 5а). Величины

элементов ППФ: $L_1 = 20,2494$ нГн, $C_1 = 5$ пФ, $L_2 = 18$ нГн, $C_2 = 16,823$ пФ, $L_3 = 6,0182$ нГн, $C_3 = 5,6248$ пФ, $L_4 = 20,2494$ нГн, $C_4 = 5$ пФ, $L_5 = 18$ нГн, $C_5 = 11,996$ пФ, $L_6 = 8,44$ нГн, $C_6 = 5,6248$ пФ, $L_7 = 20,2494$ нГн, $C_7 = 5$ пФ. Центральная частота $f_0 = 2$ ГГц. Топология структуры представлена на рис. 5в.

Список используемых источников

1. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и моделирование микроволновых фильтров. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. 216 с.
2. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Анализ и синтез микроволновых эллиптических фильтров. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2013. 368 с.
6. Мазепова О. И., Прохорова Н. И., Фельдштейн А. Л., Явич Л. Р. Справочник по элементам полосковой техники / под ред. А. Л. Фельдштейна. М. : Связь, 1979. 336 с.
3. Hunter I. C. Theory and Design of Microwave Filter. London: The Institution of Engineering and Technology, 2006. 369 p.
4. Jia-Sheng Hong., Lancaster M. Microstrip filters for RF/Microwave applications. N. Y. : John Wiley & sons. Inc., 2001. P. 482.

УДК 004.312.46
ГРНТИ 50.09.47

РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ПЛАТ ARDUINO И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

А. В. Ершов, М. И. Носов, А. А. Шаулин

Военная академия связи

Рассматриваются различные типы плат Arduino, их достоинства, основные отличия от других подобных плат. Проводится подробное рассмотрение нескольких, наиболее разносторонних плат, их компоненты и преимущества. Так же рассматривается возможность использования данных плат в обучении людей, не имеющих образования в области электроники и навыков программирования.

микроконтроллеры, компоненты, электронная платформа, обучение.

Плата Arduino была разработана при взаимодействии проектного института Ivgea, предназначенная для студентов без образования в области электроники и концепции программирования [2]. Платы Arduino начали меняться, чтобы адаптироваться к новым требованиям и вызовам, так они перешли от простых 8-битных плат до продуктов для приложений IoT (*Internet of Things*), 3D-печати, носимых и встроенных приложений. Все платы имеют

полностью открытый исходный код, что позволяет пользователям создавать их независимо и, наконец, адаптировать их к своим конкретным потребностям.

На протяжении многих лет платы Arduino были использованы для сборки тысяч проектов, от повседневных предметов, до соединения научных инструментов. Международное сообщество дизайнеров, художников, студентов, программистов, любителей и экспертов получили вместе вокруг этой стадии с открытым исходным кодом, их пожертвования добавили до невероятного количества имеющихся знаний, которые могут быть огромную помощь начинающим, так и специалистов, так.

На протяжении многих лет платы Arduino были использованы для сборки тысяч проектов, от повседневных предметов, до соединения научной аппаратуры.

Международное сообщество дизайнеров, художников, студентов, программистов, любителей и экспертов поучаствовало в разработке данного ресурса, они предоставили невероятное количество имеющихся у них знаний, которые могут оказать огромную помощь как начинающим, так и специалистам.

Что такое Arduino?

Плата Arduino – это не микроконтроллер, это электронная платформа с открытым исходным кодом. Плата Arduino – это печатная плата, которая имеет микроконтроллеры, светодиоды и многие другие соединения. Как правило, он используется для выполнения операций ввода и вывода, таких как управление двигателем, считывание с датчика и в небольших вычислениях [4].

Есть разные платы Arduino :

- Arduino UNO (R3).
- LilyPad Arduino.
- Red Board.
- Arduino Mega (R3).
- Arduino Leonardo.

Arduino UNO (R3)

Arduino UNO R3 – это новая плата, и по сравнению с предыдущими платами Arduino она имеет некоторые дополнительные функции. Arduino UNO использует Atmega16U2 вместо 8U2, и это позволяет ускорить скорость передачи и больше памяти. Нет необходимости в дополнительных устройствах для Linux и Mac, а также в возможности отображения UNO в виде клавиатуры, мыши, джойстика и т. д.

Arduino R3 добавляет штыри SDA & SCL, которые находятся рядом с AREF, и, кроме того, есть два штыря, которые расположены рядом с выводом сброса. Первый вывод – IOREF, он позволит экранам адаптироваться к напряжению от платы.

Другой контакт не подключен, и он зарезервирован для будущих целей. Работа Arduino R3 осуществляется всеми существующими щитами, и он будет адаптировать новые щиты, которые используют эти дополнительные контакты. Данная плата представленная на рис. 1.

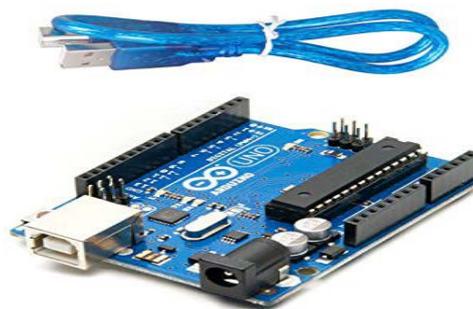


Рис. 1. Arduino UNO

LilyPad Arduino

Эта плата представляет собой программируемый микроконтроллер Arduino и предназначена для легкой интеграции в электронные текстильные и носимые проекты. Другие платы Arduino имеют ту же функциональность: малый вес, круглый корпус, предназначенный для минимизации зацепления, с широкими вкладками, которые могут быть сшиты и соединены проводящей нитью.

Эта плата Arduino состоит из Atmega328 с загрузчиком Arduino, и чтобы сохранить его в качестве небольшого минимального внешнего компонента, требуются внешние компоненты. Питание этой платы составляет от 2В до 5В и предлагает большие отверстия для вывода контактов, которые позволяют легко шить и подключать. Каждый штырь соединен с положительными и отрицательными терминалами и для того чтобы контролировать такие приборы входа & выхода, как свет, двигатель, и переключатель.

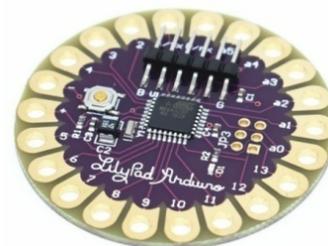


Рис. 2. Lilypad Arduino

Эта технология Arduino была разработана и разработана Leah Buechley (Лией Бьючли), и каждый LilyPad был творчески разработан, чтобы иметь большие соединительные колодки, чтобы позволить им быть вшитыми в одежду. Есть в наличии различные входные, выходные и сенсорные платы, и они так же являются моющимися. Данная плата представленная на рис. 2.

Arduino Mega (R3)

Arduino Mega – это тип микроконтроллера, и он основан на ATmega2560. Он состоит из 54 цифровых контактов ввода-вывода и из общего числа контактов, 14 контактов используются для вывода ШИМ,

16 контактов используются для аналоговых входов, 4 контакта используются для аппаратного последовательного порта UART. Есть и другие контакты, такие как кварцевый генератор 16 МГц, USB-соединение, сброс pin-кода, разъем ICSP и разъем питания.

Данная плата Arduino Mega, также имеет контакты SDA и SCL, которые находятся рядом с AREF. Рядом с выводом сброса есть два новых контакта, которые являются IOREF, что позволяет экранам адаптироваться к напряжению, обеспечиваемому платой. Другой не связан и зарезервирован для будущих целей.

Особенности Arduino Mega (R3) [3]:

- ATmega2560 микроконтроллер.
- Входное напряжение – 7-12V.
- 54 цифрового ввода / вывода (14 ШИМ-выходы).
- 16 аналоговых входов.
- 256k флэш-памяти.
- Тактовая частота 16 МГц.

Данная плата представленная на рис. 3.

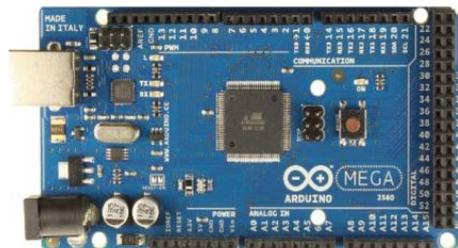


Рис. 3 Arduino Mega (R3)

Arduino Leonardo

Плата Leonardo Arduino – это плата микроконтроллера, основанная на спецификации ATmega32u4. Эта плата Arduino имеет 20 цифровых входов / выходов и из общего числа контактов, семь контактов используются для выхода широтно-импульсной модуляции и 12 контактов используются в качестве аналогового входа и есть 16 МГц кварцевый генератор, подключение micro USB, сброс pin-кода и разъем питания.

Данная плата содержит все необходимое для поддержки микроконтроллера; просто подключите ее к компьютеру с помощью кабеля USB или включите ее с помощью адаптера переменного тока или аккумулятора, чтобы начать работу. Leonardo отличается от всех предыдущих плат тем, что ATmega32u4 имеет встроенную USB-связь, что исключает необходимость в дополнительном процессоре.

Это позволяет Leonardo появляться на подключенном компьютере в виде мыши и клавиатуры, в дополнение к виртуальному (CDC) последовательному COM-порту. Данная плата представленная на рис. 4.

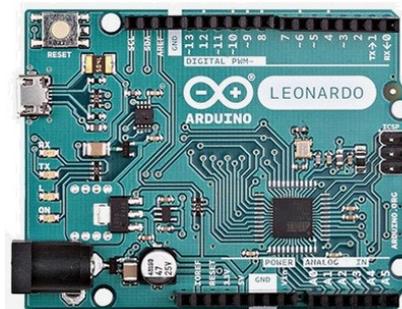


Рис. 4. Arduino Leonardo

Arduino Red Board

Arduino Red Board программируется с помощью USB-кабеля mini-B с помощью программного обеспечения Arduino IDE.

Без каких-либо изменений в системе безопасности, он будет работать в ОС Windows 8. Arduino Red Board более постоянна, потому что используются чипы USB и FTDI, и они расположены плашмя на задней панели.

Его очень просто использовать в дизайне проекта. Просто подключите плату, выберите пункт меню, чтобы выбрать Arduino UNO, и вы готовы загрузить программу.

Вы можете управлять Arduino Red Board через USB-кабель, используя разъем для ствола. Данная плата представлена на рис. 5.



Рис. 5. Arduino Red Board

Общие компоненты и преимущества

Компоненты платы Arduino [3]:

- Микроконтроллер ATmega.
- Разъем USB или бочонок Jack.
- Кнопка сброса.
- Светодиодный индикатор питания.
- Светодиоды TX RX.
- Главный IC.
- Регулятор напряжения.
- Контакты, такие как аналоговый, цифровой, ШИМ (широтно-импульсная модуляция), AREF, 5V, 3.3 V.

Преимущества платы Arduino:

- *Простая и удобная среда программирования.*
- На Arduino, и программное обеспечение, и аппаратное обеспечение, и IDE имеют открытый исходный код.
- *Кроссплатформенность.*

Данную информацию можно легко найти и подтвердить на официальном сайте [1].

Заключение

Данные платы можно использовать для обучения людей, не имеющих образования в области электроники и навыков программирования. Это, несомненно, выделяет их среди прочих, что в сумме с их низкой ценой, не более 50 \$, и открытым исходным кодом программного и аппаратного обес-

печения, делает их отличным выбором для массового использования в обучении, а так же снижает вероятность возникновения проблем с информационной безопасностью из-за уже упомянутого открытого кода.

Список используемых источников

1. Торговая площадка фирмы «Arduino» [Электронный ресурс]. – URL: <https://doc.arduino.ua>.
2. Arduino-технология [Электронный ресурс]. URL: <https://arduino-tech.ru>.
3. Официальный сайт компании Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru>.
4. Electronic Parts [Электронный ресурс]. URL: <https://electronicparts.ru>.

УДК 004.386
ГРНТИ 47.41.99

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЧАСТОТНОГО СИНТЕЗАТОРА НА ОСНОВЕ РЕВЕРСИВНОГО НАКАПЛИВАЮЩЕГО СУММАТОРА

А. С. Зориков, Ю. А. Никитин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Пассивный цифровой синтезатор частоты представляет из себя конечный автомат (КА), который формирует на своем выходе импульсы переполнения с частотой следования $f_{\text{выхНЧ}}$, определяемой управляющим кодом Q . КА на основе накапливающего сумматора (НС) является прямочастотным и оптимальным в смысле минимума временной ошибки между выходными импульсами переполнения и импульсами идеально равномерной импульсной последовательности требуемой частоты $f_{\text{выхНЧ}}$.

Дополнение КА цифроаналоговым преобразователем позволяет уменьшить уровень дискретных побочных составляющих в спектре выходного сигнала. Использование реверсивного НС дополнительно улучшает выходной спектр пропорционально квадрату коэффициента деления.

синтезатор частоты, пассивный цифровой синтез, накапливающий сумматор.

Структура накапливающего сумматора (НС), показанная на рис. 1, представляет из себя: арифметический комбинационный сумматор (КС) с схемой памяти (СП). Исходя из этой структуры, можно реализовать две схемы: схема с запоминанием результата операции

$$S = A + B$$

и схема с накоплением результата

$$S_i + 1 = S_i + A$$

(по данной схеме и работает НС в цифровом синтезе частот) [1].

Арифметический или же комбинационный сумматор является основным узлом, выполняющим в НС арифметическое сложение кодов двух чисел. В простейшем случае комбинационный сумматор представляет из себя несколько одnorазрядных сумматоров, последовательно соединённых цепями переноса [2].

Регистры представляют из себя несколько параллельно соединённых между собой *D*-триггеров.

На рис. 2 изображена схематическая модель такого прямочастотного цифрового синтезатора выполненная в среде для цифрового моделирования электрических и электронных цепей Micro-Cap 11.

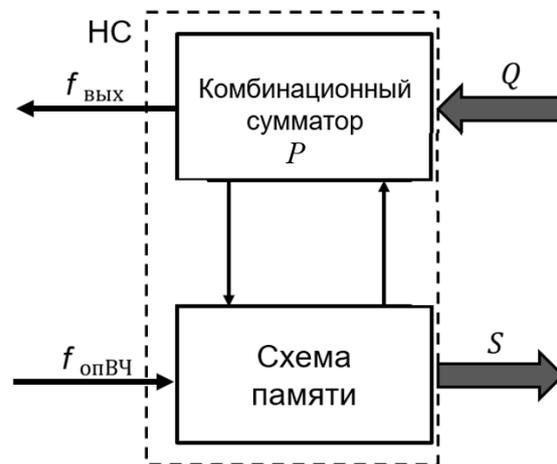


Рис. 1. Структурная схема прямочастотного цифрового синтезатора

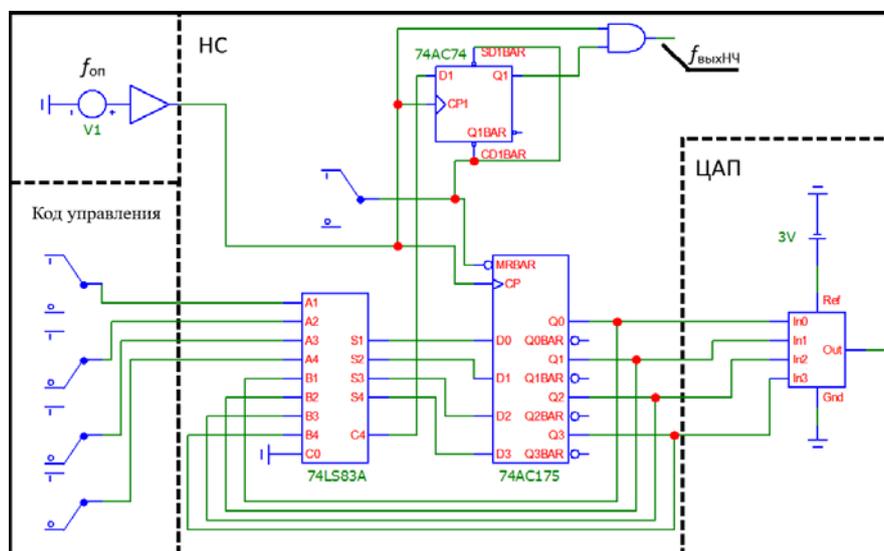


Рис. 2. Схематическая модель прямочастотного цифрового синтезатора

На рис. 3 и 4 можно наблюдать временные диаграммы входных и выходных импульсов, а также код мгновенной фазы, преобразованный с помо-

щью ЦАП в напряжение. В прямочастотном цифровом синтезаторе преобразованный код мгновенной фазы изменяется по ступенчато-пилообразному закону. Период неравномерности определяется по формуле

$$T_0 = T_{\text{оп}}P = T_{\text{вых}}Q,$$

где P – емкость НС.

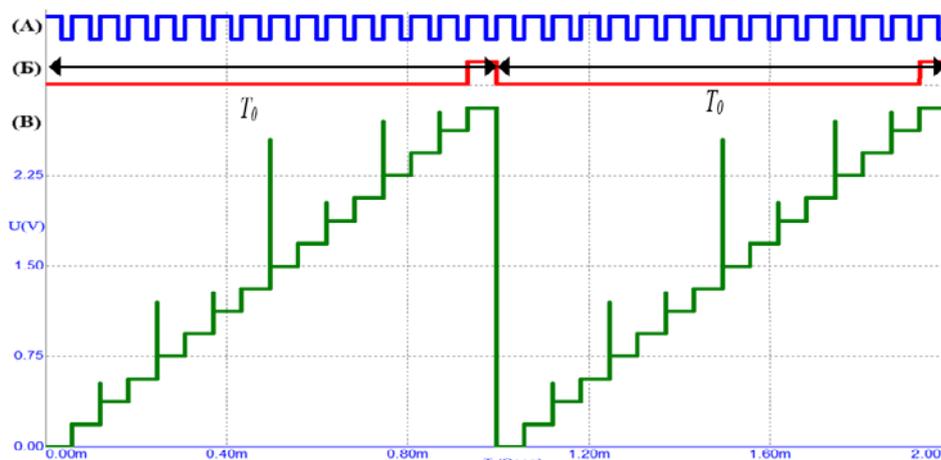


Рис. 3. (А) Импульсы опорной частоты, (Б) выходные импульсы переполнения, (В) код мгновенной фазы с выхода ЦАП, при $Q = 1/P = 16$

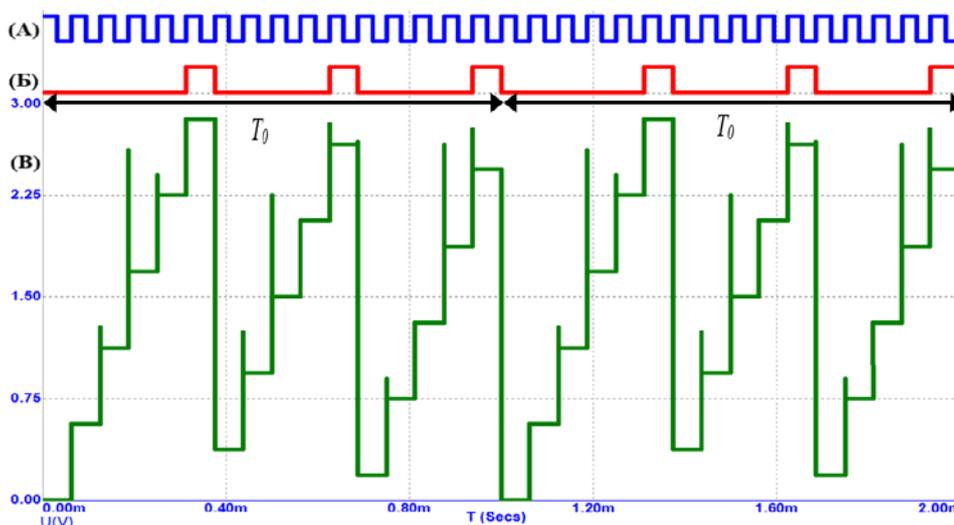


Рис. 4. (А) Импульсы опорной частоты, (Б) выходные импульсы переполнения, (В) код мгновенной фазы с выхода ЦАП, при $Q = 3/P = 16$

Несимметричность такой конфигурации сказывается на спектре выходного колебания ЦАП (рис. 5 и 6). Видно, что уровень соседних гармоник относительно заданной с номером Q меньше всего примерно, на -6 дБ и -12 дБ для $Q = 1$ и $Q = 3$, соответственно. Это не является хорошим показателем для пассивных цифровых синтезаторов.

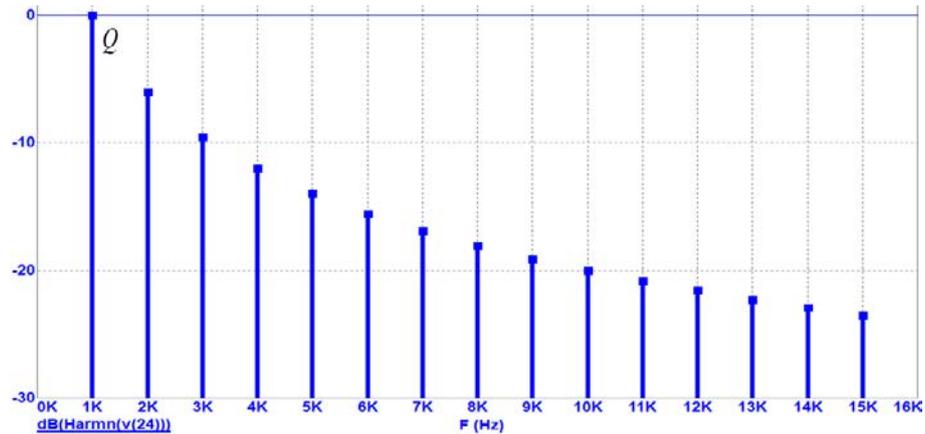


Рис. 5. Спектр колебаний с ЦАП при $Q = 1$

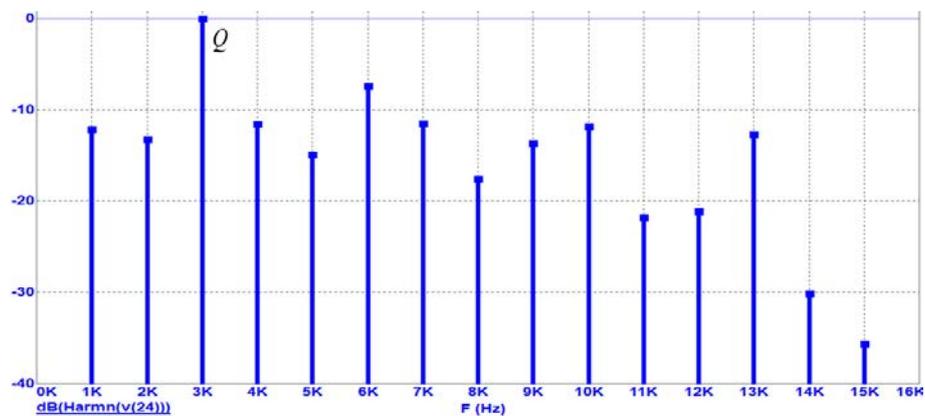


Рис. 6. Спектр колебаний с ЦАП при $Q = 3$

Для улучшения выходного спектра гармоник вводится реверсивная структура, в которой НС дополнен рядом мультиплексов «2 в 1» (*MUX*). На рис. 7 приведена схмотехническая модель прямоточного цифрового синтезатора данной структуры.

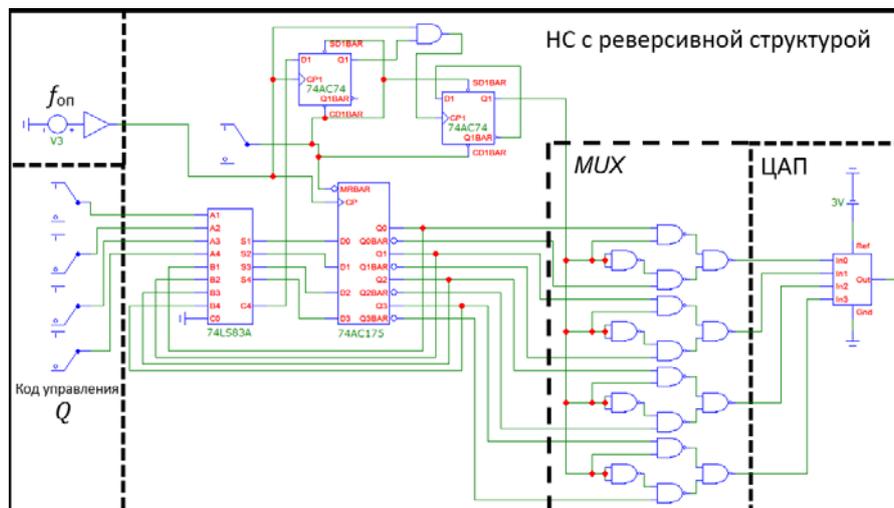


Рис. 7. Схмотехническая модель прямоточного цифрового синтезатора с реверсивной структурой

С помощью такой структуры, помимо основного кода мгновенной фазы берётся его зеркальная копия, вследствие чего выходное многоуровневое колебание приобретает вид ступенчатого треугольника, при этом период неравномерности T_0 увеличивается вдвое. На рис. 8 и 9 изображены временные диаграммы такого синтезатора частоты для случая $Q = 1$ и $Q = 3$ соответственно.

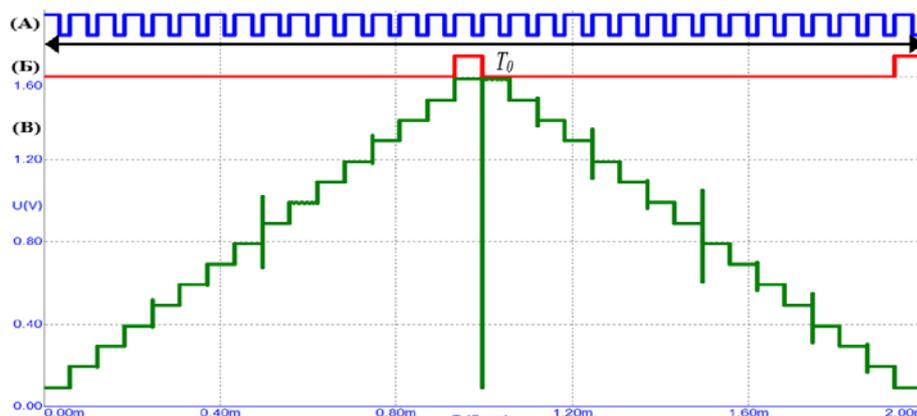


Рис. 8. (А) Импульсы опорной частоты, (Б) выходные импульсы переполнения, (В) код мгновенной фазы с выхода ЦАП, при $Q = 1$

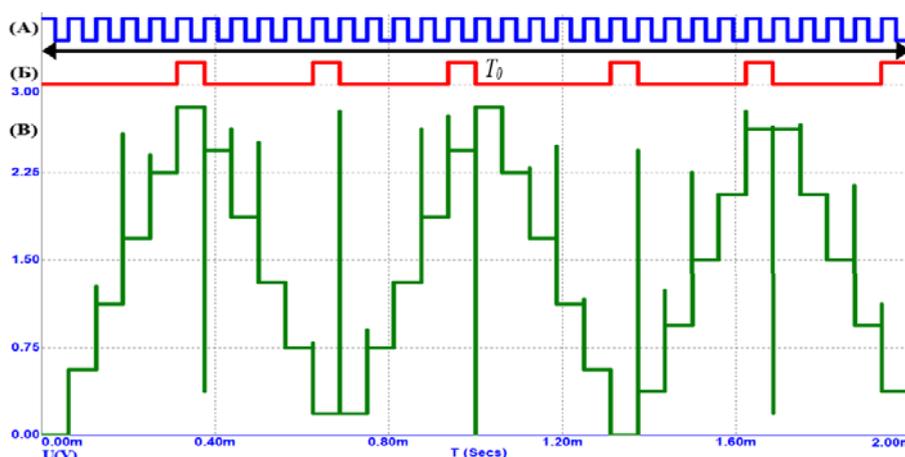
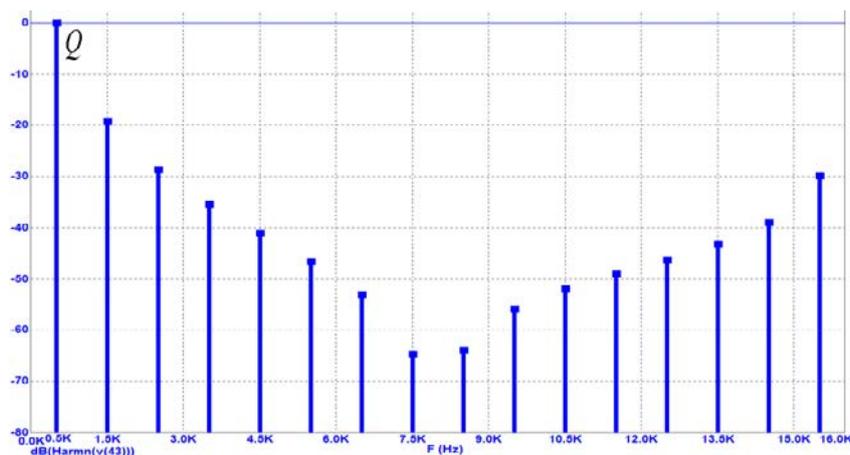
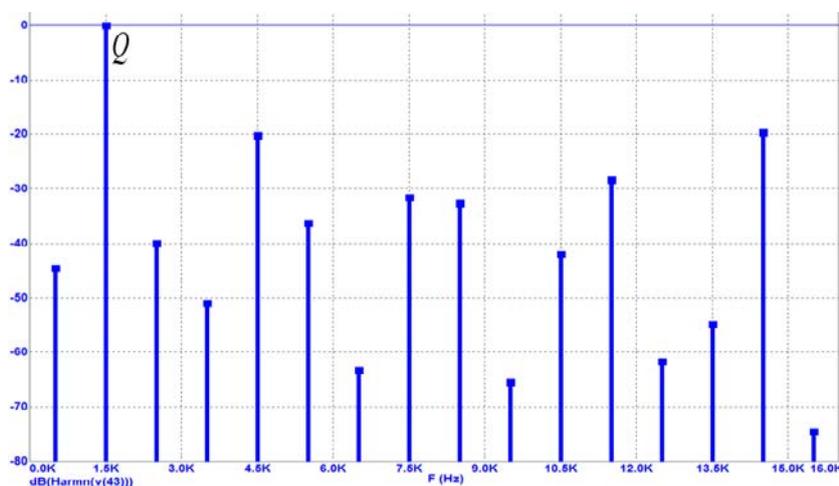


Рис. 9. (А) Импульсы опорной частоты, (Б) выходные импульсы переполнения, (В) код мгновенной фазы с выхода ЦАП, при $Q = 3$

Благодаря этому уровень соседних гармоник относительно заданной с номером Q значительно опускаются до уровня примерно -20 дБ при $Q = 1$ и -40 дБ при $Q = 3$. И на рис. 10 и 11 можно наблюдать, что спектр выходного колебаний ЦАП улучшается.

Рис. 10. Спектр колебаний с ЦАП при $Q = 1$ Рис. 11. Спектр колебаний с ЦАП при $Q = 1$

Сравнивая и анализируя полученный при моделировании результаты, можно прийти к выводу, что конфигурация прямочастотного цифрового синтезатора с использованием реверсивной структуры, позволяет значительно улучшить выходной спектр гармоник ЦАП, что является огромным плюсом для синтезаторов частот.

Список используемых источников

1. Никитин Ю. А. Цифроаналоговый синтез частот // Теория и схемотехника : монография. СПб. : СПбГУТ, 2018. 367 с.

2. Никитин Ю. А. Широкополосный синтез частот с помощью пассивных цифровых структур // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 1990. № 9. С. 39–47.

УДК 004.387:621.3.087.93
ГРНТИ 50.09.49

РАЗРАБОТКА МАКЕТА НОНИУСНОГО ЦИФРОАНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

И. С. Коновалов, Ю. А. Никитин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Основными проблемами при построении цифроаналоговых преобразователей (ЦАП) является конечная точность преобразования цифрового кода управления в аналоговый параметр – ток или напряжение. В настоящее время точность интегральных микросхем ЦАП не превышает 18 бит (за исключением сигма-дельта ЦАП, имеющих точность 24 бита, но низкое быстродействие). Ограничение точности ЦАП обусловлено аналоговыми элементами (матрицей R-2R, ключами тока – напряжения) и (или) конечным быстродействием указанных узлов.

Разработан макет нониусного цифроаналогового преобразователя для экспериментальной проверки технической реализуемости нониусного метода преобразования цифрового кода управления в аналоговый параметр – ток или напряжение.

цифроаналоговый преобразователь, управляющий код, арифметический сумматор, аналоговый сумматор, нониус.

Для проверки реализуемости предложенной структуры [1] (рис. 1) была спроектирована принципиальная схема (рис. 2). Состоит она из двух 10-битных цифроаналоговых преобразователей и трех 4-битных арифметических сумматоров. Выходные токи ЦАП с помощью операционных усилителей преобразуются в напряжение и вычитаются.

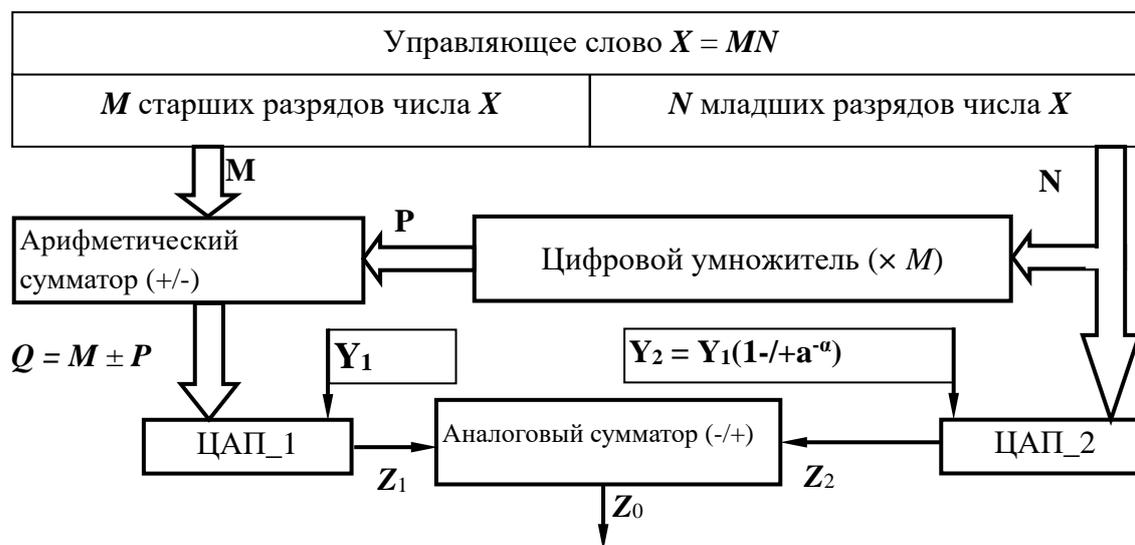


Рис. 1. Структурная схема нониусного цифроаналогового преобразователя

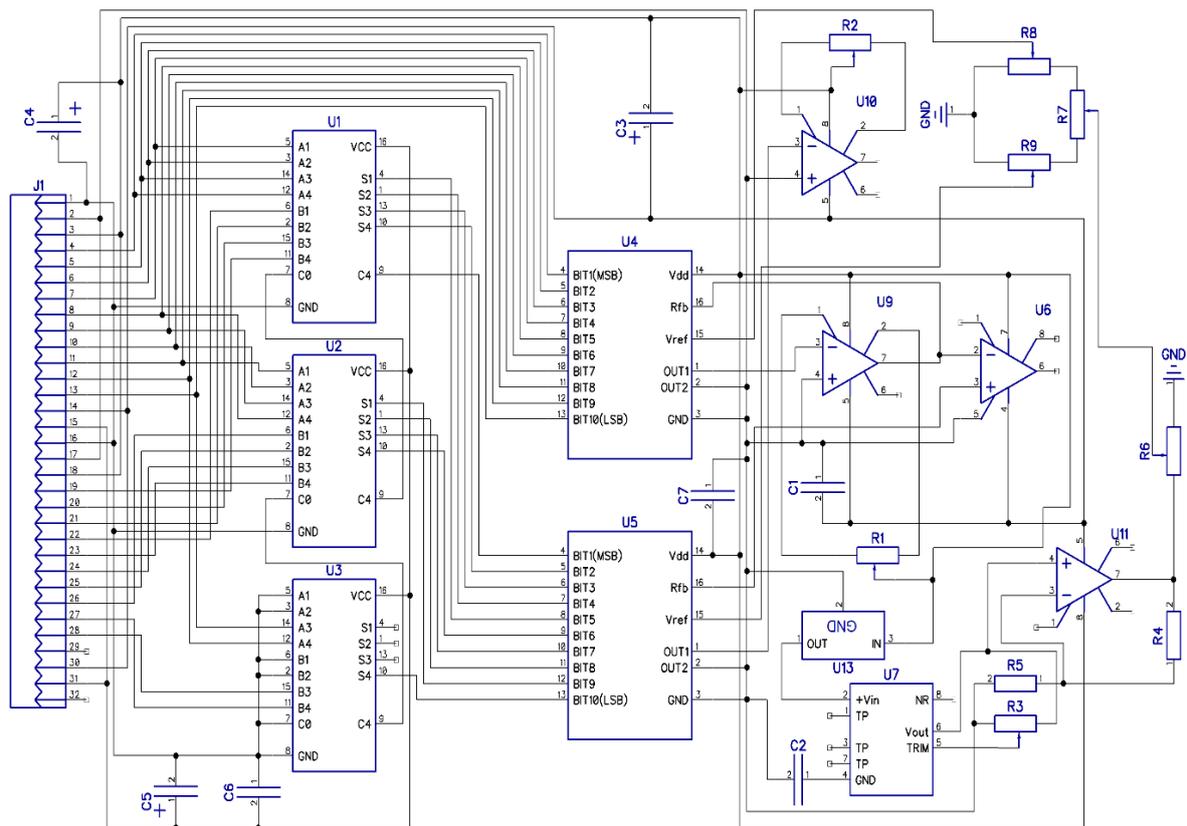


Рис. 2. Принципиальная схема нониусного цифроаналогового преобразователя

Данная схема была собрана на макетной плате (рис. 3). В качестве ЦАП используется микросхемы КР572ПА1Б, сумматоров – К555ИМ6. Для подачи на плату двоичного кода был собран пульт управления на переключателях.

Для настройки данной платы был собран стенд (рис. 4) состоящий из трех лабораторных блоков питания (+15В, -15В, +5В) и вольтметра В7-78/1.

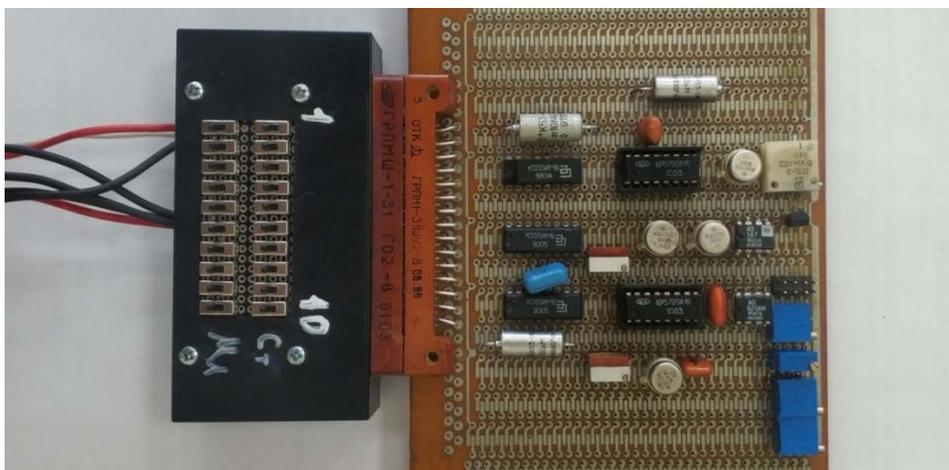


Рис. 3. Макет нониусного ЦАП

Для правильной работы схемы необходимо выставить на выходе ЦАП1 и ЦАП2 (рис. 1) нули и максимумы, для старшего разряда это $Y_1 = 10,23$ В, а для младшего разряда смещенное значение $Y_2 = Y_1(1 - a^{-\alpha}) = 10,22$ В.

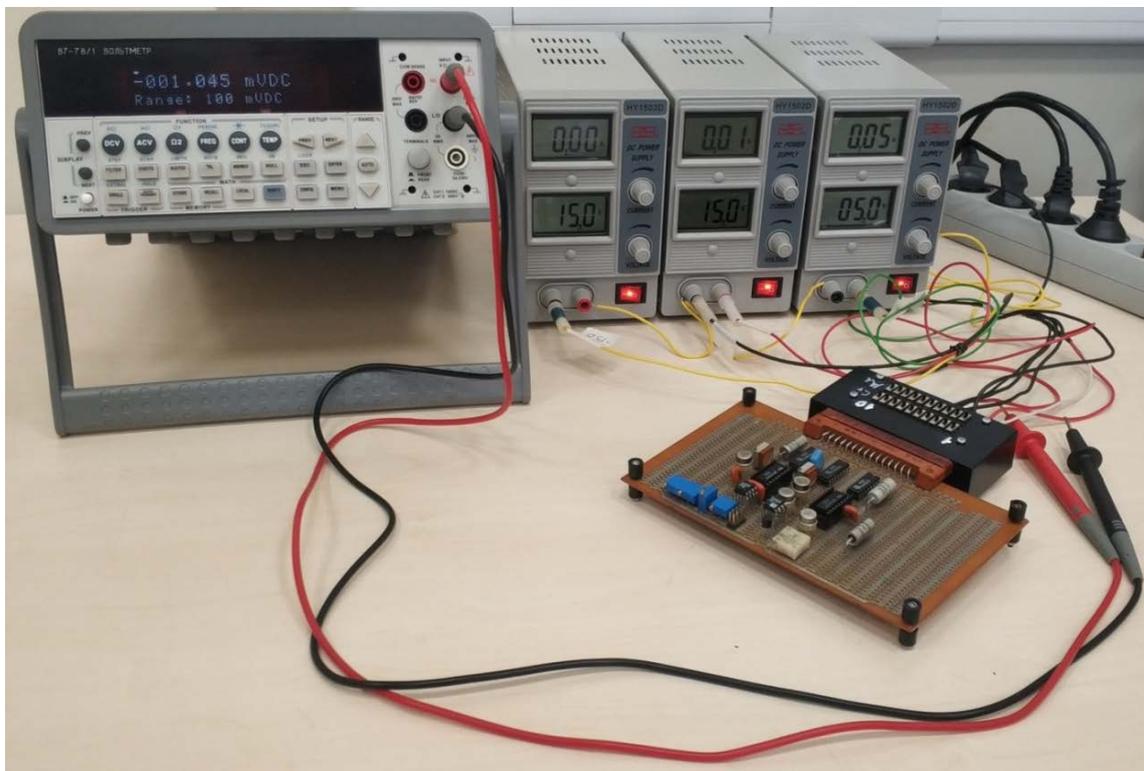


Рис. 4. Стенд для настройки

Данная операция происходит следующим образом, для настройки нулевого уровня на вход платы с пульта подаются все нули и настраиваются выходные напряжения обоих ЦАП, равные нулю. Далее для настройки максимального уровня на младших разрядах выставляются единицы, а на старших выставляются нули и настраиваются выходные напряжения $Y_1 = 10,23$ В, $Y_2 = 10,22$ В.

Проверка осуществляется в трех точках выходной характеристики всей схемы ЦАП – в начале, в середине и в конце. Точность полной шкалы 19 бит обеспечить не удалось вследствие недостаточной точности многооборотных потенциометров $R1$, $R2$, $R7 - R9$, с помощью которых выставляются уровни опорных напряжений Y_1 и Y_2 и нулевые напряжения смещения на выходах ОУ.

Поэтому пришлось ограничиться полной точностью 15 бит: 5 старших бит и 10 младших бит. В этом случае $Y_1 = 10,23$ В, $Y_2 = 9,91$ В и цена младшего значащего разряда равна 5,0 мВ. Натурный эксперимент полностью подтвердил точность метода цифроаналогового преобразования и работоспособность проверяемой схемы в конфигурации рис. 2.

Максимальное разрешение ЦАП достигает 15 бит. Она ограничена температурной нестабильностью используемой элементной базы, разрешающей способностью потенциометров установки опорных напряжений и точностью измерительных приборов.

Список используемых источников

1. Никитин Ю. А. Способ нониусного цифроаналогового преобразования. Пат. 2703228 Российская Федерация; заявитель и патентообладатель Никитин Ю. А. № 2019107698; заявл. 18.03.2019; опубл. 15.10.2019.

УДК 621.375
ГРНТИ 47.45

УСТРОЙСТВО ЛИНЕАРИЗАЦИИ ДВОЙНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

А. Э. Ланда, Е. Ю. Ларьков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Исследован экспериментально новый метод линеаризации нелинейного усилителя (линеаризация двойной обратной связью). Линеаризация достигается благодаря комбинации двух колец обратной связи (одно кольцо отрицательной обратной связи, другое кольцо положительной обратной связи), в которые включен вспомогательный усилитель. В ходе исследования был создан экспериментальный макет, который позволил провести успешную проверку предложенного метода.

линеаризации нелинейного усилителя СВЧ-диапазона, двойная обратная связь, подавление интермодуляционных искажений.

Существует значительная потребность в усилительных устройствах СВЧ-диапазона, имеющих низкий уровень интермодуляционных искажений и высокий КПД. Это делает весьма актуальной задачу разработки новых методов линеаризации нелинейных усилителей мощности СВЧ-диапазона.

Существует ряд способов подавления интермодуляционных искажений. Наиболее широко распространены три основных метода: внесения предискажений (*predistortion linearisation*), отрицательной обратной связи (*feedback linearisation*), компенсационный (*feedforward linearisation*) [1, 2, 3]. Среди перечисленных методов линеаризации наилучших результатов, с точки зрения глубины подавления искажений, позволяет добиваться компенсационный метод. Но создаваемые с помощью этого метода усилитель-

ные устройства обладают низким КПД (значительно более низким, чем у используемых в этих устройствах нелинейных усилителей мощности) [4, 5]. В данной статье приведены результаты предварительного экспериментального исследования метода линеаризации, который позволит добиваться столь же глубокого подавления интермодуляционных искажений, как и в компенсационном методе, без снижения энергетических показателей устройства [6, 7].

Впервые метод линеаризации двойной обратной связью был предложен (для ламповых усилителей звуковых частот) Беггели (W. Baggelly) в 1933 году [8], но не нашел практического применения. В настоящей работе предпринята попытка реализации этого метода с целью использования для усилителей СВЧ-диапазона.

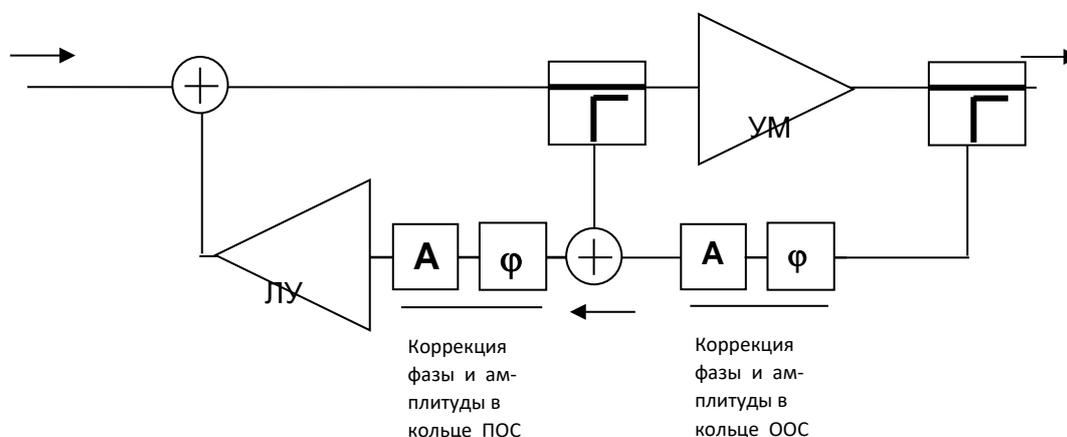


Рис. 1. Блок-схема устройства линеаризации усилителя СВЧ-диапазона методом двойной обратной связи

Рассмотрим работу устройства, изображенного на рис. 1 при подаче на его вход одночастотного сигнала, вида: $E_0 \cos \omega t$. Устройство представляет нелинейный усилитель мощности (УМ) с кольцом положительной обратной связи на входе (кольцо ПОС), охваченный отрицательной обратной связью (кольцо ООС). В кольцо положительной обратной связи включен линейный усилитель (ЛУ). Обозначим суммарный передаточный коэффициент (с учетом фазового набега) всех элементов кольца ПОС – $a_1 e^{-j\varphi_1(f)} = \dot{a}_1$. Передаточный коэффициент всех элементов кольца ООС, кроме нелинейного усилителя мощности, обозначим – $a_2 e^{-j\varphi_2(f)} = \dot{a}_2$.

Передаточный коэффициент нелинейного усилителя мощности – $K_{PA}(U_1) e^{-j\varphi_{PA}(f, U_1)} = \dot{K}_{PA}(U_1)$, где U_1 – амплитуда напряжения на входе усилителя. Используя метод комплексных амплитуд, несложно определить напряжение на выходе устройства:

$$\dot{U}_{out} = \frac{\dot{a}_3 \dot{K}_{PA}(U_1) E_0}{1 - \dot{a}_1 - \dot{a}_2 \dot{K}_{PA}(U_1)}.$$

Допустим, на частоте f_0 $\dot{a}_1 = 1$, $1 - \dot{a}_1 = 0$, а $\text{Re}(\dot{a}_2 \dot{K}_{PA}(U_1)) < 0$. В этом случае:

$$\dot{U}_{out} = -\frac{\dot{a}_3 E_0}{\dot{a}_2},$$

а передаточный коэффициент устройства линеаризации:

$$\dot{K} = \frac{\dot{U}_{out}}{E_0} = -\frac{\dot{a}_3}{\dot{a}_2}.$$

Таким образом, при выполнении приведенных выше условий в окрестностях частоты f_0 коэффициент усиления рассматриваемого устройства определяется линейными элементами, а влияние нелинейного усилителя мощности подавлено. Данные рассуждения применимы к реальному устройству только при выполнении условия $1 - \dot{a}_1 - \dot{a}_2 \dot{K}_{PA}(U_1) > 0$ на любой частоте (т. е. при отсутствии автогенерации).

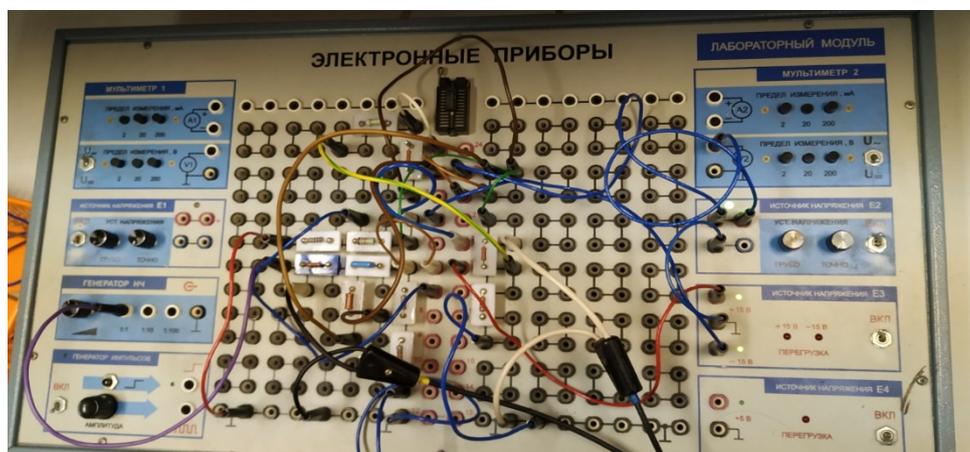


Рис. 2. Макет резонатора

Для экспериментальной проверки полученных результатов в 2002–2004 годах был создан экспериментальный макет рассматриваемого устройства, рассчитанный на частоту 1,8 ГГц. Основой собранного макета стали два четырехкаскадных усилителя СВЧ (с коэффициентом усиления около 27 дБ), соединенные коаксиальными линиями. Проведенные с созданным макетом экспериментальные исследования подтвердили возможность подавления интермодуляционных искажений [7]. Однако, поскольку длина колец ОС в экспериментальном макете составляла несколько дециметров,

то глубокое подавление интермодуляционных искажений оказалось невозможным из-за появления паразитной генерации за пределами полосы линейаризации, поэтому было решено провести эксперимент в области низких частот, где отсутствует данная проблема.

Для продолжения работы в данном направлении был собран экспериментальный макет, работающий на низких частотах (рис. 2). В экспериментальном макете в качестве нелинейного усилителя был использован инвертирующий усилительный каскад, реализованный на операционном усилителе КР140УД20А. Данный каскад в ходе эксперимента был введен в нелинейный режим работы. Каскад был охвачен двойной обратной связью. Вспомогательный усилитель в кольце обратной связи также был реализован на операционном усилителе КР140УД20А. Проведенный эксперимент носил предварительный характер, так как пока не достигнута желаемая точность в реализации цепей.

Эксперимент продемонстрировал возможность линейаризации нелинейного усилителя методом двойной обратной связи – введение двойной обратной связи позволило подавить нелинейные искажения выходного сигнала (рис. 3).

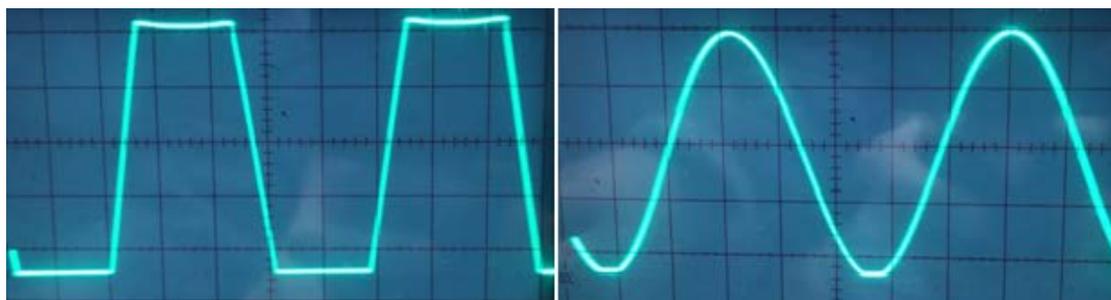


Рис. 3. Наблюдаемый в эксперименте сигнал на выходе нелинейного усилителя при отсутствии линейаризации и при линейаризации двойной обратной связью

Экспериментальные исследования подтвердили теоретическую модель устройства линейаризации двойной обратной связью. В дальнейшем планируется продолжить эксперимент, добившись глубокого подавления искажений.

Список используемых источников

1. Kumar S. Power amplifier linearisation using MMICs // Microwave journal. 1992 April. Pp. 96–104.
2. Perez F., Ballesteros E., Perez J. Linearisation of microwave power amplifier using active feedback networks // Electronic letters. 1985. V 21. № 1. Pp. 9–10.
3. Raab F. H., Asbeck P. M., Cripps S., Kenington P. B., Popovic Z. B., Potheary N., Sevic J. F., Sokal N. O. RF and Microwave Power Amplifier and Transmitter Technologies – Part 4 // High Frequency Electronics November. 2003. Pp. 38–49.

4. Eid E. E., Channouhi F. M., Beuregard F. Optimal feedforward linearisation system design // Microwave journal. 1995, November. Pp. 78–86.
5. Kenington P. B. Efficiency of feedforward amplifiers // IEE procedurings. 1992. V. 139. № 5. Pp. 591–593.
6. Иванов О. А., Корнилов С. А., Овчинников К. Д. Линеаризация амплитудной характеристики СВЧ-усилителей мощности методом комплексной обратной связи // Труды учебных заведений связи. 1996. Вып. 161. С. 88–93.
7. Корнилов С. А., Ланда А. Э., Овчинников К. Д., Седышев Э. Ю. Линеаризация твердотельных СВЧ-усилителей методом двойной обратной связи // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2004. Вып. 4. С. 71–77.
8. Baggelly W. Grid current compensation in power amplifiers // Wireless Engineering. 1933. № 2. Pp. 15–23.

УДК 621.372.4
ГРНТИ 47.45

УПРАВЛЯЕМЫЕ УСТРОЙСТВА СВЧ НА ФЕРРИМАГНЕТИКАХ

А. Э. Ланда, Э. Ю. Седышев, Р. С. Хачин, П. В. Шаповалова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Исследован управляемый микрополосковый резонатор СВЧ-диапазона на подложке из феррошпинели. Резонатор представляет собой простейший полосно-заграждающий фильтр, управляемый магнитным полем. Результаты эксперимента показывают возможность создания фильтра, в котором центральная частота меняется за счет изменения электрической длины микрополосковых резонаторов фильтра, благодаря изменению магнитной проницаемости подложки.

управляемый фильтр СВЧ-диапазона, ферритовая подложка, феррошпинель, микрополосковый резонатор.

Ферритмагнетики, или ферриты – диэлектрические материалы, скорость распространения электромагнитной волны в которых меняется под действием внешнего магнитного поля. От магнитного поля зависит значение относительной магнитной проницаемости такого материала. Это свойство позволяет использовать ферриты для создания аттенуаторов, фазовращателей, перестраиваемых фильтров [1, 2, 3]. Особый интерес представляют управляемые фильтры СВЧ-диапазона. Подобные фильтры используют в качестве резонатора подмагниченный ферритовый сферический кристалл малых размеров. Рабочей полосой частот для таких фильтров является область ферромагнитного резонанса. В данной работе была поставлена задача

проверить экспериментально возможность создания перестраиваемого микрополоскового частотно-избирательного устройства, использующего иной принцип, а именно создание устройства частотной селекции на ферритовой подложке.

При расчете устройства на феррите определенную сложность создает тот факт, что стандартные методики расчета волнового сопротивления линий (например, метод Монте-Карло, метод Гаусса) не позволяют определить параметры линий, использующих в качестве диэлектрика феррит, то есть материал с относительной магнитной проницаемостью, существенно отличающейся от единицы. Поэтому для линий на ферритах приходится использовать особые методы, учитывающие магнитную проницаемость материала.

Для проверки возможности создания перестраиваемого частотно-избирательного устройства на феррите был создан резонатор на шлейфе, расположенном на ферритовой подложке, представляющий собой аналог последовательного колебательного контура, включенного параллельно (рис. 1).



Рис. 1. Макет резонатора

Резонатор был реализован на подложке из феррошпинели, в виде шлейфа длиной 10 мм. Толщина подложки составляла 2 мм при относительной диэлектрической проницаемости (в отсутствие магнитного поля) порядка 12 единиц.

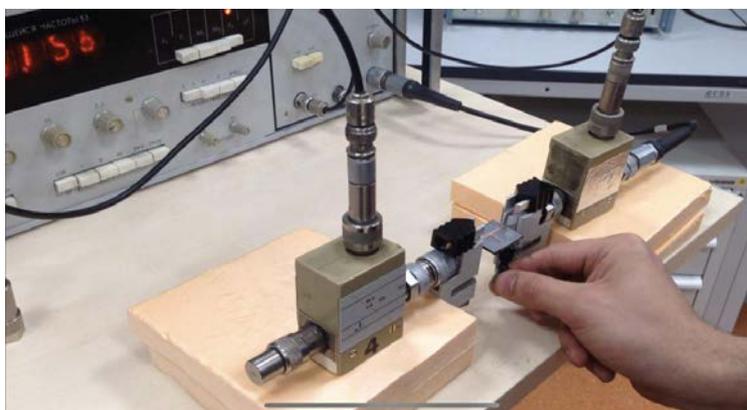


Рис. 2. Исследование резонатора на измерителе КСВН и ослабления Я2Р – 67

Передаточная характеристика созданного экспериментального устройства была исследована с помощью панорамного измерителя КСВН и ослабления в диапазоне частот от 2 до 4 ГГц (рис. 2).

При изменении магнитного поля (к устройству подносился магнит со стороны металлизированной подложки, что исключало возможное воздействие на электрическое поле) наблюдалось изменение резонансной частоты АЧХ резонатора (рис. 3) на 60 МГц.

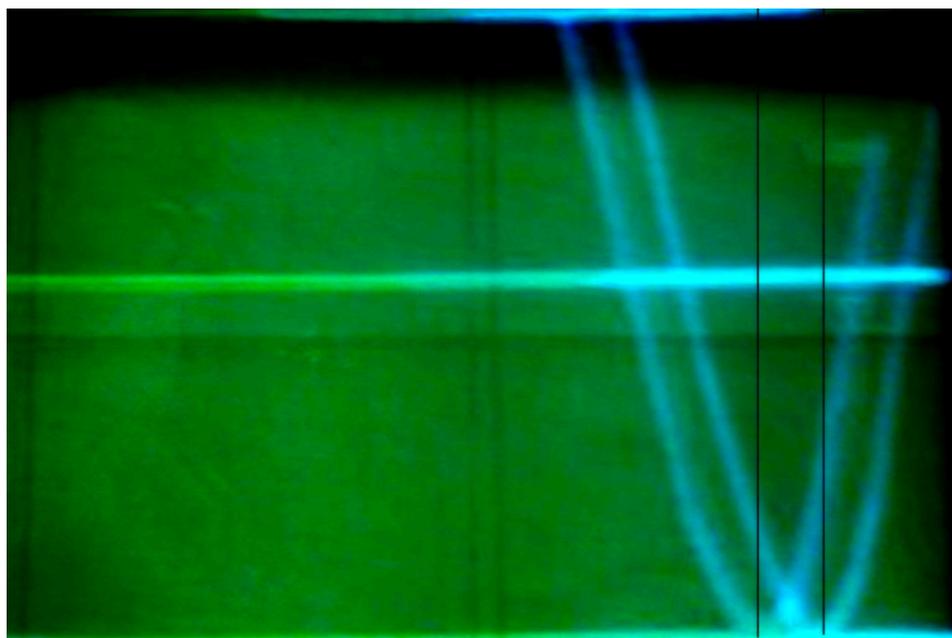


Рис. 3. Наблюдаемое в эксперименте смещение частоты резонанса при изменении магнитного поля (3,62–3,68 ГГц)

Таким образом была показана возможность создания фильтра на ферритовой подложке, управляемого магнитом.

Проведенные эксперименты можно считать убедительным доказательством возможности изготовления шлейфов с меняющейся (под действием магнитного поля) электрической длиной. Таким образом, наше исследование показало, что на основе ферромагнетиков (в частности, использовавшейся в эксперименте феррошпинели) возможно создание управляемых магнитным полем полосковых фильтров на ферритовой подложке.

Список используемых источников

1. Малков Н. А. Гиротропные среды в технике СВЧ. Томск: Изд-во ТГТУ, 2005.
2. Fuller A. J. B. Ferrites at microwave frequencies // IET. 1987. № 23.
3. Hindy M. A. High Frequency Characteristics Of Ferrite Materials And Applications To Microstrip Circuits. 1999.
4. Riches E. E. Ferrites; a Review of Materials and Applications. Mills & Boon, 1972.
5. Thourel L. The Use of Ferrites at Microwave Frequencies: International Series of Monographs on Electronics and Instrumentation. Elsevier, 2016. Т. 26.

УДК 537.876.42
ГРНТИ 47.59.34

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ПЕРЕХОДА МЕЖДУ КОПЛАНАРНОЙ И СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИЯМИ

А. С. Леонтьев, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена вопросам проектирования объемных интегральных схем СВЧ, рассматривается проектирование и реализация широкополосного перехода между копланарным волноводом и симметричной полосковой линией. Синтез данного перехода осложнен одновременным использованием планарной и объемной структур. Исследован масштабный макет в виде объемной интегральной схемы СВЧ.

СВЧ, переход, копланарная линия, полосковая линия, микрополосковая линия, гибридная интегральная схема, объемная интегральная схема, топология.

Современные ИС СВЧ многослойны, они включают в себя как навесные, так и конструктивные элементы. Для коммутации этих элементов между собой используют различные типы линий, иногда применяются сразу несколько типов линий в одном устройстве, что невозможно без использования СВЧ переходов. Расположенные рядом линии могут вносить изменения в работу устройства в целом, поэтому выбор экранированных типов линий, а также переходов, является обязательным условием при создании объемных интегральных схем.

На сегодняшний день большинство разработчиков в качестве переходов предлагают использовать планарные структуры [1]. В этой работе рассматриваются несколько типов переходов и сформулированы основные требования к такому типу устройств:

- малые потери;
- широкополосность;
- возможность подстройки и регулировки.

Проектирование перехода между копланарным волноводом и симметричной полосковой линией осложнено одновременным использованием планарных и объемных элементов. Также проектирование затруднено тем, что нет формул для расчётов волновых сопротивлений различных нерегу-

лярных участков перехода, в основном формулы имеют эмпирический характер и используются лишь для определенного типа регулярных линии, например, как формула (1) для расчета волнового сопротивления МПЛ [2].

$$Z_w = \frac{75}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \left(\frac{6 \cdot D}{0,75 \cdot B + d} + \frac{0,0075 \cdot B}{D} \right), \quad (1)$$

где Z_w – волновое сопротивление МПЛ; ε_r – относительная диэлектрическая проницаемость; D – толщина диэлектрика; B – ширина проводника; d – толщина токонесущей полоски.

Для определения волнового сопротивления СПЛ можно воспользоваться формулами (2),(3),(4) и (5), которые являются результатом конформного преобразования [3].

$$Z = \frac{30 \cdot \pi}{\sqrt{\varepsilon_r}} K_1(k). \quad (2)$$

$$K_1(k) = \frac{K(k)}{K(k')}. \quad (3)$$

$$k = \operatorname{sech} h \cdot \left(\frac{\pi \cdot B}{2 \cdot D} \right). \quad (4)$$

$$k' = \sqrt{1 - k^2}. \quad (5)$$

Для приближенных расчетов можно использовать следующие формулы (6) для вычисления эллиптических интегралов 1-го рода.

$$K_1(k) = \begin{cases} \frac{\ln[2(1 + \sqrt{k})/(1 - \sqrt{k})]}{\pi}, & \text{при } 0,5 \leq k^2 \leq 1 \\ \frac{\pi}{\ln[2(1 + \sqrt{k}')/(1 - \sqrt{k}')]} & \text{при } 0 < k^2 < 0,5 \end{cases}. \quad (6)$$

Реализуемый переход между КПЛ и СПЛ позволит в дальнейшем использовать топологически различные типы линий. Как видно из рис. 1, токонесущая полоска не меняет своего положения, геометрических размеров и является общей для КПЛ и СПЛ. Проблемой в реализации данного перехода будет обеспечение гальванической связи у земляных пластин КПЛ и СПЛ, однако современные методы производства микроволновых интегральных схем позволяют решить данную задачу.

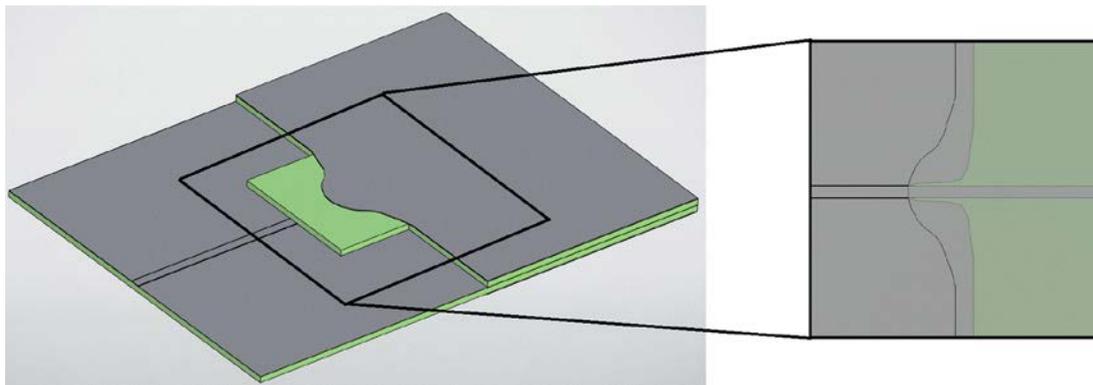


Рис. 1. Трёхмерная модель КПЛ-СПЛ перехода

Как видно из модели перехода, его основа – плавное перерождение земляных пластин копланара в землю симметричного полоска. Также земляные пластины со стороны СПЛ выступают в область КПЛ, образуя в середине перехода экранированный копланар, который и вызывает наибольший интерес при проектировании данного перехода. Расчеты волновых сопротивлений КПЛ и СПЛ не представляет сложной задачи, так как они являются хорошо изученными типами линий. Однако волновое сопротивление экранированного КПЛ рассчитать довольно сложно из-за особенностей его топологии и распределения поля, изображённых на рис. 2.

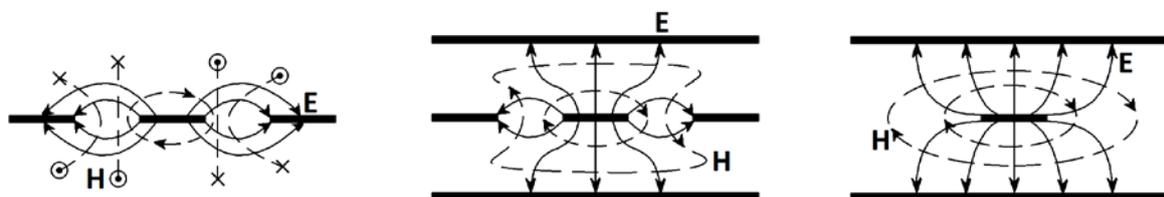


Рис. 2. Распределение поля в КПЛ, экранированной КПЛ и экранированной СПЛ

Были рассмотрены различные варианты построения данного участка перехода. Для каждого варианта были рассчитаны последовательные сечения перехода с небольшим шагом, для простоты был применен метод расчёта модифицированных линий, при котором волновое сопротивление рассматриваемого перехода не вычислялось напрямую, а находилось с помощью некоторого коэффициента из волнового сопротивления топологически схожей линии [4].

Рассмотрим МПЛ и СПЛ с одинаковыми параметрами токонесущего слоя и диэлектрика. Согласно их топологиям [5] МПЛ является половиной МПЛ, а значит они топологически схожи, что видно из рис. 3.

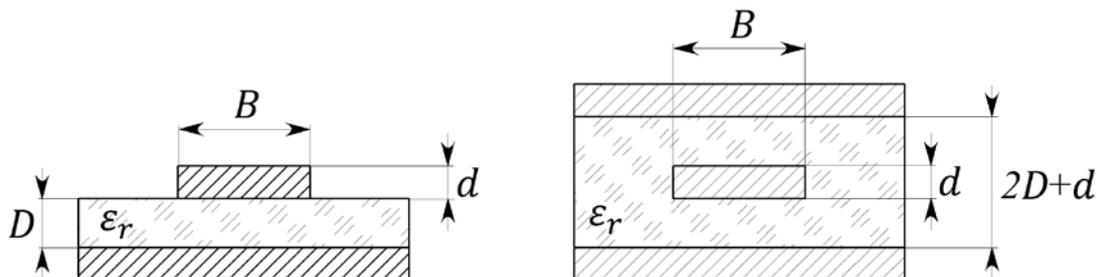


Рис. 3. Поперечное сечение МПЛ и СПЛ

Обе эти линии обладают определенными волновыми сопротивлениями, которые можно определить по формулам (1) и (2). Пусть токонесущий слой имеет следующие параметры $B = 2$ мм, $d = 50$ мкм, а диэлектрик $D = 0,7$ мм, $\epsilon_r = 2,2$. Тогда волновое сопротивление для МПЛ найдем по формуле (1):

$$Z_{w1} = \frac{75}{\sqrt{2,2}} \cdot \ln\left(\frac{6 \cdot 0,7}{0,75 \cdot 2 + 0,05} + \frac{0,0075 \cdot 2}{0,7}\right) = 50,801 \text{ Ом.}$$

Для СПЛ волновое сопротивление найдем по формуле (2):

$$k = \operatorname{sech}\left(\frac{\pi \cdot 2}{2 \cdot 0,7}\right) = 0,022.$$

$$K_1(k) = \frac{\pi}{\ln\left[2 \cdot \frac{1 + \sqrt{0,9997}}{1 - \sqrt{0,9997}}\right]} = 0,33.$$

$$Z_{w2} = \frac{30 \cdot \pi}{\sqrt{2,2}} \cdot 0,33 = 20,96 \text{ Ом.}$$

После расчетов волновых сопротивлений линий, используемых в переходе, рассматриваемый переход был промоделирован в программе RFSimm. Была предложена принципиальная схема перехода, изображенная на рис. 4.

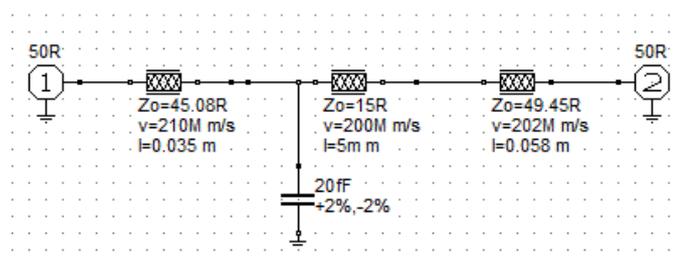


Рис. 4. Принципиальная схема перехода

По результатам моделирования была получена следующая характеристика ослабления в частотном диапазоне 1..4 ГГц. Согласно ей, ослабление при прохождении до 0,707 – уровня сигнала ожидается на частоте 3,07 ГГц, результаты компьютерной эмуляции изображены на рис. 5.

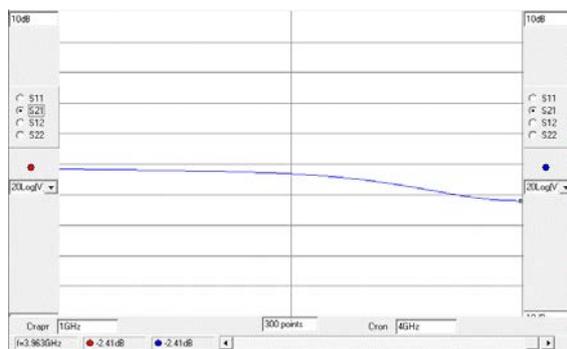


Рис. 5. Результаты моделирования в RFSimm (S21)

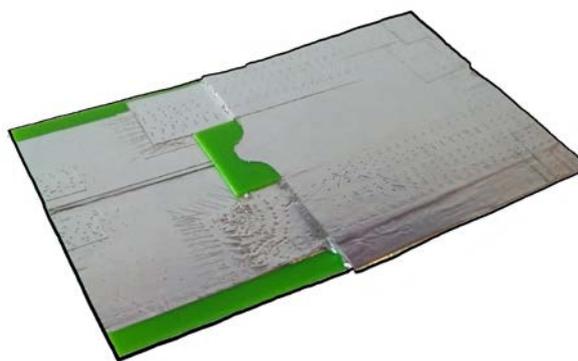


Рис. 6. Масштабный макет перехода

После математического моделирования рассматриваемого перехода был создан масштабный макет, представленный на рис. 6.

Масштабный макет был исследован на прохождение в частотном диапазоне 1..4 ГГц в Лаборатории синтеза СВЧ-устройств СПбГУТ.

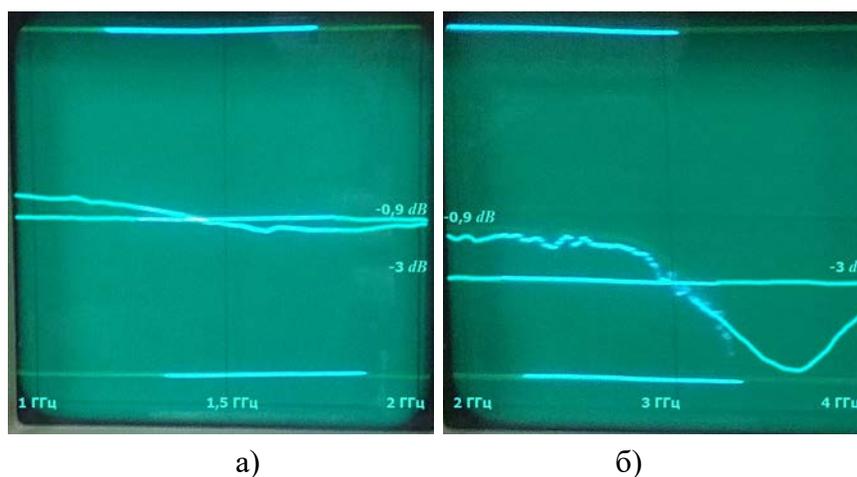


Рис. 7. АЧХ масштабного макета ОИС

По результатам измерений видно, что масштабный макет рассматриваемого перехода обладает потерями на уровне $0,9 \text{ dB}$ в диапазоне частот 1..4 ГГц. При более точном изготовлении, исследуемые характеристики перехода могут быть приближены к характеристикам промышленных образцов в широком спектре частот, что показано на рис. 7а и 7б.

Предложенный вариант перехода может использоваться в гибридных и объемных интегральных схемах СВЧ для сопряжения копланарных и несимметричных полосковых структур.

Список используемых источников

1. Лебедев Л. С., Наместников Е. И., Седышев Э. Ю. Синтез широкополосных переходов для объемных интегральных схем // СВЧ-электроника. 2019. № 2. С. 4–6.

2. Рэд Э. Т. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике. М. : Мир, 1990. 256 с.
3. Вольман В. И. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М. : Радио и связь, 1982. 326 с.
4. Боброва К. В., Булатова И. А., Иванова Е. А., Седышев Э. Ю. Расчёт модифицированных линий передач для объёмных интегральных схем // Электроника и Микроэлектроника СВЧ. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2015 г., том 2, С. 161–170.
5. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объёмные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.29

СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ТОНКОГО ТРУБЧАТОГО ВИБРАТОРА

А. Г. Майоров, Д. П. Табаков

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Рассмотрено сингулярное интегральное уравнение тонкого трубчатого вибратора. Исследована зависимость собственных значений интегрального оператора от частоты и геометрических размеров вибратора. Предложен способ вычисления собственных значений на основе заданных собственных функций.

вибраторная антенна, сингулярное интегральное уравнение, метод моментов, метод коллокаций, собственные значения, собственные функции, собственные векторы.

Введение

Решение внутренней задачи электродинамики является наиболее важной задачей исследования антенн, поскольку от ее решения зависит результат решения внешней электродинамической задачи, заключающейся в вычислении поля в окружающем пространстве, создаваемого поверхностными токами на антенне.

В качестве объекта исследования рассматривается модель вибраторной антенны, внутренняя задача электродинамики для которой представлена сингулярным интегральным уравнением (СИУ) трубчатого вибратора [1] с особенностью типа Коши, которое записано относительно производной поверхностной плотности тока. Данная модель является более эффективной по сравнению с интегральным уравнением Поклингтона и Халена, которые

классифицируются как некорректные задачи электродинамики, и с учетом специфики, решение для них неустойчиво для толщины вибратора больше 0,125 % от длины волны [2].

Интегральное уравнение (ИУ) решается методом моментов, т. е. сведением к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Решение СЛАУ является непростой вычислительной задачей, поэтому предлагается аппроксимировать решение внутренней электродинамической задачи.

Следует отметить, что в случае, когда базисные и тестовые функции метода моментов являются собственными функциями интегрального оператора, матрица СЛАУ становится диагональной с элементами, представляющими собой собственные значения интегрального оператора. Решение в таком случае получается произведением некоторого унитарного преобразования обратной диагональной матрицы с матрицей правой части.

Но расчет собственных функций и собственных значений является не менее сложной вычислительной задачей, чем решение СЛАУ, но при этом появляется несколько преимуществ. Во-первых, собственные функции оказываются независимыми от частоты. Во-вторых, зависимости соответствующих собственных значений хорошо аппроксимируются полиномами невысокого порядка [4]. В-третьих, собственные функции так же можно аппроксимировать простыми тригонометрическими выражениями, при этом необходимо аппроксимировать их зависимость от геометрии антенны. В-четвертых, при таком подходе отсутствует необходимость решать СЛАУ с изменившейся функцией возбуждения (матрицей правой части).

Зависимости собственных значений сингулярного интегрального уравнения трубчатого вибратора от частоты и геометрии исследовались в работе [3]. Полиномиальная аппроксимация их частотных зависимостей была произведена в работе [4]. Там же произведена аппроксимация собственных функций тригонометрическими формулами и показано решения внутренней задачи, полученные двумя видами аппроксимаций практически не отличаются от непосредственного решения СЛАУ. В то же время, в данных работах остался неопределенным способ вычисления приближенных собственных значений путем перемножения матрицы СЛАУ и матрицы собственных функций, вычисленных на фиксированной частоте.

1 Модель трубчатого вибратора

Подробное описание модели трубчатого вибратора в виде сингулярного интегрального уравнения СИУ дано в [1]. Геометрия структуры представлена на рис. 1.

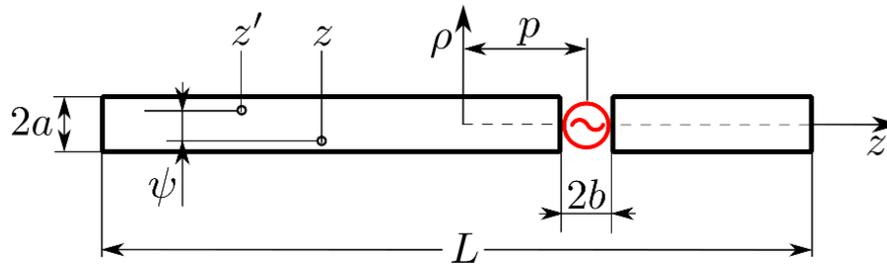


Рис. 1. Геометрия трубчатого вибратора, где a – радиус трубки, L – длина вибратора, p – смещение центра зазора вдоль оси Oz , $2b$ – ширина зазора

Сингулярное ИУ (СИУ) трубчатого вибратора связывает z -компоненту неизвестной функции распределения плотности тока $\eta(z)$ с z -компонентой распределения стороннего электрического поля $E_z^{(ст)}(z)$. Согласно модели данные функции считаются азимутально-независимыми.

Запишем СИУ в операторной форме:

$$W_m[Z\eta(z')] = E_z^{(ст)}(z), \quad z \in [-L/2; L/2], \quad (1)$$

где $Z(*) = \int_{-L/2}^{L/2} (*)K(z, z')dz'$ – линейный интегральный оператор, содержащий логарифмическую и гиперсингулярную особенности [6], W_m – волновое сопротивление свободного пространства, $\eta(z')$ – функция распределения плотности электрического тока вдоль поверхности вибратора.

Решение представленного СИУ корректно и устойчиво при любых отношениях радиуса вибратора к длине волны a/λ .

2. Собственные значения и собственные функции интегрального оператора

Для представленного оператора можно записать задачу на собственные значения и собственные функции в следующем виде:

$$[Z\varphi_k(z')] = \xi_k\varphi_k(z), \quad z \in [-L/2; L/2], \quad k = 1, 2, \dots, \infty, \quad (2)$$

где $\varphi_k(z)$ – k -я собственная функция, ξ_k – соответствующее ей собственное значение. Для собственных функций оператора Z выполняется следующее ортогональное соотношение:

$$\int_L \varphi_n(z)\varphi_k(z)dz = \delta_{n,k},$$

где $\delta_{n,k}$ – символ Кронекера.

Функции распределения тока и стороннего поля можно представить в виде разложения по собственным функциям:

$$\eta(z') = \sum_{k=1}^{\infty} \eta_k \varphi_k(z'), \quad E^{(ct)}(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon_k \varphi_k(z). \quad (3)$$

В таком случае коэффициенты η_k могут быть выражены в следующем виде:

$$\eta_k = \varepsilon_k \sigma_k / W_m; \quad \sigma_k = \xi_k^{-1}. \quad (4)$$

Это значит, что при известных собственных функциях $\varphi_k(z)$ решение внутренней задачи может быть получено без решения СЛАУ, а аппроксимация зависимостей собственных значений от частоты и геометрических размеров $\xi_k = \xi_k(L/\lambda, a/L)$ позволяет получить приближенное решения СИУ (1) по формулам (3), (4).

Для численного решения необходимо произвести дискретизацию задачи (2). Данный процесс наиболее наглядно осуществить применением метода коллокаций [7]. Метод коллокаций заключается в разбиении вибратора на короткие сегменты длиной $\Delta j \ll \lambda$, ток на которых считается постоянным: $\eta(z') = \eta(z_j) = \eta_j$. Соответственно: z_j – координаты точек коллокации, которые расположены в центрах соответствующих сегментов, N – общее число сегментов разбиения, $j = 1 \dots N$ – номер сегмента. В результате получаем задачу на собственные значения и собственные векторы в матричной формулировке:

$$\mathbf{Z}\boldsymbol{\varphi}_k = \xi_k \boldsymbol{\varphi}_k, \quad k = 1 \dots N. \quad (5)$$

Где элементы матрицы Z описываются формулой:

$$Z_{i,j} = \int_{-\Delta j/2}^{\Delta j/2} K(z_i, z_j + z') dz', \quad i, j = 1 \dots N.$$

Собственные векторы $\boldsymbol{\varphi}_k$ содержат значения собственных функций в точках коллокации z_j , т. е. интерполяция собственных векторов представляет собой собственные функции.

В работе [3] путем решения задачи (5) были вычислены массивы собственных значений ξ_k и собственных векторов $\boldsymbol{\varphi}_k$ для нормированных параметров $x \equiv L/\lambda \in [10^{-4}; 10]$ и $y \equiv a/\lambda \in 4 \cdot [10^{-4}; 10^{-3}]$, при этом зависимость $\xi_k(x, y)$ для наглядности записывалась в следующем виде:

$$\xi_k(x, y) = A'_k(x) \xi'_k(x, y) + A''_k(x) \xi''_k(x, y),$$

где $A'_k(x) = \begin{cases} x^2 & k \in 1,3,\dots \\ x^4 & k \in 2,4,\dots \end{cases}$, $A''_k(x) \equiv A'' = 1/x$ – функции, определяющие асимптотическое поведение собственных значений при $x \rightarrow 0$; $\xi'(x,y)$, $\xi''(x,y)$ – функции, гладкие относительно переменной x .

Таким образом, значения поверхностной плотности тока $\eta = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N\}$ в точках коллокации можно вычислить следующим образом:

$$\boldsymbol{\eta} = W_m \boldsymbol{\Phi}^T \mathbf{X}^{-1} \boldsymbol{\Phi} \mathbf{e}. \quad (6)$$

Здесь $\boldsymbol{\Phi}$ – матрица, k -я строка которой содержит собственную функцию $\boldsymbol{\phi}_k$; \mathbf{X} – диагональная матрица, составленная из собственных значений ξ_k ; \mathbf{e} – вектор внешнего поля в точках коллокаций. Таким образом из полученных собственных значений и собственных векторов находится распределение тока на вибраторе.

3. Вычисление собственных чисел на основе собственных функций

Собственные значения и собственные векторы матрицы удовлетворяют соотношению:

$$\mathbf{X}(x, y) = \boldsymbol{\Phi}^H(y) \mathbf{Z}(x, y) \boldsymbol{\Phi}(y), \quad (7)$$

где $\boldsymbol{\Phi}(y)$ – матрица, содержащая собственные векторы $\boldsymbol{\phi}_k(y)$; $\boldsymbol{\Phi}^H(y)$ – матрица эрмитово-сопряженная к $\boldsymbol{\Phi}(y)$; $\mathbf{X}(x, y)$ – диагональная матрица из собственных значений $\xi_k(x, y)$. Таким образом вычисленные один раз при конкретном значении y собственные функции можно использовать для расчета собственных чисел при разных значениях x .

На рис. 2 приведены графики функций $\xi'(x, y)$ и $\xi''(x, y)$ при $y = 4 \cdot 10^{-4}$ (сплошные линии), вычисленные в работе [3], и эти же зависимости вычисленные по формуле (7) (обозначены точками).

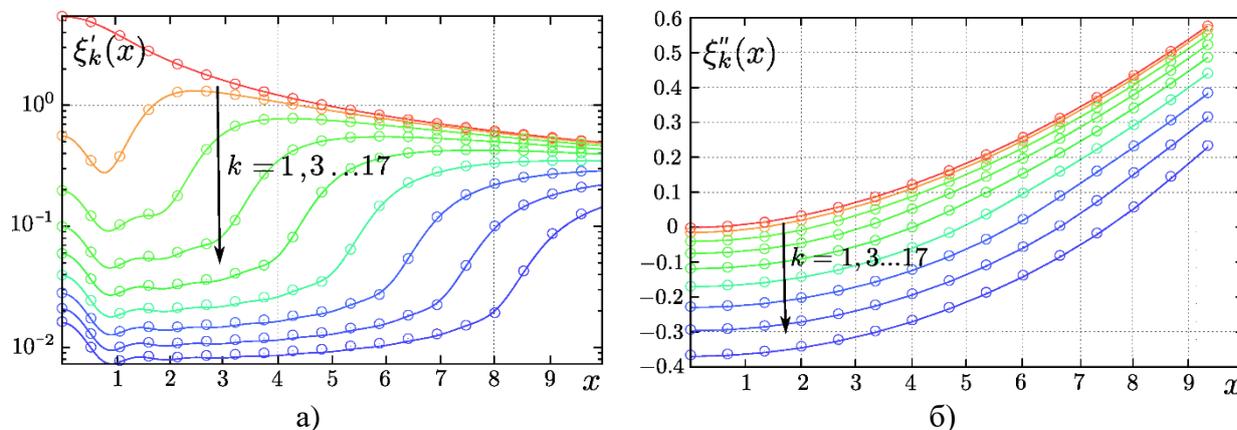


Рис. 2. Сравнение функций $\xi'(x, y)$ – (а) и $\xi''(x, y)$ – (б), полученных прямым и приближенным решением

Число сегментов в расчетах полагалось равным 300. Из графиков видно, что собственные значения, полученные из фиксированных собственных векторов по формуле (7), имеют хорошее совпадение с собственными значениями, полученными при их непосредственном расчете. Расхождения заметны только для $k > 15$. Так же из хорошего совпадения графиков очевидно, что собственные векторы являются инвариантными относительно x . По причине того, что вклад собственных функций $k > 15$ в излучаемое поле антенны крайне мал, в формуле (7) предлагается применять матрицы $\Phi'(y)$ с неполным набором собственных функций, что может существенно ускорить расчеты.

Заключение

Рассмотрено поведение собственных значений интегрального оператора в зависимости от $x = L/\lambda$. Предложен способ приближенного вычисления собственных значений интегрального оператора для тонкого вибратора $y = a/\lambda \in 4 \cdot [10^{-4}; 10^{-3}]$, с помощью известных собственных векторов. Представлены графики действительной и мнимой части собственных значений, полученных непосредственным вычислением и с помощью заданных собственных векторов. Показано, что собственные векторы являются инвариантными относительно x . Предложен способ уменьшения размерности решаемой задачи путем использования неполного набора собственных функций. Таким образом для нахождения распределения тока на тонком вибраторе по формуле (6) достаточно найти приближенные собственные числа по формуле (7).

Список используемых источников

1. Неганов В. А. Физическая регуляризация некорректных задач электродинамики. М. : Сайнс-Пресс, 2008. 450 с.
2. Радциг Ю. Ю., Сочилин А. В., Эминов С. И. Исследование методом моментов интегральных уравнений вибратора с точными и приближенными ядрами // Радиотехника. 1995. № 3. С. 55–57.
3. Табаков Д. П., Майоров А. Г. О собственных значениях интегрального оператора сингулярного интегрального уравнения тонкого трубчатого вибратора // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2019. Т. 22. № 1. С. 26–31.
4. Табаков Д. П., Майоров А. Г. Аппроксимация решения внутренней электродинамической задачи для тонкого трубчатого вибратора методом собственных функций // Труды учебных заведений связи. 2019. Т. 5. № 4. С. 58–64.
5. Harrington R. F. Field Computation by Moment Method. Macmillan, New York, 1968. 150 p.
6. Неганов В. А., Табаков Д. П., Клюев Д. С. Физическая регуляризация некорректных задач теории антенн // Электросвязь. 2011. № 5. С. 35–37.
7. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. М. : Мир, 1977. 487 с.

*Статья представлена научным руководителем,
доктором физико-математических наук, профессором Табаковым Д. П.*

УДК 621.372.21
ГРНТИ 47.41.99

СИНТЕЗ Т-ОБРАЗНОГО ДЕЛИТЕЛЯ В ОБЪЕМНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Е. И. Наместников, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Объемная интегральная схемотехника СВЧ является перспективным и активно развивающимся направлением радиоэлектроники, с развитием интегральных схем СВЧ усложняются схемы устройств, требуются различные межслойные переходы, в том числе и с делением мощности.

объемная интегральная схемотехника, СВЧ, делитель мощности.

На сегодняшний день в объемных интегральных схемах СВЧ существует ограниченное количество способов широкополосных переходов между различными уровнями. В основном переходы осуществляются на плоскостовых линиях. Это связано с простотой реализации и экономической целесообразностью.

Одной из важнейших задач объемной интегральной схемотехники СВЧ является задача деления мощности между уровнями. Переход между уровнями, сопряжение различных типов линий, а также одновременное деление мощности при условии перехода в другой уровень – сложные инженерно-технические задачи. Эти задачи поднимают довольно серьезную проблему: одновременное согласование всех сегментов интегральной схемы и, непрерывная топологическая связность поля достигаются чрезмерным усложнением конструкции.

В предыдущей работе [1] был рассмотрен делитель мощности в планарном исполнении, построенный на копланарной, щелевой и плоскостовой линиях. Он представлен на рис. 1.



Рис. 1. Планарный Т-образный делитель

Деление мощности с одновременным переходом в другой уровень расширяет область применения устройства, поэтому было принято решение о синтезе делителя мощности в объемном интегральном исполнении с расположением всех трех портов в разных уровнях.

Было синтезировано устройство деления мощности на симметричной полосковой и двух несимметричных полосковых линиях. Все линии были согласованы между собой по волновому сопротивлению. 3D модель устройства представлена на рис. 2.

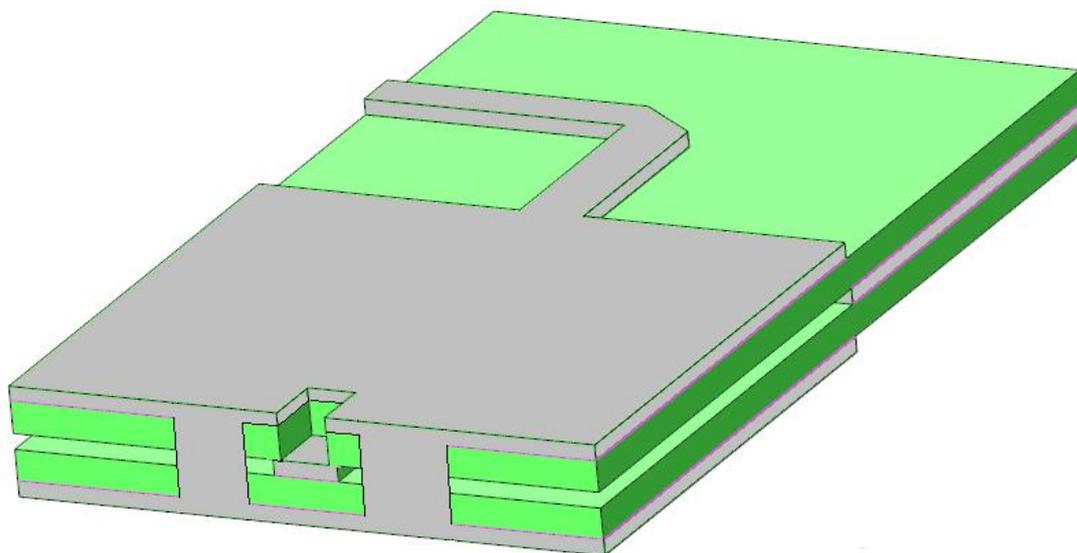


Рис. 2. 3D макет делителя в объемном интегральном исполнении

Поскольку симметричная полосковая линия погружена в диэлектрический материал и имеет земляные пластины как сверху, так и снизу, то очевидно, что она использует весь объем диэлектрика. Это позволяет легко перейти к полосковой линии имеющей металлизацию с одной стороны. Несмотря на то, что эти линии являются антисимметричными, это позволяет довольно просто осуществить межслойный переход с делением мощности пополам, принципиальная схема перехода изображена ниже.

Для проверки правильности предположения синтезирован макет с двумя одинаковыми переходами в точке сопряжения линии и плавным изменением импеданса.

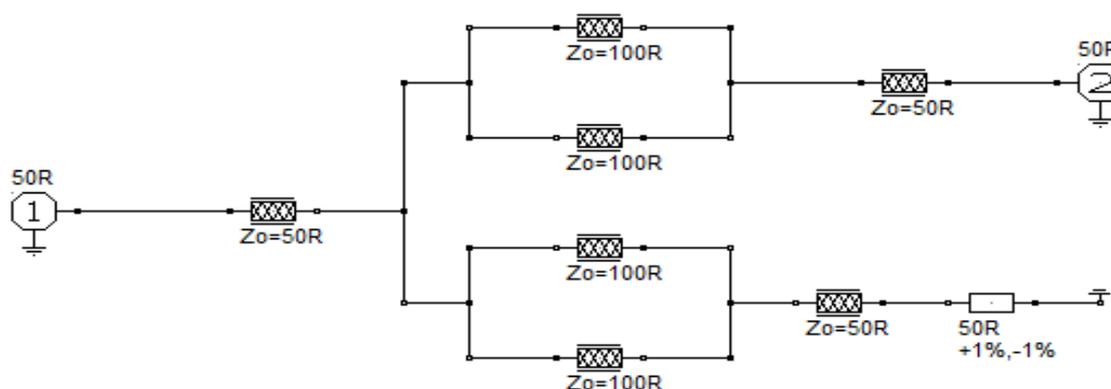


Рис. 3. Принципиальная схема делителя

Эмуляция работы предлагаемой структуры в программе RFSimm дала следующие результаты: прохождение волны наблюдается в широком диапазоне с потерями в 3,5 дБ, результат эмуляции представлен на рис. 4.



Рис. 4. Результаты компьютерной эмуляция устройства

Изначально, предлагаемый делитель был выполнен на мягкой подложке в связи с легкостью работы на ней. Частотные характеристики устройства показали, что устройство является широкополосным, что также подтверждает ранее проведенная эмуляция, однако потери составили порядка 5 дБ, что было вызвано низким тангенсом угла диэлектрических потерь.

Для устранения этого недостатка был выбран более высокочастотный материал. Макет на пенополиуретане дал более хорошие результаты на прохождение волны, но, к сожалению, в узком диапазоне частот. На рис. 5 представлен общий вид устройства. На рис. 6 приведена осциллограмма частотной характеристики



Рис. 5. Реальный макет устройства

делителя на высокочастотной подложке. Из осциллограммы видно, что прохождение волны идеально в диапазоне частот 2,2..2,8 ГГц. На остальных же частотах наблюдается «непонятная» режекция, которая, скорее всего, вызвана погрешностью в макетировании. Из осциллограммы видно, что потери в «удачном» частотном отрезке составляют ровно 3 дБ, что соответствует делению мощности пополам.

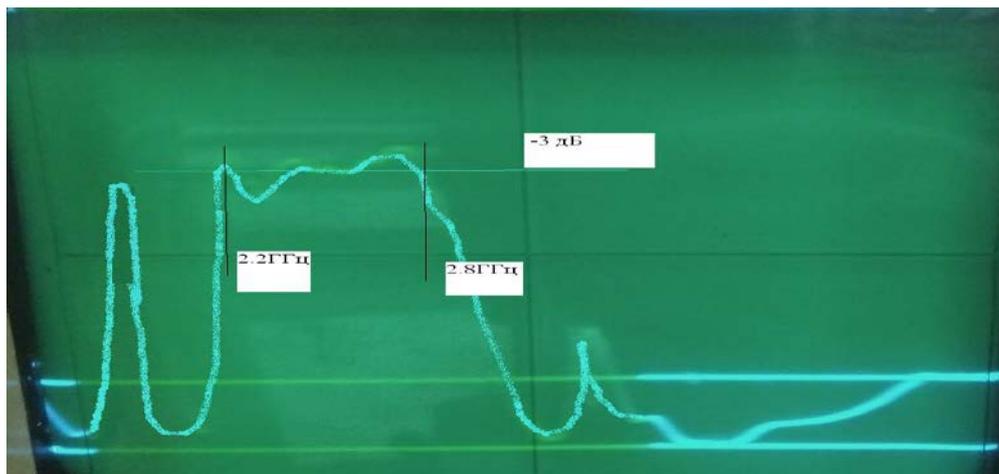


Рис. 6. Амплитудно-частотная характеристика делителя

Таким образом, можно утверждать, что предлагаемая структура способна работать в широком диапазоне частот, однако при переходе на диэлектрик более высокого качества требуется большая точность изготовления устройства.

Список используемых источников

1. Лебедев Л. С., Седышев Э. Ю., Наместников Е. И. Синтез широкополосных переходов для объемных интегральных схем СВЧ // СВЧ электроника. 2019. № 2.
2. Гвоздев В. И., Нефёдов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука – Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.
3. Лебедев Л. С., Седышев Э. Ю. Синтез широкополосных переходов между различными типами ОИС // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научнотехническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. 728 с. С. 402–408.
4. Иогин А. И., Седышев Э. Ю. Внутренние соединения ОИС СВЧ, переходы между различными типами линий // Доклад на 63 НТК профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов. СПб. : СПбГУТ, 21–25.02.2011.
5. Глухов Н. И. Устройства «ввода/вывода» при физическом моделировании объемных интегральных схем СВЧ диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция № 64: сб. материалов. СПб. : СПбГУТ, 2012.

УДК 004.387:621.3.087.93
ГРНТИ 50.09.49

ПОСТРОЕНИЕ МНОГОРАЗРЯДНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ЦИФРОАНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Ю. А. Никитин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Основными проблемами при построении цифроаналоговых преобразователей (ЦАП) являются конечная точность реализации аналоговых элементов (матрицы R-2R, ключей тока – напряжения) и (или) конечное быстродействие указанных узлов. Рассмотрен способ построения ЦАП повышенной точности на основе нониусных преобразований.

цифроаналоговый преобразователь, управляющий код, шаг квантования, арифметический сумматор, аналоговый сумматор, мерная шкала.

В параллельных цифроаналоговых преобразователях (ЦАП) из опорного сигнала Y формируют эталонные сигналы, соответствующие значениям (весам) разрядов входного управляющего кода X , которые затем суммируют и образуют дискретные значения выходной аналоговой величины Z [1].

Будем считать, что цифровой код управления позиционный, а система счисления с основанием a двоичная ($a = 2$).

Например, цифровой двоичный код числа (управляющее слово) X , нормированный к единице:

$$0 \leq X = \sum_{k=0}^{\psi-1} q_k \times a^{-k} < 1,$$

где $a = 2$; $q_k \in [0,1]$; ψ – число двоичных разрядов в слове X .

Для двоичного ЦАП выходной сигнал определяется следующим образом:

$$Z = hY(a_{k-1}2^{k-1} + a_{k-2}2^{k-2} + \dots + a_02^0),$$

где Y – опорный (эталонный) сигнал; $q \in (a_0, a_1, \dots, a_{k-1}) \equiv [0,1]$, – коэффициенты двоичных разрядов, принимающие значения «0» или «1»; $k = 0, 1, \dots, \psi-1$ – номер двоичного разряда; h – коэффициент пропорциональности.

Величина ступеньки (шага квантования) на выходе такого ЦАП равна $s = Y/(a^\psi - 1)$. В этом случае $Z = Y \times X$ и имеет место «классическое» преобразование $X \Rightarrow Z$, причем точность преобразования является линейной функцией точности элементарных электронных компонентов ЦАП – резистивных (конденсаторных) матриц, ключей тока (напряжения) и т. д., т. е. определена технологией изготовления конкретной микросхемы ЦАП и конечной точностью (разбросом) номинальных значений его внутренних элементов.

Основными факторами погрешностей элементов являются технологический разброс параметров (точность изготовления), влияние изменений окружающей среды (в основном температуры) – температурная стабильность, изменение параметров во времени (старение), воздействия внешних и внутренних шумов и помех. Поэтому характеристики преобразования реальных ЦАП отличаются от идеальных формой, величиной ступеней и их расположением относительно осей координат.

Для увеличения точности преобразования можно усложнять внутреннюю структуру ЦАП, увеличивать точность и стабильность параметров используемых элементов, но только в пределах возможностей производства. Указанные причины ограничивают максимально достижимую точность параллельного ЦАП 20...22 двоичными разрядами (битами) кода управления X .

Существует способ цифроаналогового преобразования с аналоговым вложением ступенек младших разрядов, пример реализации которого приведен на рис. 1 [2].

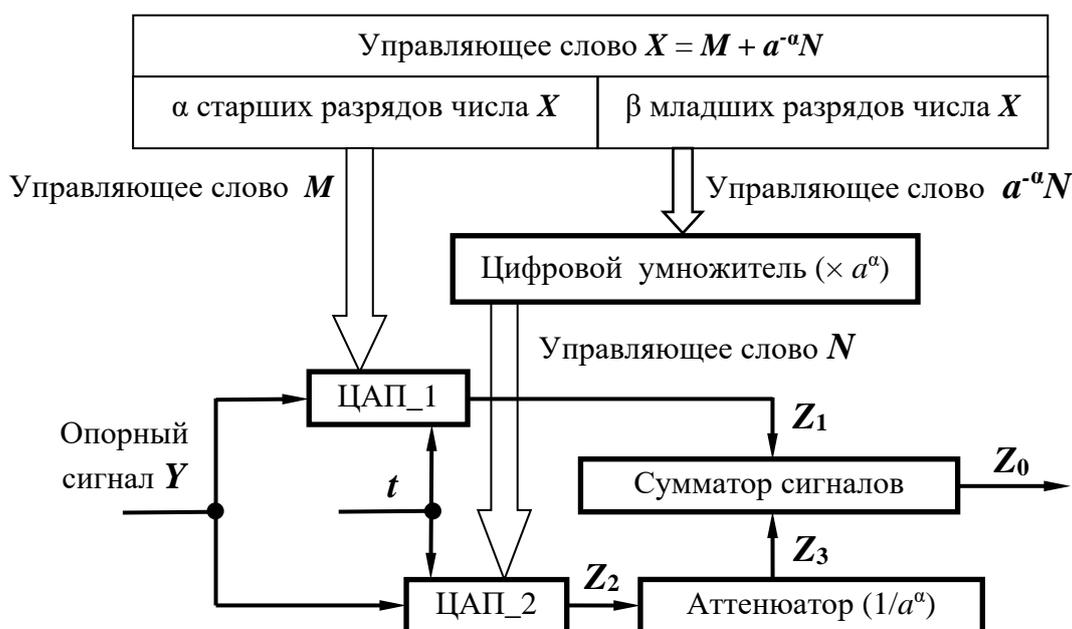


Рис. 1. Многоразрядный параллельный ЦАП с аналоговым вложением ступенек младших разрядов

В этом способе преобразования цифровое слово управления $X = M + a^{-\alpha}N$ длины ψ разрядов делится на два слова управления M и $a^{-\alpha}N$ (желательно половинной длины $\psi/2$, но не обязательно): $\psi = \alpha + \beta$, где α – число старших разрядов кода управления X , а β – число младших разрядов кода управления X . Тактируются оба ЦАП в одни и те же моменты времени t .

При данном преобразовании используется единственный опорный сигнал (мерная шкала) Y .

Младшие $a^{-\alpha}N$ разряды длины β кода управления X умножаются в цифровом умножителе в a^α раз, образуя управляющее слово N длины β разрядов.

Первый ЦАП_1 преобразует управляющее слово M длины α разрядов в аналоговый сигнал Z_1 , второй ЦАП_2 преобразует управляющее слово N длины β разрядов в аналоговый сигнал Z_2 .

Величина ступеньки (шага квантования) на выходе ЦАП_1 равна $s_1 = Y/a^\alpha \gg Y/a^\psi$, а величина ступеньки (шага квантования) на выходе ЦАП_2 равна $s_2 = Y/a^\beta \gg Y/a^\psi$. В случае $\alpha \approx \beta$ величины ступенек $s_1 \approx s_2$.

Для того, чтобы уменьшить величину ступеньки выходного сигнала Z_0 до исходного значения $s = Y/a^\psi$ необходимо уменьшить размах выходного сигнала Z_2 на выходе ЦАП_2 в a^α раз с помощью аналогового аттенюатора и сложить полученный сигнал $Z_3 = Z_2/a^\alpha$ с выходным сигналом ЦАП_1 Z_1 (у которого величина ступеньки $s_1 = Y/a^\alpha$) в сумматоре сигналов.

На выходе сумматора сигналов (рис. 1) получим выходной сигнал $Z_0 = Z_1 + Z_3$, который может изменяться от 0 до $Y(1-a^{-\psi})$ с требуемым шагом квантования $s = Y/a^\psi$.

Однако в рассмотренном способе цифроаналогового преобразования необходимо обеспечить высокую точность ЦАП_1 и аналогового аттенюатора. К этим двум аналоговым узлам структуры предъявляются жесткие требования по точности.

В основу предлагаемого способа (рис. 2) положен принцип нониусного преобразования [3] – использование двух мерных шкал, находящихся в дробно-кратном соотношении, т. е. осуществление пары преобразований $X \Rightarrow Z_1$; $X \Rightarrow Z_2$; $Z_1, Z_2 \Rightarrow Z_0$.

Иными словами, присутствует пара мерных шкал (опорных сигналов Y), связанных зависимостью:

$$Y_2 = Y_1(1 \pm a^{-\alpha}). \quad (1)$$

Данные преобразования обеспечивают требуемую точность преобразования цифрового кода управления X в аналоговую величину Z_0 :

$$Z_0 = Y_1 \left\{ \sum_{k=1}^{\alpha} q_k a^{-k} + a^{-\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} q_k a^{-k} \right\}.$$

Причем требования к высокой точности предъявляются только к источникам опорного сигнала – тока или напряжения Y_1 и Y_2 на постоянном токе и в одной точке шкалы.

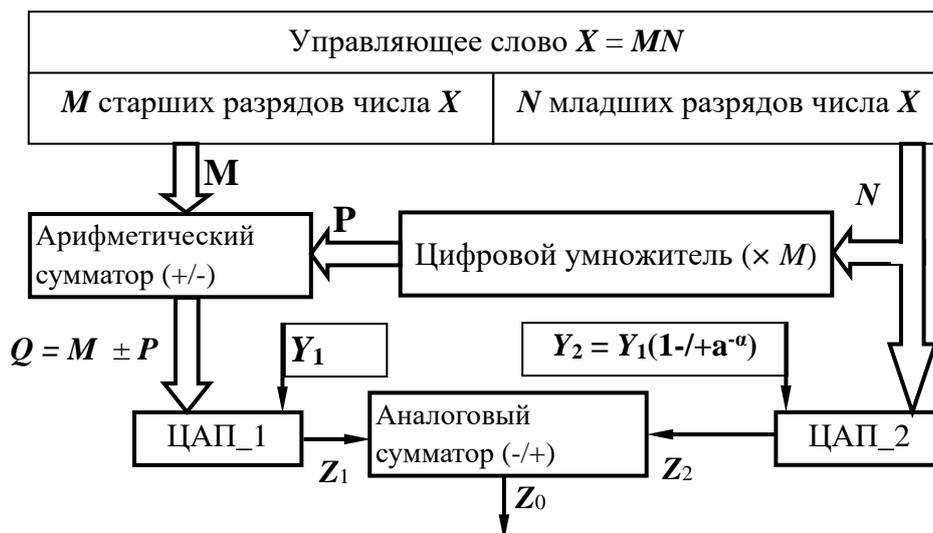


Рис. 2. Способ нониусного цифроаналогового преобразования

Структурная схема одного из возможных вариантов построения нониусного цифроаналогового преобразователя, реализующего предлагаемый способ, приведена на рис.2, на которой показан арифметический сумматор, на соответствующие входы которого поступают α старших разрядов и β младших разрядов управляющего слова X , причем младшие $a^\alpha N$ разрядов перед этим подверглись цифровому умножению в a^α раз (сдвиг влево на α разрядов) с помощью цифрового умножителя. На рис.2 также имеются первый источник опорного сигнала Y_1 , второй источник опорного сигнала Y_2 , ЦАП_1, аналоговый сумматор и ЦАП_2. При этом выходная шина арифметического сумматора подключена к соответствующей входной шине управления ЦАП_1, к другому входу которого подключен выход источника опорного сигнала Y_1 . Выход ЦАП_1 соединен с соответствующим входом аналогового сумматора, к другому входу которого подключен выход ЦАП_2, на входную шину управления которого поданы $a^\alpha N$ младших разрядов управляющего слова X ; подвергшихся цифровому умножению в a^α раз (сдвиг влево на α разрядов) с помощью цифрового умножителя, а другой вход ЦАП_2 соединен с выходом источника опорного сигнала Y_2 . На выходе аналогового сумматора имеем требуемый выходной аналоговый сигнал Z_0 .

Таким образом, имея пару мерных шкал, связанных соотношением (1), можно получить точность преобразования цифрового кода управления в аналоговый сигнал, значительно превышающую точность преобразования используемых ЦАП.

Кроме того, рассматриваемый способ нониусного преобразования позволяет, при необходимости, увеличить быстродействие ЦАП, уменьшив примерно вдвое разрядность исходных элементов.

Список используемых источников

1. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации / Под ред. В. Б. Смолова. М. : Энергия, 1976. 336 с.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. М. : Мир, 1982. 512 с.
3. Никитин Ю. А. Способ нониусного цифроаналогового преобразования. Пат. 2703228 Российская Федерация; заявитель и патентообладатель Никитин Ю. А. № 2019107698; заявл. 18.03.2019; опубл. 15.10.2019.

УДК 621.375
ГРНТИ 47.41.33

УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОЙ ФЕРРИТОВОЙ АНТЕННЫ

Ю. А. Никитин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрены особенности проектирования усилителя на микросхемах ОУ для малогабаритной широкополосной активной магнитной ферритовой антенны для измерений полей в диапазоне частот от 20 Гц до 300 кГц.

активная антенна, ферритовая антенна, напряженность поля, магнитное поле, операционный усилитель (ОУ), коэффициент усиления, коэффициент калибровки.

В настоящее время практически отсутствуют предложения малогабаритных антенн для измерения магнитного поля, работающих в низкочастотном диапазоне [1]. В то же время у испытательных лабораторий либо имеются морально и физически устаревшие антенны, либо отсутствуют вовсе. Поэтому разработка низкочастотной широкополосной антенны для измерения напряженности магнитного поля актуальна и целесообразна.

Антенна должна обеспечивать следующие параметры:

1. Диапазон рабочих частот от 20 Гц до 300 кГц.
2. Диапазон измеряемых магнитных полей от 10 мкА/м до 3 А/м.
3. Выходное сопротивление антенны 50 Ом.
4. Эксплуатацию как в лабораторных условиях, так и на выездных испытаниях.

Магнитные антенны можно разделить на две категории: пассивные (не имеющие активных компонентов) и активные (в состав которых входят активные элементы, как правило, малошумящие усилители, позволяющие усилить принятый сигнал).

Использование в антенне активных элементов ограничивает максимальную измеряемую напряженность магнитного поля вследствие конечной линейности применяемого активного элемента. В пассивных антеннах такого ограничения нет.

Для измерения напряженности магнитных полей в заданном диапазоне частот используют два типа магнитных антенн: рамочные и ферритовые. Обе антенны имеют диаграмму направленности в виде восьмерки и позволяют измерять не только вертикальную составляющую исследуемого поля, но и горизонтальную, однако ферритовые антенны можно сделать миниатюрнее.

Выходное сопротивление приемной катушки антенны в указанном диапазоне частот имеет индуктивный характер, образуя совместно с входным комплексным сопротивлением буферного усилителя частотно-зависимый делитель напряжения [2].

Напряжение на выходе схемы на основе усиления напряжения (рис. 1) линейно возрастает с ростом частоты, что требует введения в схему корректирующего звена $R25$, $R26$, $C7$ – пропорционально-интегрирующего фильтра (ПИФ) – рис. 2. Введение ПИФ выравнивает амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) в требуемом диапазоне частот.

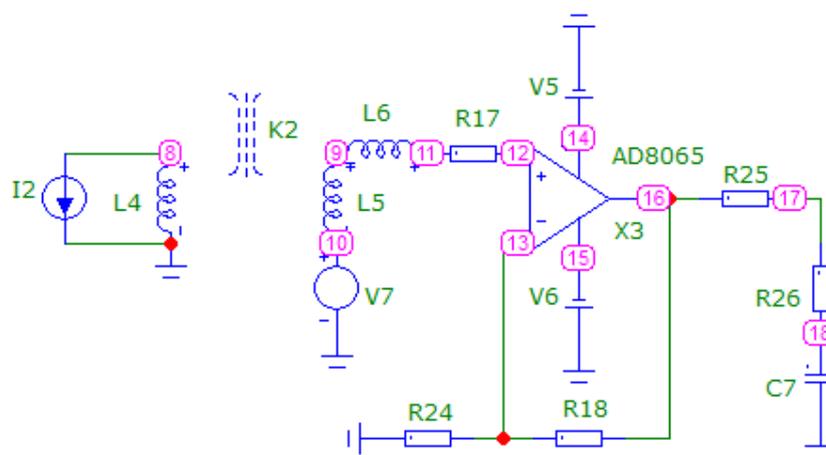


Рис. 1. Модель усиления напряжения операционным усилителем, работающим от источника с индуктивным импедансом

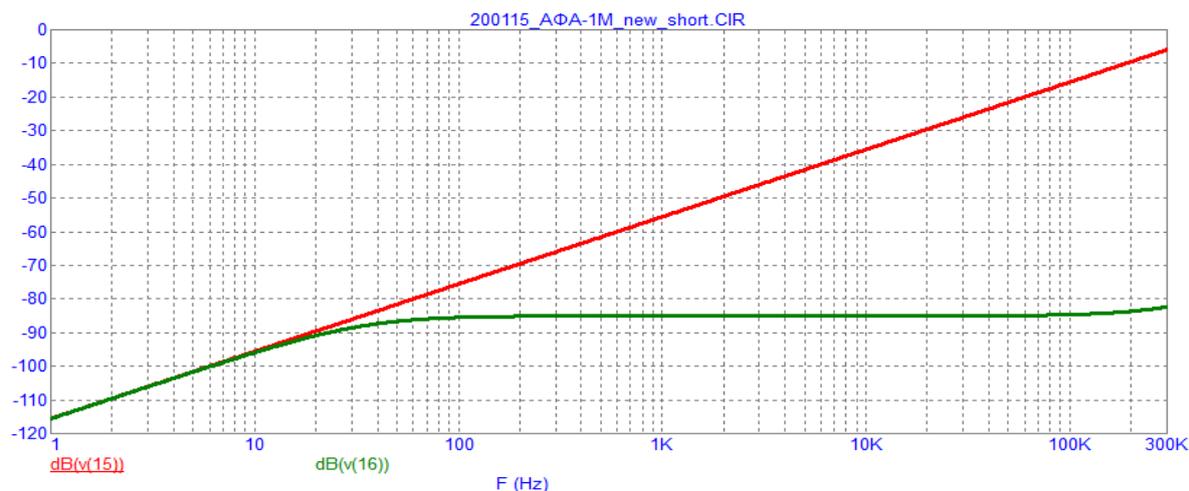


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики усилителя напряжения без коррекции (выход 16, красный цвет) и с коррекцией (выход 17, зеленый цвет)

Изменяя резистор $R26$ можно корректировать АЧХ, как показано на рис. 3. Однако, для исключения подвозбуждения схемы на высоких частотах в области собственных полюсов ОУ необходимо дополнительно использовать фильтр нижних частот второго порядка.

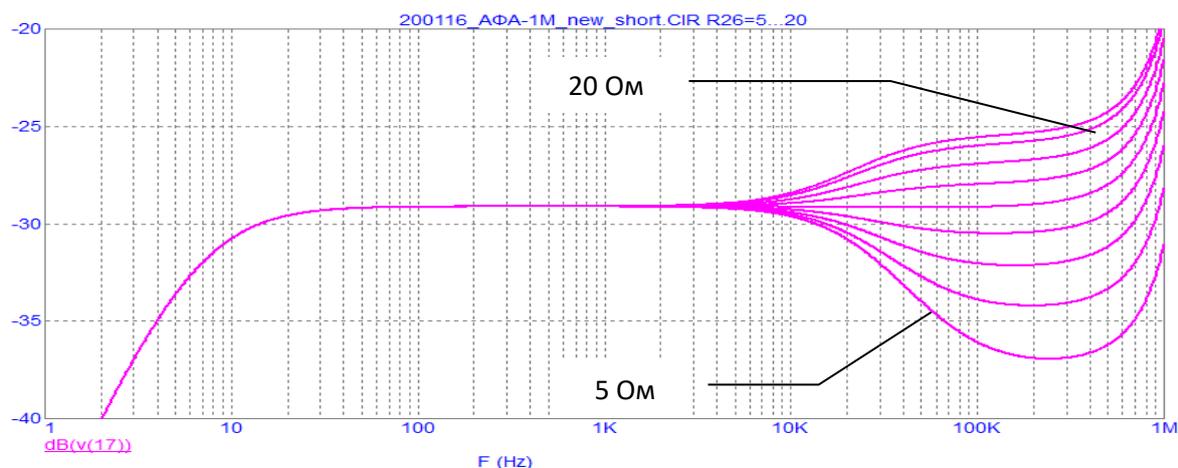


Рис. 3. Зависимость АЧХ усилителя напряжения от сопротивления $R26$ пропорционально-интегрирующего фильтра

Значительно лучшие результаты дает схема преобразования выходного тока антенной катушки в напряжение на ОУ – рис. 4. Для моделирования шумов ОУ в схему введен дополнительный источник шумового тока $I3$.

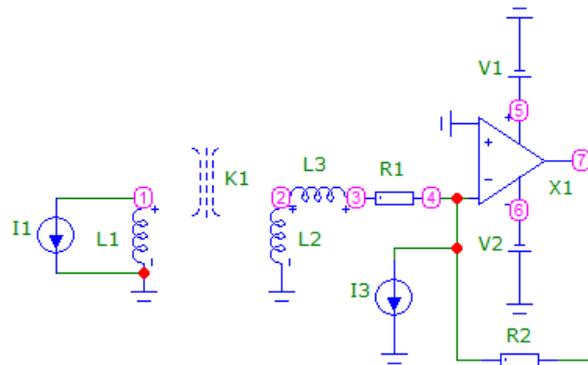


Рис. 4. Модель преобразования тока в напряжение операционным усилителем, работающим от источника с индуктивным импедансом

На рис. 5 приведена АЧХ схемы рис. 4.

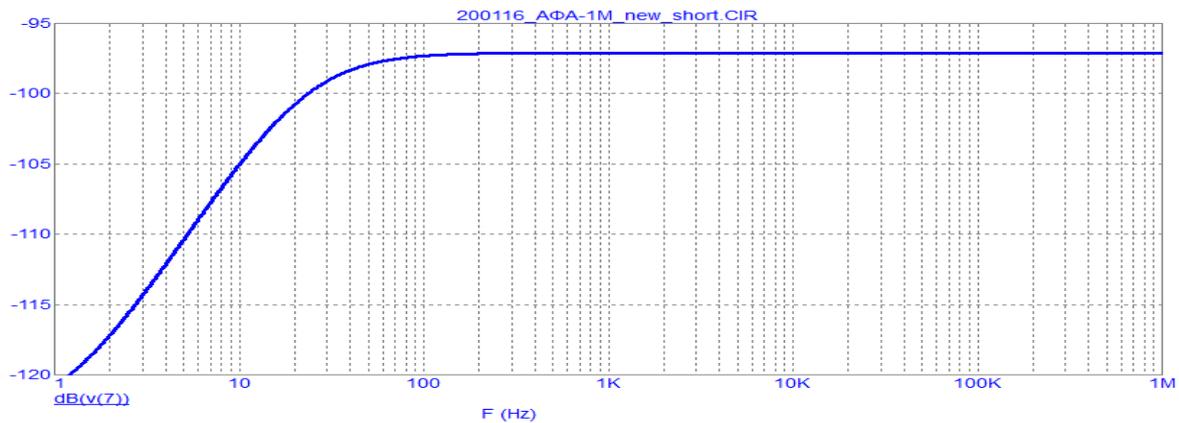


Рис. 5. Амплитудно-частотные характеристики преобразователя тока в напряжение на операционном усилителе, работающем от источника с индуктивным импедансом

На рис. 6 показаны результаты моделирования схемы рис. 4 при изменении внутреннего сопротивления $R1$ приемной катушки индуктивности.

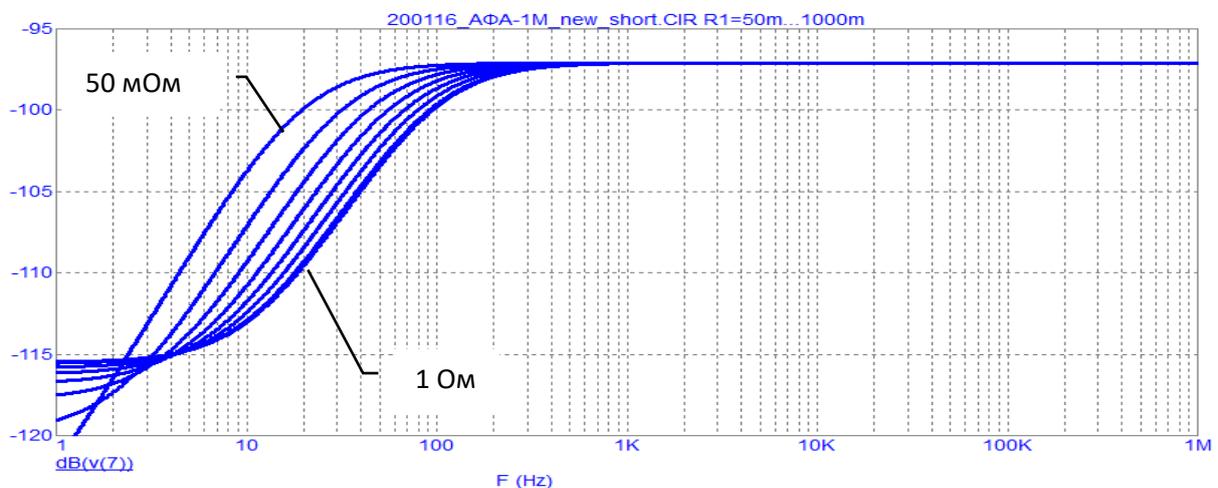


Рис. 6. Зависимость АЧХ преобразователя ток – напряжение от внутреннего сопротивления $R1$ катушки индуктивности антенны

На рис. 7 приведена полная модель усилителя на ОУ для активной магнитной ферритовой антенны. Резистор $R30$ необходим для согласования выходного сопротивления ОУ с сопротивлением нагрузки $R31$ – радиочастотным кабелем. На рис. 8 приведена результирующая АЧХ усилителя.

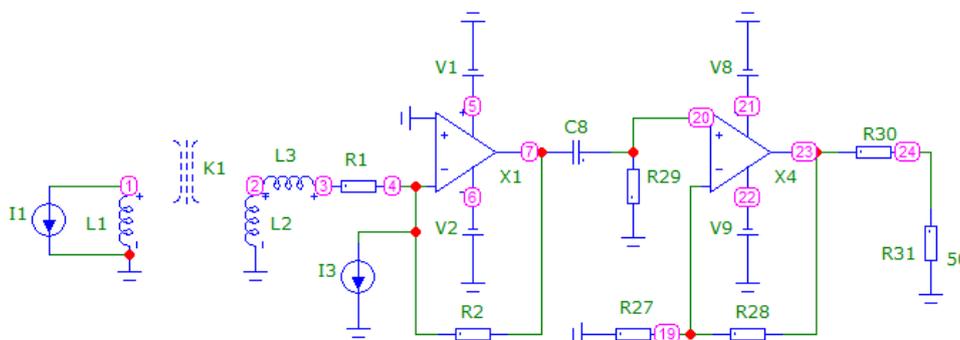


Рис. 7. Модель усилителя магнитной антенны на операционных усилителях

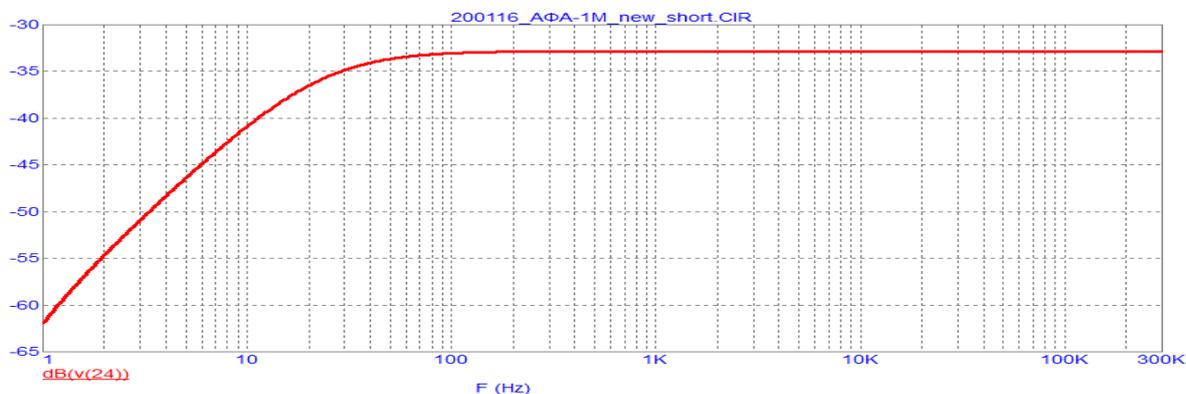


Рис. 8. Амплитудно-частотные характеристики усилителя магнитной антенны на операционных усилителях

ТАБЛИЦА. Коэффициенты калибровки, K , дБ 1/м

Частота, кГц	K , дБ 1/Ом*м
0,01	5,9
0,02	2,4
0,04	1,1
0,08	0,9
0,12	0,8
0,5	0,4
1	0,3
5	0,1
10	-0,2
50	-0,9
100	-0,7
150	0,1
200	0,2
250	0,2
300	0,3

Рис. 9. Зависимость коэффициента калибровки антенны от частоты

Калибровка реальной антенны приведена в таблице (рис. 9). Погрешность коэффициента калибровки не более ± 2 дБ.

Питание усилителя антенны осуществляется с помощью двух встроенных аккумуляторных батарей. Использование независимого питания дает два преимущества: возможность использования антенны в местах, где отсутствуют

источники питания и исключения наведения помех на цепи питания. Это особенно важно из-за того, что частота питающей сети 220 В 50 Гц и ее гармоники попадают в полосу измерения антенны.

Выводы

Разработан усилитель для серийно производимой ферритовой антенны АФА-1М. Антенна предназначена для измерения напряженности магнитного поля в полосе частот от 20 Гц до 300 кГц. Динамический диапазон антенны в полосе 1 Гц превышает 120 дБ при максимально измеряемой величине магнитного поля 3 А/м.

Применение антенны особенно удобно в составе автоматизированного измерительного комплекса для измерения уровня электромагнитных помех АИК-01. Автоматизированный комплекс предназначен для измерения параметров ЭМС по методам стандартов России, СИСПР. В состав комплекса входят: анализатор спектра (измерительный приемник), измерительные антенны (датчики), программное обеспечение «Монитор».

Список используемых источников

1. Мейнке Х., Гундлах Ф. В. Радиотехнический справочник. Т. 1. М.; Л.: ГЭИ, 1960. 416 с.
2. Никитин Ю. А. Цифроаналоговый синтез частот. Теория и схемотехника: монография. СПб.: Изд-во СПб ГУТ, 2018. 367 с.

УДК 621.372.632
ГРНТИ 47.41.35

ОБЗОР ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Ю. А. Никитин, А. Д. Сединин, В. А. Юрова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Высокая потребность в преобразователях частоты широкого диапазона заставляет инженеров и разработчиков постоянно стремиться к улучшению существующих схемотехнических решений. В данной работе представлен обзор основных существующих на данный момент подходов к построению преобразователей частоты

смеситель, преобразователь частот.

Смеситель – это элемент электрической цепи, создающий спектр комбинационных частот при подаче на нее двух или более колебаний разной частоты [1]. Идеальный смеситель аналогичен перемножителю колебаний. Более того, для обеспечения высокой линейности преобразования необходимо усложнять схемотехнику, что негативно сказывается на надежности и коэффициенте шума [2].

Выделяют аддитивное и мультипликативное смешивание. В первом случае происходит сложение сигналов гетеродина и входной частоты на элементе с нелинейной вольтамперной характеристикой (рис. 1.). Ввиду нелинейности в спектре выходного колебания появляются интермодуляционные искажения, среди которых присутствует колебание полезной частоты. Для его выделения используются полосно-пропускающие фильтры промежуточной частоты (ПЧ).

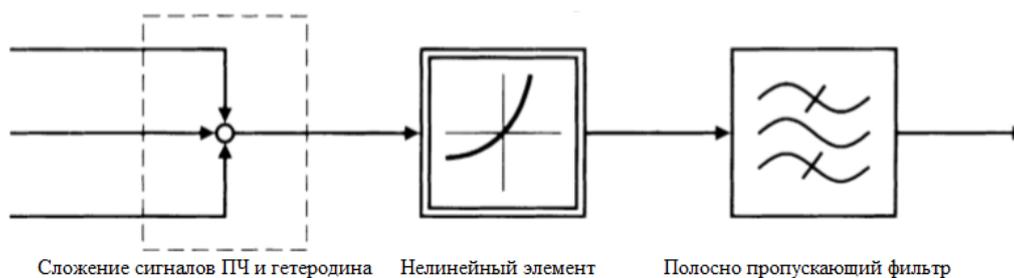


Рис. 1. Принцип аддитивного смешивания

Во втором случае входной сигнал и гетеродин перемножаются. В отличие от аддитивного смешивания, форма сигнала гетеродина не обязательно моногармоническая, однако его периодический характер сохраняется.

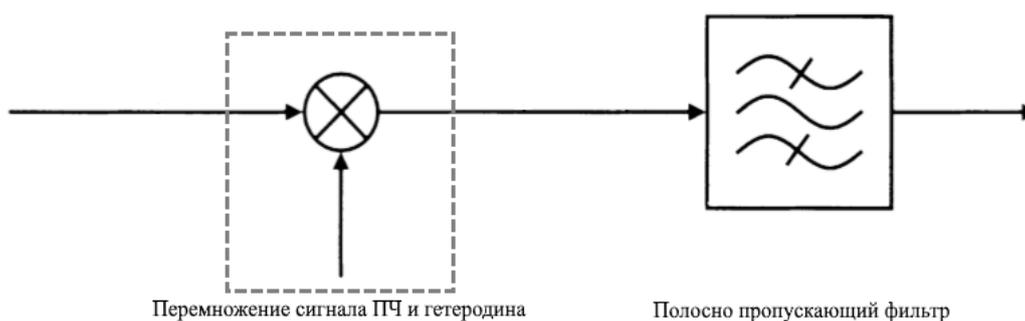


Рис. 2. Принцип мультипликативного смешивания

Рассмотрим процесс преобразования частот на нелинейном элементе [2]. В качестве нелинейной характеристики используют зависимость тока от напряжения $I(U)$, так что входным сигналом служит напряжение, а выходным – ток. Характеристику представляют в виде разложения Тейлора в рабочей точке U_0 (1):

$$I(U) = I(U_0) + \frac{dI}{dU} \Big|_{U=U_0} (U - U_0) + \frac{1}{2} \frac{d^2I}{dU^2} \Big|_{U=U_0} (U - U_0)^2 + \\ + \frac{1}{6} \frac{d^3I}{dU^3} \Big|_{U=U_0} (U - U_0)^3 + \frac{1}{24} \frac{d^4I}{dU^4} \Big|_{U=U_0} (U - U_0)^4 + \dots \quad (1)$$

Можно перейти к малосигнальным величинам:

$$i = I(U) - I(U_0). \\ U = U - U_0.$$

Для дальнейшего упрощения стоит внести обозначения для производных a_1, a_2, a_3, \dots для производных первого, второго, третьего и далее порядков.

Таким образом, получим:

$$i = a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 + a_4 u^4 + \dots \quad (2)$$

Представим u суммой двух колебаний, где $u_c(t)$ – напряжение сигнала и $u_r(t)$ – напряжение гетеродина и подставим в выражение (2):

$$i(t) = a_1 (u_c(t) + u_r(t)) + a_2 (u_c(t) + u_r(t))^2 + a_3 (u_c(t) + u_r(t))^3 + \\ + a_4 (u_c(t) + u_r(t))^4 + \dots$$

Наконец, принимая во внимание, что:

$$u_c(t) = U_c \cos(\omega_c t). \\ u_r(t) = U_r \cos(\omega_r t).$$

Получим итоговое выражение для выходного колебания:

$$i(t) = a_1 (U_c \cos(\omega_c t) + U_r \cos(\omega_r t)) + \\ + a_2 (U_c^2 \cos^2(\omega_c t) + 2U_r U_c \cos(\omega_c t) \cos(\omega_r t) + U_r^2 \cos^2(\omega_r t)) + \dots \quad (3)$$

Анализируя итоговое выражение (3) можно увидеть, что:

$$2U_c U_r \cos(\omega_c t) \cos(\omega_r t) = U_r U_c [\cos((\omega_c + \omega_r)t) + \cos((\omega_c - \omega_r)t)]. \quad (4)$$

В (4) содержатся слагаемые, имеющие суммарную и разностную частоту. Очевидно, что от формы вольтамперной характеристики зависит количество побочных колебаний в выходном сигнале: если $a_n = 0$, то и колебание n -ого порядка равно 0.

В качестве нелинейных элементов при проектировании смесителей выбирают, как правило диоды Шоттки или полевые транзисторы [3]. Особенностью полевых транзисторов, является форма их вольтамперной характеристики, близкая к квадратичной, что существенно снижает уровень интермодуляционных составляющих высоких порядков и позволяет ослабить требования к полосно-пропускающему фильтру ПЧ.

Для создания пассивного смесителя достаточно единичного диода, на вход которого одновременно подаётся сигнал основной частоты и сигнал гетеродина (рис. 3).

Смеситель на диоде характеризуется невысоким уровнем шумов, низкими коэффициентами передачи напряжения и мощности, а также более высокими рабочими частотами, по сравнению со смесителями на транзисторах.

В активных смесителях, когда помимо получения сигнала суммарной\разностной частоты необходимо получить усиление, используются как различные составные схемы из нескольких нелинейных элементов (ячейки Джилберта [4], диодный мост [5], токовое зеркало [6]), так и единичные транзисторы, как полевые, так и биполярные (рис. 4.)

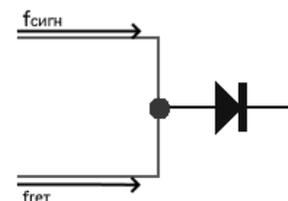
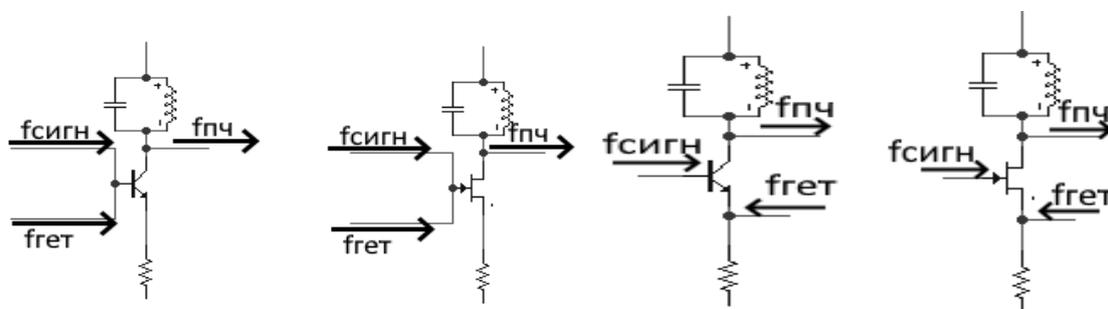


Рис. 3. Аддитивное смешивание на диоде



а) аддитивное смешивание на биполярном транзисторе

б) аддитивное смешивание на полевом транзисторе

в) мультипликативное смешивание на биполярном транзисторе

г) мультипликативное смешивание на полевом транзисторе

Рис. 4. Различные виды транзисторных смесителей

В спектре выходного сигнала рассмотренных ранее схем, помимо частоты полезного сигнала, присутствуют интермодуляционные искажения порядков выше второго. Для уменьшения уровня этих искажений используется, например, балансная схема (рис. 5.)

При использовании балансной схемы, токи гетеродина при прохождении по обмоткам входного и выходного

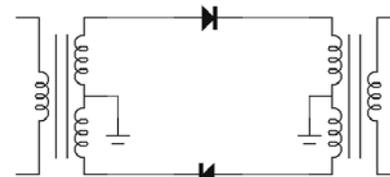


Рис. 5. Балансный смеситель

трансформаторов оказываются противофазны, что позволяет подавить нечётные гармоники в выходном колебании.

Использование двойного балансного смесителя (рис. 6) позволяет дополнительно компенсировать комбинационные продукты чётного порядка и существенно увеличить линейность преобразования. Однако, использование трансформаторов усложняет топологию структуры в интегральном исполнении. Технологическая сложность трансформаторов ограничивает возможный диапазон рабочих частот схемы.

Стоит отметить, что несмотря на описанные недостатки, использование трансформаторов позволяет достичь высокой развязки портов смесителя.



Рис. 7. Схема с встречно-параллельным включением диодов

Ещё одним способом построения смесителей является использование встречно-параллельного включения диодов (рис. 7). Этот способ позволяет использовать гетеродин с частотой, равной половине необходимой.

На рис. 8 изображена схема, предложенная в [7]. Использование встречно параллельного включения полевых транзисторов позволяет добиться аналогичного результата с частотой гетеродина, и, более того, обеспечивает высокую развязку между цепями входного сигнала и сигнала гетеродина.

Рассмотренные выше варианты построения смесителей позволяют сделать вывод, что для успешного преобразования частоты достаточно любой нелинейности. Однако, характер нелинейности будет оказывать влияние на эффективность преобразования. У большинства нелинейных элементов вольтамперная характеристика имеет экспоненциальный характер, что приводит к наличию в выходном колебании интермодуляционных искажений порядка выше второго. Полевые структуры, вольтамперная характеристика которых близка к квадратичной, обладают меньшим уровнем искажений.

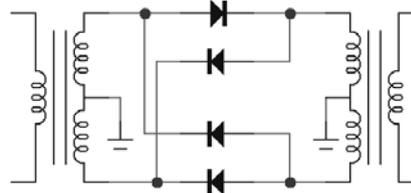


Рис. 6. Двойной балансный смеситель

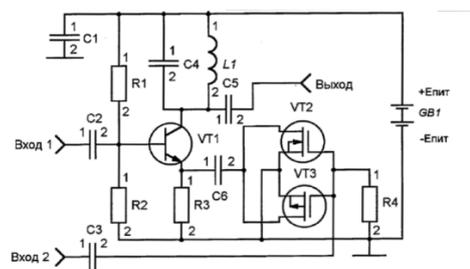


Рис. 8. Схема преобразователя, предложенная К. А. Забелиным

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 24375-80. Радиосвязь. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2018.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Том 2. 12-е изд. М. : Додэка-XXI, 2014. 944 с.

3. Савченко Е.М., Будяков А.С., Вагин А.В. Анализ основных направлений построения кремниевых интегральных СВЧ преобразователей частоты в монолитном исполнении // Материалы XVI координационного научно-технического семинара по СВЧ технике. Нижний Новгород, 2009.
4. Никитин Ю. А., Юрова В. А. Моделирование преобразователя частоты на ячейке Джилльберта // Труды учебных заведений связи. СПб. : СПбГУТ, 2016.
5. Шевляков М., Кондратенко А., Карев Е., Штраух А. Обзор схем диодных двойных балансных смесителей // Компоненты и технологии. 2009. № 1.
6. Никитин Ю. А., Юрова В. А. Компьютерное моделирование перемножителей (смесителей) частоты в среде MICRO-CAP версий 9-11 // АПИНО-2017. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст.: в 4-х томах. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 3. С. 468–472.
7. Забелин К. А. Смеситель частот. Пат. № 2266610 Российская Федерация. 2005. Бюл. № 35.

УДК 621.372.01
ГРНТИ 47.47

АНАЛИЗ СТРУКТУР КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ НА ОСНОВЕ НАКАПЛИВАЮЩЕГО СУММАТОРА И ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ДРОБНО-ПЕРЕМЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ДЕЛЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО УСТРОЙСТВА ЗАДЕРЖКИ

Ю. А. Никитин, А. А. Синичкин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе построены модели и проанализированы различные способы построения конечного автомата (КА) на основе накапливающего сумматора и делителя частоты с дробно-переменным коэффициентом деления для управления УУЗ. Рассмотрены вопросы взаимодействия КА и УУЗ для минимизации уровня дискретных побочных спектральных составляющих на выходной частоте синтезатора с помощью управления временной задержкой в наносекундном диапазоне (интерполяции).

конечный автомат, накапливающий сумматор, делитель с дробно-переменным коэффициентом деления, управляемое устройство задержки.

Пассивный цифровой синтезатор (ПЦС) частот представляет собой цифровую электронную схему – конечный автомат (КА), которая формирует колебание в относительно низкочастотном диапазоне из одного опорного высокочастотного колебания [2].

Однако, в чисто цифровых синтезаторах присутствует достаточно высокий остаточный уровень дискретных побочных спектральных составляющих (ДПСС) (рис. 2, рис. 6). Для уменьшения уровня ДПСС на выходе КА используют управляемые устройства задержки (УУЗ), способные уменьшить ошибку воспроизведения импульсов требуемой частоты [1].

Для построения пассивного цифрового синтезатора широко используются накапливающие сумматоры (рис. 1) и счётчики импульсов (СИ), включающие в себя поглотитель импульсов (ПИ). Реализация СИ с переменным коэффициентом пересчёта называется делителем частоты с дробно-переменным коэффициентом деления.

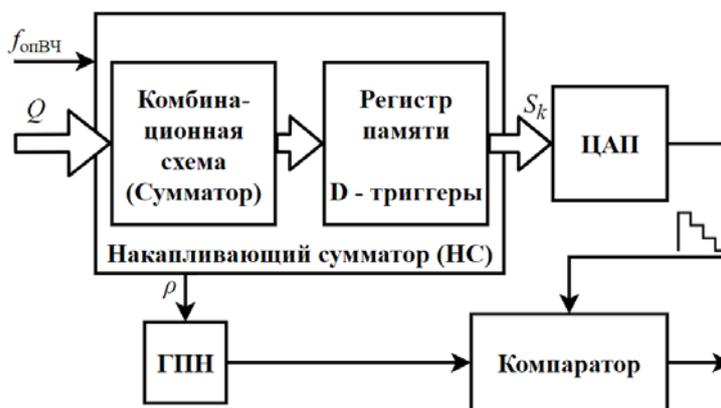


Рис. 1. Структурная схема модифицированного конечного автомата, построенного на накапливающем сумматоре

Выходная частота формируется по формуле (1):

$$f_{\text{выхНЧ}} = f_{\text{опвч}} \frac{Q}{P} = QF_s, \quad (1)$$

где P – ёмкость накапливающего сумматора, Q – код управления.

На вход накапливающего сумматора ёмкости P поступает код управления Q , тогда на его выходе формируется код текущей фазы S и импульс переполнения ρ . В свою очередь импульс ρ запускает генератор пилообразного напряжения выход которого поступает на вход компаратора, а код текущей фазы S преобразуется ЦАП в выходное напряжение и поступает на второй вход компаратора (табл.). На выходе компаратора формируется правильно расставленный импульс переполнения ρ , что способствует уменьшению ФФИМ (рис. 3).

ТАБЛИЦА. Работа модифицированного КА на основе НС

НС : $P = 16$; $Q = 3$																	
№ такта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Текущая сумма S_k	0	3	6	9	12	15	2	5	8	11	14	1	4	7	10	13	16
Сигнал перепол. ρ	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Ошибка	0						2					1					0
Требуемая задержка	1						$\frac{14}{16}$					$\frac{15}{16}$					0

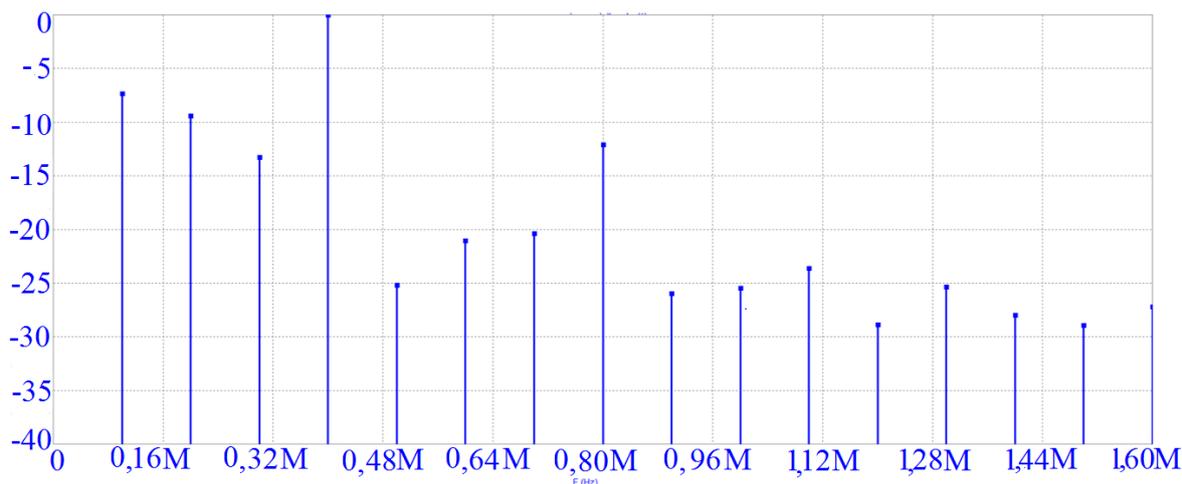


Рис. 2. Спектр выходного колебания цифровой части МКА с НС

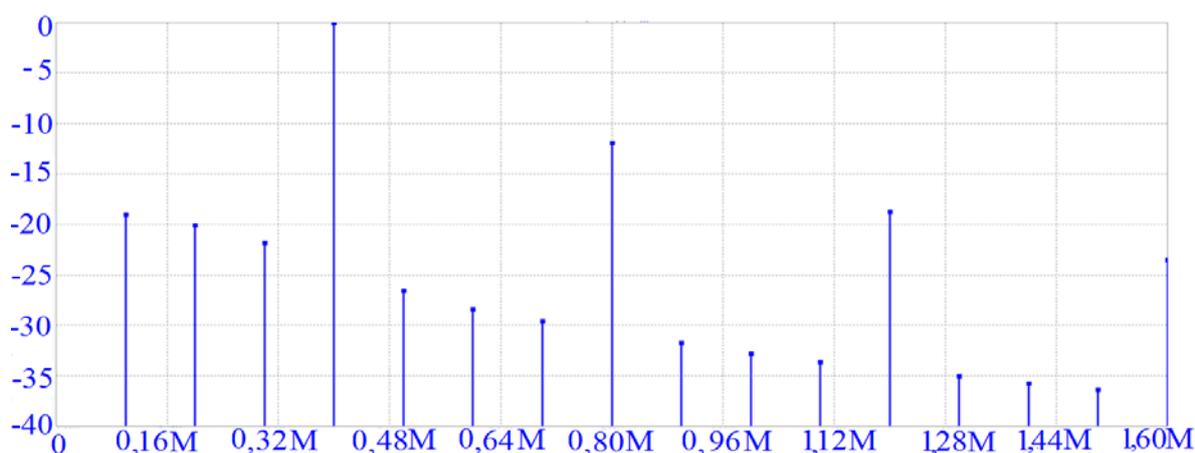


Рис. 3. Спектр выходного колебания, МКА на основе НС с УУЗ

Для дальнейшего уменьшения функциональной фазоимпульсной модуляции на выходе двухуровневого модифицированного конечного автомата, необходимо использовать МКА на основе делителя частоты с дробно-переменным коэффициентом деления (ДДПКД) с добавлением аналогового устройства УУЗ, целью которого является задержка импульса переполнения r_k до следующего ближайшего импульса.

Для решения поставленной задачи была смоделирована схема (рис. 4, рис. 5) подачи сигнала переполнения на основе пассивного синтезатора частоты с ДДПКД дополненное управляемым устройством задержки, схема построена на идеальных элементах. Реализация на текущем методе даёт возможность работать на высокой частоте, так как быстродействие конечного автомата определяется первым триггером в двоичном счётчике.

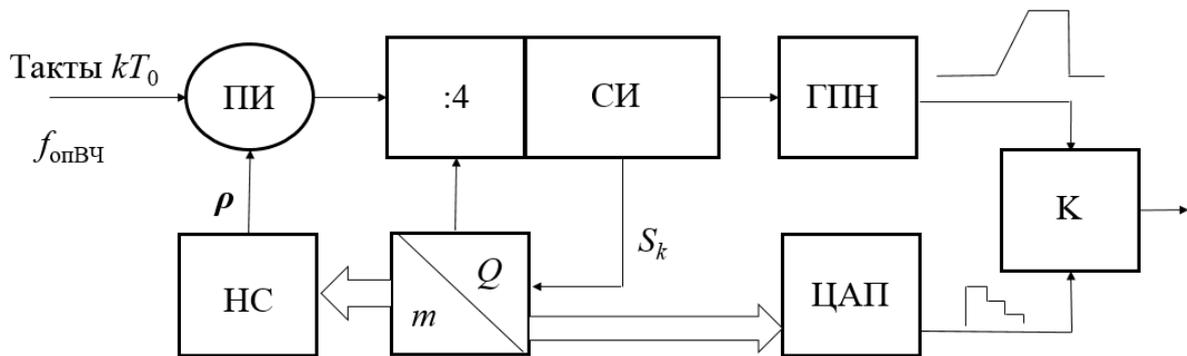


Рис. 4. Структурная схема синтезатора частоты построенного с делителем частоты с дробно–переменным коэффициентом деления на накапливающем сумматоре дополненное управляемым устройством задержки

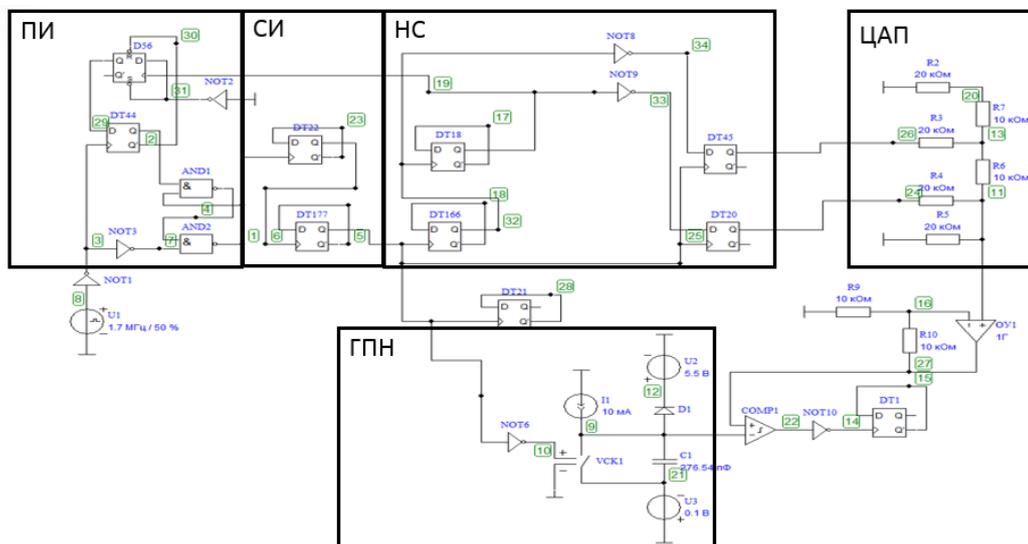


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема синтезатора частоты построенного с ДДПКД на накапливающем сумматоре дополненное управляемым устройством задержки

Анализ спектров выходного колебания модифицированного конечного автомата на основе ДДПКД показывает, что относительный уровень дискретных побочных составляющих без устройства задержки достаточно высок (рис. 6), и не позволяет использовать такие автоматы для синтеза спектрально чистых колебаний. Поэтому актуально использовать модифицированный конечный автомат, дополненный аналоговым управляемым устройством задержки (рис. 7), которое позволило уменьшить ошибку воспроизведения колебаний требуемой частоты $f_{\text{выхНЧ}}$.

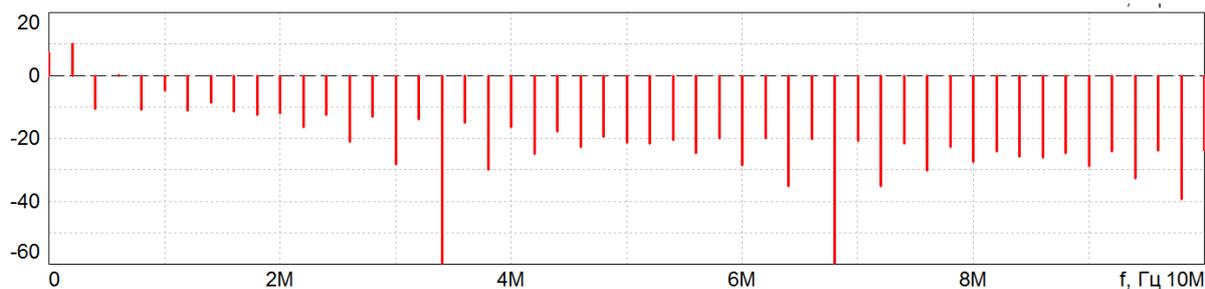


Рис. 6. Спектр выходного колебания чисто цифровой структуры на основе ДДПКД

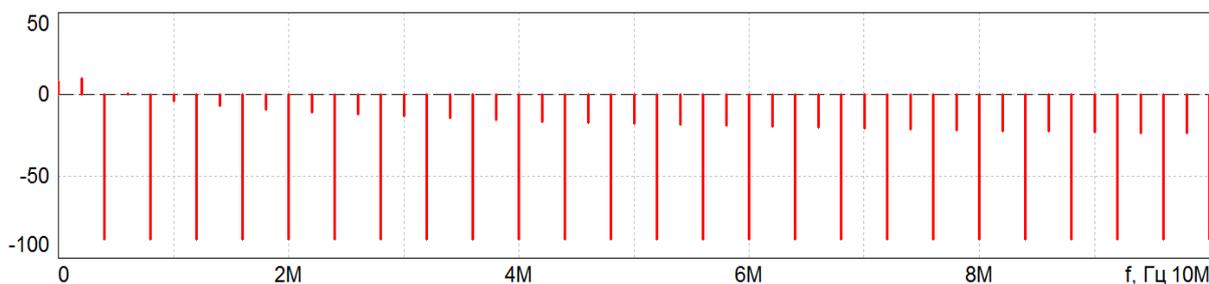


Рис. 7. Спектр выходного колебания ДДПКД с УУЗ

Вывод

Главное преимущество предложенного схемотехнического решения в том, что при добавлении в цифровую структуру КА аналоговое УУЗ формируется новый сигнал переполнения, сдвинутый на необходимый промежуток, который способствует уменьшению уровня побочных спектральных составляющих возле несущей частоты. Реализация МКА на основе ДДПКД с УУЗ помогла уменьшить ошибку воспроизведения колебаний требуемой частоты $f_{\text{выхнч}}$ на 80 дБ. Это решение позволит синтезировать частоту, где требуется использовать малый шаг сетки частот с низким уровнем побочных спектральных составляющих в выходном сигнале.

Реальный выигрыш МКА с УУЗ по сравнению ПАС будет ограничен рядом факторов, связанных с нелинейностью генератора пилообразного напряжения, конечным быстродействием компаратора и точностью цифроаналогово преобразователя.

Список используемых источников:

1. Никитин Ю. А. Цифроаналоговый синтез частот. Теория и схемотехника: монография. СПб. : СПбГУТ, 2018. 367 с.
2. Шапиро Д. Н., Паин А. А. Основы теории синтеза частот. М. : Радио и связь, 1981. 264 с.

УДК 621.3, 621.316.728
ГРНТИ 47.14.07, 47.14.17, 47.14.23

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОСТРОЕНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ С НИЗКИМ УРОВНЕМ ШУМА ДЛЯ АВТОГЕНЕРАТОРОВ

Ю. А. Никитин, В. А. Юрова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Проблема шумов является актуальной для современной электронной техники различного назначения и, особенно существенной она становится при разработке и проектировании синтезаторной и измерительной техники. Проведен анализ путей построения малошумящих усилителей для автогенераторов, используемых в синтезаторной и медицинской электронике, рассмотрены типы частотно-корректирующих цепей, дающих наилучший результат по подавлению шума в усилительных устройствах.

усилитель, шум, режим работы электрической схемы, компьютерное моделирование, электроника, полупроводник, синтезатор частот/

Проблема шумов является актуальной для современной электронной техники различного назначения. Особенно существенным их наличие становится для синтезаторной, измерительной и высокоточной электронной, а также для медицинской техники.

Уровень шума определяет минимальный предел при измерении сигналов (чувствительность приборов электронной техники) [1, 2, 3]. Поэтому основной задачей при проектировании таких устройств является максимизация величины отношения сигнал/шум, что определяет предел точности измерений.

Основным параметром для оценки уровня шумов является величина фазового шума в электронном устройстве. На рис. 1 показано распределение фазовых шумов $\varepsilon(t)$ в спектре выходного колебания прецизионного синтезированного генератора N5183A компании Agilent. На рис. 2 приведено распределение амплитудных шумов $\mu(t)$ того же генератора.

По определению международного Института Радиоинженеров (IEEE) уровень фазовых ПСС (уровень фазового шума) в одной боковой полосе L_φ принято описывать относительным (относительно полной мощности) уровнем спектральной плотности мощности (СПМ) фазового шума $S_\varphi = 2L_\varphi$. СПМ фазового шума определяют на выбранной частоте отстройки (анализа) Δf от несущего колебания f_0 , пересчитывают к полосе анализа 1 Гц и относят к полной мощности колебания [2]. Относительный уровень ПСС (L_φ) обычно соотносят с уровнем выходного (несущего или *carrier*) колебания

в логарифмическом масштабе ([дБн] или [dBc]) и представляют в виде графиков ($L_{\varphi} = S_{\varphi} - 6$ дБ) дБн/Гц.

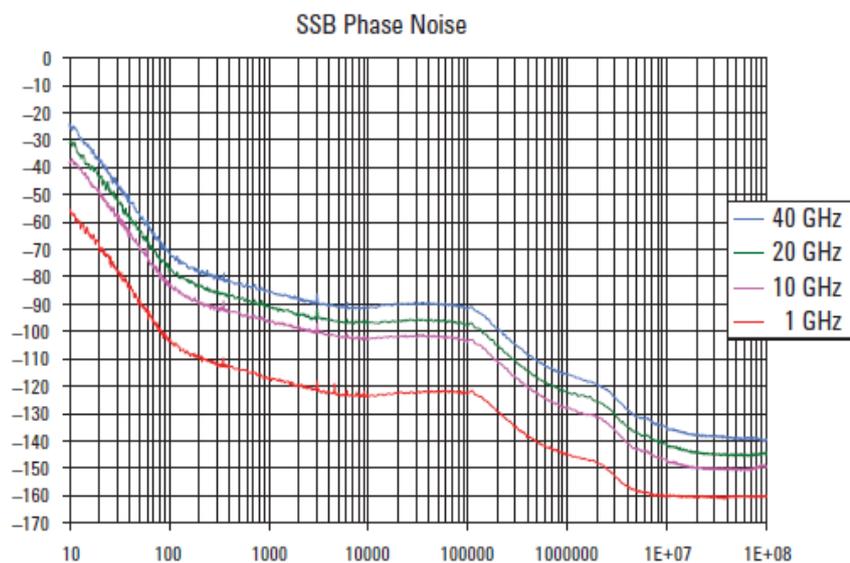


Рис. 1. Распределение фазовых шумов в спектре выходного колебания в зависимости от выходной частоты и отстройки от несущей генератора N5183A

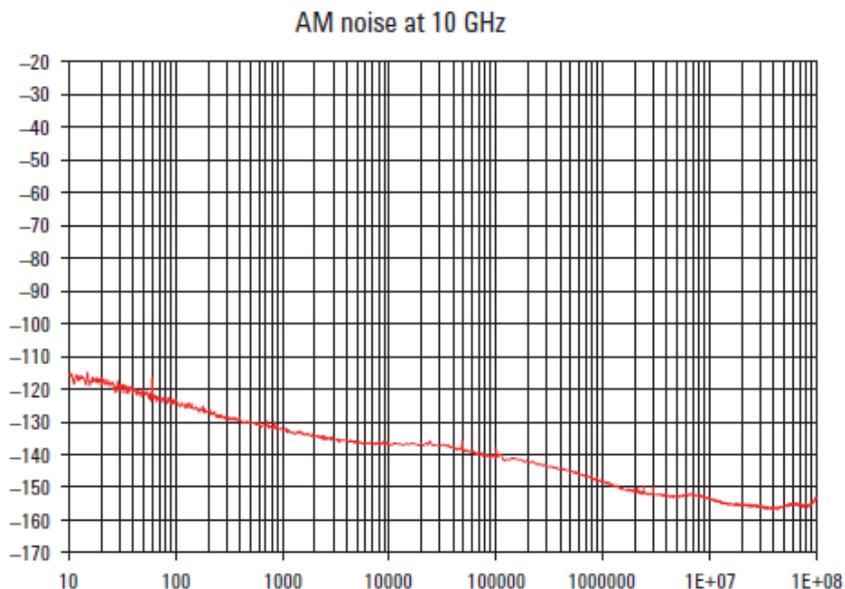


Рис. 2. Распределение амплитудных шумов в спектре выходного колебания частоты 10 ГГц в зависимости от отстройки от несущей генератора N5183A

В зависимости от диапазона частот, в котором будет использоваться проектируемый полупроводниковый прибор или устройство, дополнительный вклад в величину фазового шума могут вносить фликкерные источники шума и/или нелинейность усилительных элементов, а также модуляция коэффициента усиления как функция от частоты сигнала [2, 3].

Целью работы являлось проведение анализа путей построения усилительных устройств для полупроводниковой электроники с низкими уровнями шумов, выбор типов частотно-формирующих цепей, дающих наилучший результат по подавлению шума в усилительных частях проектируемого устройства.

Для этого был проведен анализ результатов научно-исследовательских работ по теме, представленных в литературе и периодических научных изданиях. Рассмотрены и сопоставлены различные способы решения, выбран оптимальный путь для дальнейшего исследования.

Анализ работы усилителей показывает, что в области высоких частот источником фазовых шумов являются тепловые (шумы Найквиста) и дробовые шумы, которые связаны с хаотичными тепловыми движениями носителей заряда в материалах и через электронно-дырочные переходы, а также сопровождающие их генерационно-рекомбинационные процессы.

В области нижних частот (меньших нескольких десятков килогерц) дополнительный вклад дают источники фликкер-шума, который предположительно связан с наличием дефектов кристаллической решетки материалов и примесных центров в проводящем канале. Они представляют собой энергетические ловушки для захвата носителей заряда. Фликкер-шум характеризуется зависимостью от частоты как $1/f$ [2, 4], поэтому эта составляющая шума имеет спектральную плотность мощности, которая характеризуется постоянством в области нижних частот и быстро убывает выше некоторой переходной частоты, являющейся характеристикой конкретного источника шума. В результате их проявления наблюдается нелинейность работы усилительных узлов устройств и модуляция их коэффициентов усиления.

Для большинства методов исследования или воздействия на некоторый материал или вещество используется источник сигнала, который представляет собой автогенератор, т.е. усилитель, охваченный положительной обратной связью. Типовая структурная схема автогенератора с цепью обратной связи представлена на рис. 3, А. Обратная связь, как правило, реализуется в виде избирательной пассивной цепи (резонатора) которая определяет частоту автоколебаний, а активный элемент компенсирует потери в резонаторе и обеспечивает возбуждение автоколебаний.

Колебания возникают из-за воздействия собственных шумов, существующих в компонентах автогенератора и проявляющихся непосредственно или косвенно в спектре выходного сигнала. В первом случае это связано с собственными шумами активных элементов в области высоких частот или флуктуации резонансной частоты.

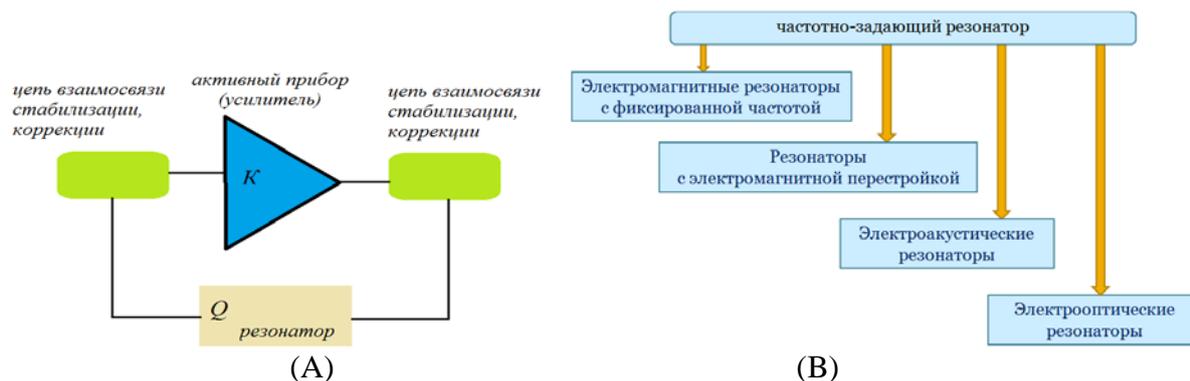


Рис. 3. (А) – типовая блок-схема структуры автогенератора с замкнутой петлей обратной связи; (В) – основные виды высокодобротных резонаторов

Чтобы обеспечить нарастание амплитуды колебания на выходе активного прибора, его малосигнальное усиление должно быть больше, чем потери в резонаторе. Получаем, что для стабилизации выходной мощности на определенном уровне необходимо введение некоторого механизма ограничения, например, путем ограничения коэффициента усиления с ростом входного сигнала. Частота автоколебаний при этом будет определяться селективными свойствами резонатора и фазовыми соотношениями в кольце обратной связи автогенератора. Исходя из анализа природы фазового шума и характера зависимости его спектральной плотности мощности от частоты, можно сделать вывод, что основными путями уменьшения влияния фазового шума на спектр выходного колебания являются:

Способ 1: использование активных элементов с низким уровнем фликкерных шумов.

Способ 2: выбор высокодобротных резонаторов.

Способ 3: Особые схемотехнические решения по стабилизации коэффициента усиления в рабочем диапазоне частот.

Способ 4: Обеспечению наивысшей точки однодецибелльной компрессии по выходу.

Способ 5: компромиссный подбор механизма связи усилителя с резонатором с учетом того, что это две взаимозависимые электрические цепи, которые характеризуются собственным импедансом.

Основа любого активного устройства, в том числе усилителя – полевые или биполярные транзисторы. Их назначением является компенсация потерь в резонаторе и обеспечение возбуждения автоколебаний необходимой частоты и амплитуды колебания. К основным требованиям, предъявляемым к активным элементам, относят обеспечение заданного коэффициента усиления, максимальная собственная частота генерации, требуемая выходная мощность, допустимый уровень собственных шумов. Наибольшее распространение получили транзисторные структуры на основе кремния (Si), арсенид-галлия (GaAs), нитрида галлия (GaN) и кремний-германиевых соединений (SiGe).

Структуры Si характеризуются отработанной технологией производства в широком диапазоне частот вплоть до 20 ГГц. Транзисторные структуры на основе полупроводников A_3B_5 (GaAs и GaN) характеризуются высоким быстродействием за счет высокой подвижности электронов, рабочий диапазон частот автогенераторов на их основе достигает значений 100 ГГц и более. Существенным недостатком автогенераторов на полупроводниках A_3B_5 является широкий диапазон низкочастотных фликкер-шумов, превышающей значение для Si структур, что делает невозможным их использование в малошумящих генераторах.

Экспериментальные данные показывают, что перспективными в качестве основы для построения активных приборов автогенераторов с ультранизкими уровнями фазовых шумов в диапазоне частот до десятков ГГц являются SiGe структуры. Значительное влияние на уровень фазовых шумов оказывает частотно-задающий резонатор, он также определяет перестроечные характеристики автогенератора (рис. 3, В).

Результаты анализа свойств резонаторов и их компьютерного моделирования показывают, что оптимальным соотношением «добротность-частотный диапазон» обладают электроакустические резонаторы на кремнии с использованием интегральной технологии производства. Чтобы максимально стабилизировать схему индивидуально под задачу с учетом особенностей топологии подбирается оптимальный механизм связи, исходя из противоречивых условий увеличения добротности резонатора и минимизацией коэффициента теплового шума с компенсацией общих потерь в резонаторе.

Таким образом, проведено исследование возможных путей проектирования схем усилителей с частотно-формирующим контуром для автогенератора с низким уровнем шумов. Оптимальное соотношение «низкий уровень шума-частотный диапазон» обеспечивают Si или SiGe транзисторы с использованием квазилинейного режима работы. Электроакустические резонаторы на Si позволят выполнить схему автогенератора практически полностью по интегральной технологии производства при обеспечении оптимального соотношения добротность – частотный диапазон. Для дополнительной стабилизации работы схемы автогенератора и лучшего согласования усилителя и резонатора вводятся ограничители на входе и/или выходе схемы, а также охватывают автогенератор кольцом импульсно-фазовой автоподстройки (ИФАП) [5].

Список используемых источников

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. В 2-х т. пер. с немецкого. М. : «Додэка – XXI», 2008. Т. 1. 832 с.
2. Ван дер Зил А. Шумы при измерениях / Пер.с англ. под ред. А. К. Нарышкина. М. : Мир, 1979. 293 с.

3. Ван дер Зил А. Шум. Источники, описание, измерение / Пер. с англ. под ред. А. К. Нарышкина. М. : Советское радио, 1973. 228 с.
4. Ченакин А. Фазовые шумы в СВЧ-генераторах. Методы решения проблемы // Электроника: НТБ. 2011. № 4. С. 52–61.
5. Никитин Ю. А. Цифроаналоговый синтез частот. Теория и схемотехника: монография. СПб. : Изд-во СПбГУТ. 2018. 367 с.

УДК 53.043, 372.862, 372.853, 004.416.3
ГРНТИ 14.35.09, 14.85.35, 50.41.29

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОСТРОЕНИЯ УЧЕБНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ПРАКТИКУМА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ АУДИОМЕТРИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

К. А. Путков, А. Д. Шматко, В. А. Юрова

Северо-западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова

Развитие программного обеспечения расширяет возможности учебного процесса, создавая возможности к применению теоретических основ базовых дисциплин к формированию практических навыков для будущей специализации. В работе проведен анализ возможностей создания виртуального практикума с использованием основ аудиометрии, по итогам которого разработан симуляционный комплекс по исследованию и оценке слухового ощущения, производится наработка для создания виртуального практикума по оценке состояния дыхательной системы.

программное обеспечение, учебный процесс, адаптивность учебного процесса, информационные технологии, виртуальный практикум, аудиометрия.

В процессе организации учебного процесса по дисциплине «медицинская физика» существует необходимость подведения физических основ к особенностям строения живых организмов и систем, их функционирования и специфике процессов, которые в них происходят. Такая взаимосвязь между научными областями знаний позволяет подготовить базу и способствует развитию мышления обучающегося для проектирования различных устройств и приборов обследования и диагностики заболеваний и работы с ними в современной медицине [1, 2]. Переход на использование компьютерных технологий и цифровой техники расширяет возможности лабораторной базы, делая процессы обучения более наглядными и связанными с отработкой навыков и знаний для дальнейшей работы специалиста. Также

создание виртуальных практикумов и лабораторных работы дает возможность обеспечить широкий комплекс работ с лабораторным оборудованием, уменьшая затраты учебного учреждения на закупку приборов, их настройку, ремонт и модернизацию.

Целью работы являлось проведение анализа физических принципов аудиометрии, используемых в диагностической медицинской технике, проведение анализа основных акустических моделей слуха и возможностей программной реализации по созданию учебной виртуальной практики по измерению базовых показателей слухового ощущения. В основу для разработки виртуальной практики по курсу медицинская физика была заложена концепция аудиометрии, используемой при оценке слухового ощущения в ходе проведения диспансеризации населения и профессиональных осмотров [3]. В оториноларингологии актуальным является развитие методов и приборов аудиометрии, компетентность специалистов, применяющих их в своей практике, что связано с уменьшением рисков развития тяжелой степени глухоты благодаря своевременной и грамотной диагностике, профилактике и лечению. Возможности современной техники позволяют реализовать такой практикум с использованием виртуальных приборов и средств, не требующим в процессе использования постоянных настроек и отладок в процессе использования. Развитие программно-аппаратных средств и мультимедиа дает возможность достаточно реалистично воспроизводить приборные панели измерительных стендов и моделировать различные физические и электрические процессы. Для реализации проекта была выбрана программная среда компьютерного моделирования «LabVIEW» [4], которая использует язык графического программирования, что позволяет без специальных навыков в области программирования создавать электрические схемы с различными измерительными устройствами различной сложности. Также программа характеризуется возможностями подключения внешних устройств с целью расширения возможностей проектируемого виртуального практикума. Так при подключении наушников или микрофона через звуковую карту, установленную в системном блоке на компьютерном рабочем месте, есть возможность обучающимся непосредственно участвовать в процессе измерения и даже создавать собственную базу для исследований. Таким образом, виртуальная среда позволяет создать макет лабораторной работы по исследованию чувствительности слуха к звукам различной частоты, имитируя работу реального устройства, называемого аудиометром, при этом полностью выполняя его функции.

Блок-схема типовой конструкции измерительного устройства, используемого в аудиометрии, представлена на рис. 1 и состоит из генератора электрических колебаний, который создает звуковой тональный, речевой или шумоподобный сигнал в зависимости от вида исследования с частотой звукового диапазона (от 20 Гц до 20 кГц). Этот сигнал формируется за счет

энергии источника питания. При этом звуковые сигналы, воспроизводимые виртуальным генератором, должны регулироваться по амплитуде, частоте и времени воздействия как бы моделируя различные условия, с которыми могут быть связаны условия жизни и работы, влияние которых на слуховое восприятие исследуется. По результатам слухового восприятия звукового сигнала (например, поступающего в наушники или динамики) происходит формирование точки измерения на аудиограмме, которая воспроизводится в компьютерной среде на виртуальном осциллографе. По результатам серии измерений слухового восприятия автоматически или самими обучающимися строится кривая, отражающая зависимость звуковосприятия от параметров звукового сигнала (интенсивности и частоты звука).

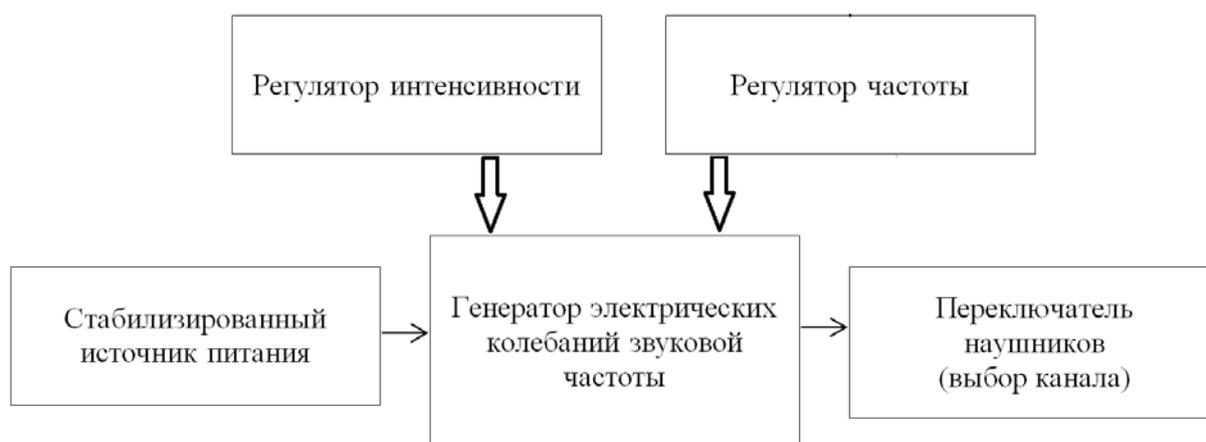


Рис. 1. Типовая структура аудиометра, используемая в качестве основы для создания виртуального практикума

При выполнении работы обучающиеся могут разделить по ролям «врач» – «пациент» и поочередно производить исследования, измеряя различные аудиометрические параметры, анализируя получаемые данные. По результатам выполненной работы обучающиеся смогут достаточно точно определить особенности звуковосприятия и сформулировать выводы о состоянии органов слуха человека с учетом возможностей современной аудиометрии. Если по мере выполнения работы с помощью виртуального практикума создать электронную базу аудиограмм, то представляется возможным расширение исследовательских функций комплекса, с помощью которых можно проводить построение аудиограмм для формирования в процессе обучения устойчивого навыка специалистов и анализ для оценки влияния различных факторов окружающей среды на слуховое ощущение с использованием различных алгоритмов обработки данных таких как преобразования Габора, спектральный или виброакустический анализ, вейвлет-анализ и т. п.

Также в программной среде «LabVIEW» при добавлении ряда функциональных узлов и установки в качестве источника сигнала звукового приемника возможно реализовать виртуальный практикум по оценке состояния дыхательной системы с использованием аудиометрии. Виртуальное измерительное оборудование состоит из звукового приемника, к которому подключен микрофон или фонендоскоп, схема аналого-цифрового преобразователя (рис. 2). Приемник, принимая поступающий на него сигнал, передает его на виртуальное оборудование, где идет одновременно запись сигнала на жесткий диск и формируется спектральный анализ, спектрограмма и анализ дыхательных параметров.



Рис. 2. Структура схема аудиометра, используемого в качестве основы для создания виртуального практикума по определению параметров дыхательной системы

Таким образом, в ходе проведенного анализа путей создания виртуального практикума с использованием методов аудиометрии получили, что в программной среде можно создать простую модель аудиометра, с помощью которого обучающиеся смогут определять уровень чувствительности слуха к сигналам звукового диапазона частот различной амплитуды и природы. Также есть предпосылки для создания базы для проведения небольших научно-исследовательских проектов студентов младших курсов по изучению аудиограмм с использованием различных видов источников звукового сигнала и шумов и анализа полученных результатов. Предложенное симуляционное обучение позволяет как сформировать требуемые для будущей профессии компетенции, так и обеспечивает возможность многократного повторения манипуляций на приборах виртуальной среды, шкал и тумблерах, идентичных реальным измерительным устройствам. В настоящее время также производится разработка по созданию виртуального практикума по определению параметров дыхательной системы и внедрению в учебный процесс.

Список используемых источников

1. Селевко Г. К. Современные образовательные технологии: учебное пособие. М. : Народное образование, 1998. 256 с.
2. Петренко Ю. Нужна ли физика врачу? // Наука и жизнь. 2003. № 5. С. 32–35.
3. Информационные материалы проекта «Аудиология» [Электронный ресурс]. URL: <http://pro-audiologia.ru/categories/audiology>.
4. Информационные материалы [Электронный ресурс]. URL: <http://ni.com/labview>.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ФОРМЕ СПИРАЛИ БЕРНУЛЛИ

А. М. Рожков, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена исследованию излучателя над проводящей поверхностью в форме спирали Бернулли. Основной целью работы является исследование характеристик данной структуры в диапазоне частот 2–4 ГГц. Приведены результаты моделирования и эксперимента.

спиральные антенны, спираль Бернулли, золотая спираль, широкополосные излучатели, проводящая поверхность.

В настоящее время большой популярностью пользуются широкополосные антенны, спиральные антенны в этой области превосходят все остальные.

Огромное количество работ посвящено исследованию спиральных антенн, в том числе работы по исследованию этих структур проводились и в стенах нашего университета [1, 2, 3, 4, 5]. Большой популярностью пользуются спирали Архимеда, благодаря своей простоте.

В данной работе сравниваются спирали Архимеда и спирали Бернулли. Основная часть работы посвящена последним. Строго говоря, для исследования предложен частный случай спирали Бернулли – золотая спираль (также известная как спираль Дюрера и спираль Фибоначчи).

В параметрической форме спираль Архимеда можно представить так:

$$x_{Арх}(t) = \frac{a_{Арх}}{2\pi} \cdot t \cdot \cos(t), y_{Арх}(t) = \frac{a_{Арх}}{2\pi} \cdot t \cdot \sin(t),$$

где $a_{Арх}$ – шаг спирали, t – угол.

Для золотой спирали:

$$x_{Бер}(t) = a_{Бер} \cdot \varphi^{\frac{2t}{\pi}} \cdot \cos(t), y_{Бер}(t) = a_{Бер} \cdot \varphi^{\frac{2t}{\pi}} \cdot \sin(t), \varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618,$$

где $a_{Бер}$ – произвольная положительная вещественная константа, t – угол, φ – золотое сечение.

Для более корректного сравнения приведем обе эти структуры к одному размеру. Как показали расчеты, для трехвитковых спиралей $a_{\text{Бер}} \approx 0,01a_{\text{Арх}}$. На рис. 1 показаны спирали с учетом пропорциональности коэффициентов.

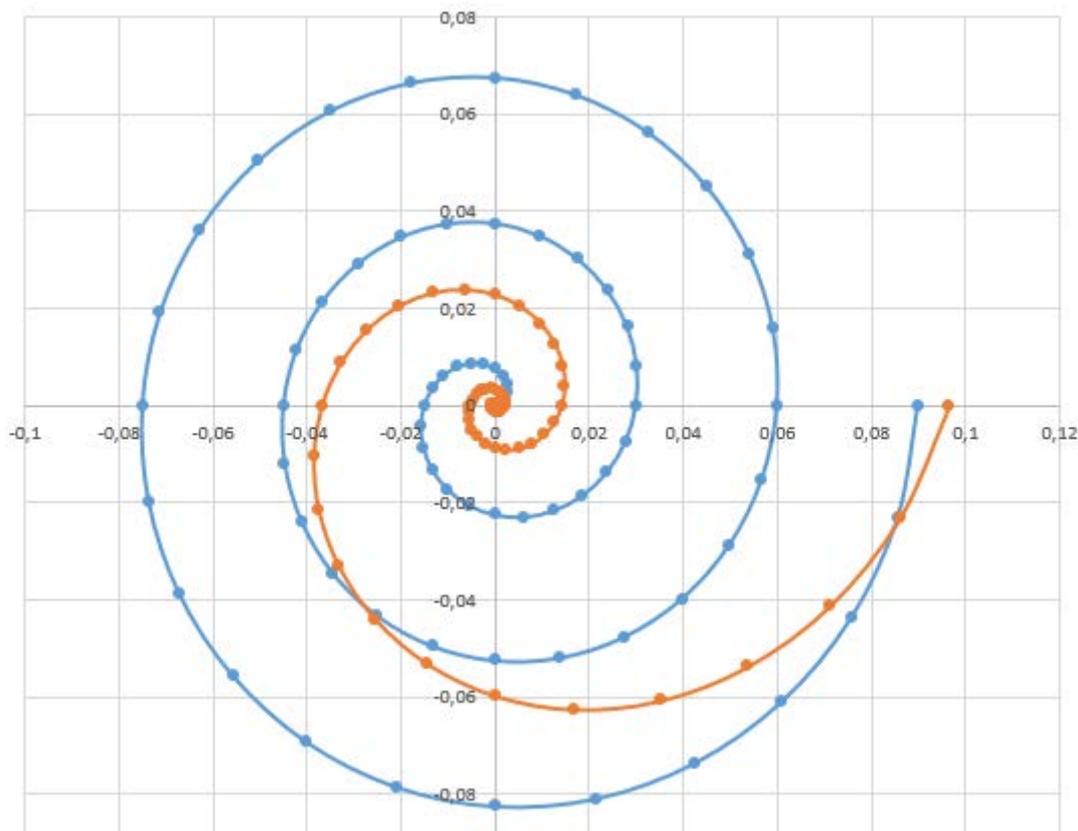


Рис. 1. Спирали Архимеда и Бернулли, приведенные к одному размеру

Проведем моделирование данных спиралей с помощью программы MANNA-GAL. Отметим, что данные спирали исследуются над проводящей поверхностью, плоскость спирали ортогональна ей. На рис. 2 представлены полученные характеристики КСВН спиралей в диапазоне 2–12 ГГц при согласовании с линией сопротивлением 100 Ом.

Как можно видеть, КСВН для спирали Бернулли возрастает более линейно. Диапазоны рабочих частот рассматриваемых спиралей примерно одинаковы. В диапазоне 2...4 ГГц КСВН спирали Архимеда меньше 1,8, а для спирали Бернулли порядка 2, в диапазоне 2...10 ГГц $\text{КСВН} \leq 2,5$ для обеих структур.

Таким образом, можно заключить, что КСВН спирали Бернулли имеет свои преимущества лишь в той части, что меняется линейно.

В связи с тем, что моделирование трехвитковой спирали Бернулли требует высокой технологичности (либо большие размеры внешнего витка,

либо микроскопичность центра спирали), было принято решение рассмотреть двухвитковую спираль.

На рис. 3 показана модель установки для измерения КСВН предложенной структуры. Как видно из рисунка, установка состоит из металлического листа (экрана) и спиральной структуры из медной проволоки [6, 7]. Питание осуществляется с помощью тракта 50 Ом.

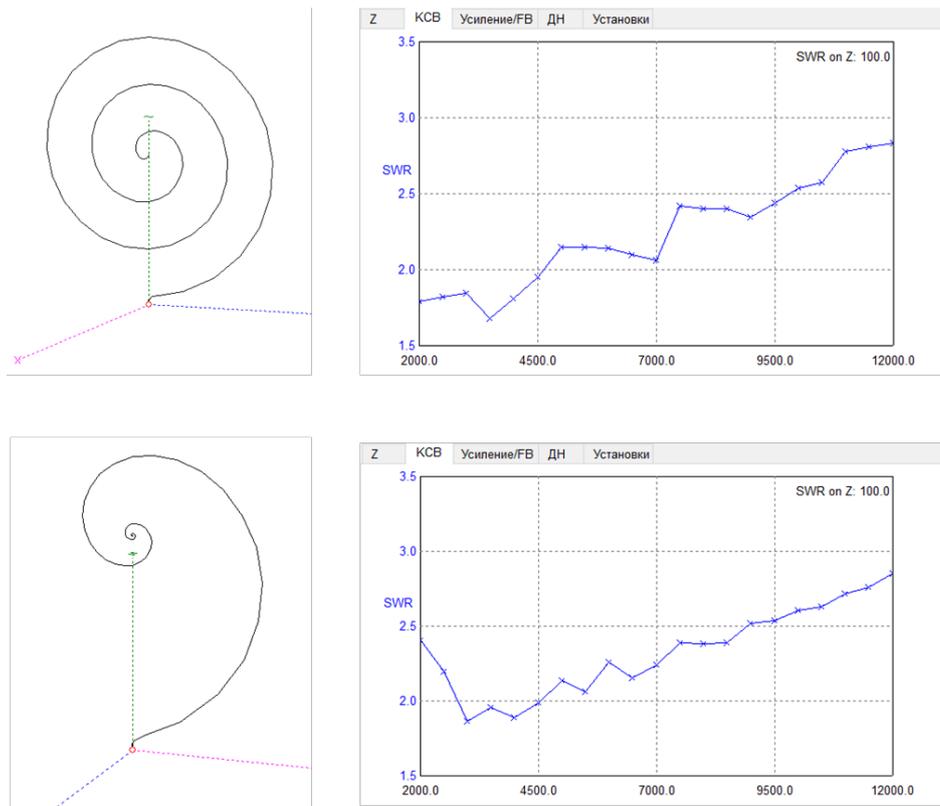


Рис. 2. Характеристика КСВН для спиралей Архимеда и Бернулли



Рис. 3. Модель установки

Рассмотрим двухвитковые спирали Бернулли с различным углом атаки: 0,5; 0,33; 0,25 (коэффициент $a_{\text{Бер}}$). Произведем расчеты в программе и проведем эксперимент в диапазоне частот 2–4 ГГц. Как можно видеть на рис. 4, результаты эксперимента практически совпадают с результатами моделирования. Стоит также отметить, что данные структуры имеют слабовыраженную направленность вверх. Напомним, что сопротивление тракта 50 Ом, поэтому среднее значение КСВН равно четырем.

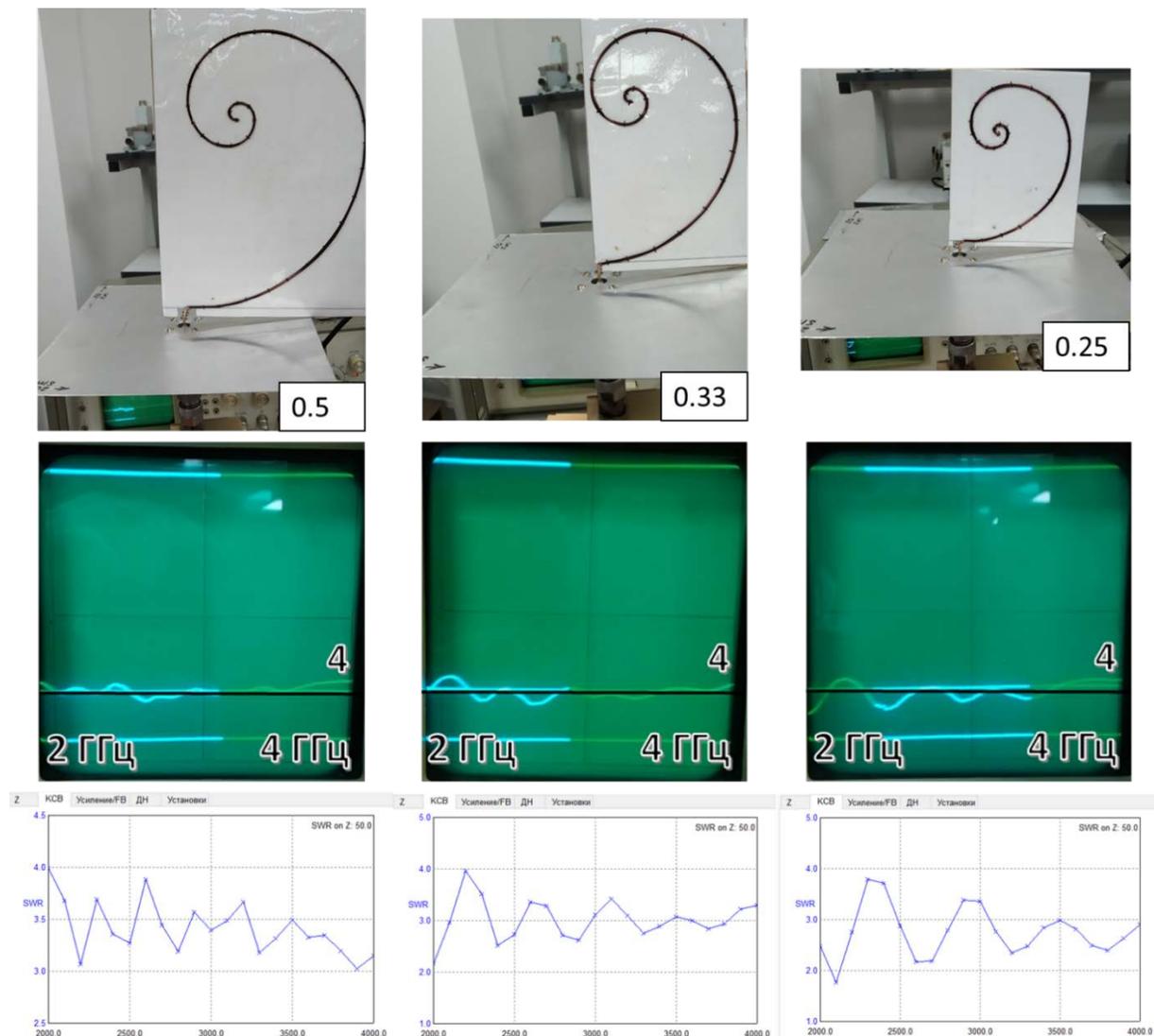


Рис. 4. Результаты эксперимента и математического моделирования для спиралей Бернулли с масштабом 0,5; 0,33 и 0,25

Анализируя полученные результаты можно сказать, что уменьшение коэффициента $a_{\text{Бер}}$ делает характеристику более равномерной (пульсации КСВН становятся реже). В заданном диапазоне наиболее равномерной характеристикой обладает спираль с $a_{\text{Бер}} = 0,25$.

Рассмотрим эти же структуры в более широком диапазоне частот (2–12 ГГц) с согласованием на 100 Ом (рис. 5).

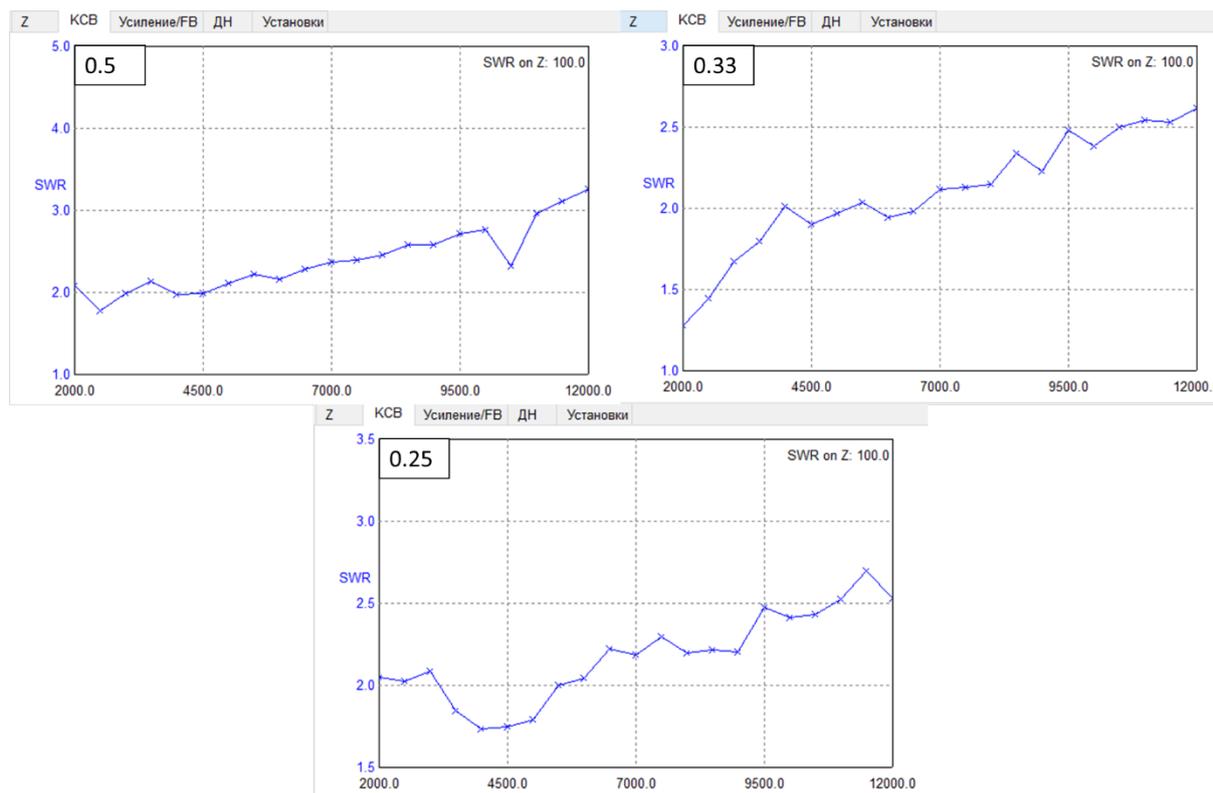


Рис. 5. Расчетный графики КСВН для спиралей с различным $a_{\text{Бер}}$

В широком диапазоне становится очевидно, что спирали с $a_{\text{Бер}} = 0,33$ и $a_{\text{Бер}} = 0,25$ имеют выигрыш по КСВН. Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная структура является рабочей и при должном согласовании имеет хороший КСВН в широком диапазоне частот. Также во время эксперимента отмечено, что данная структура имеет слабовыраженную направленность вверх.

В результате моделирования также видно, что с уменьшением $a_{\text{Бер}}$ КСВН моделей на верхних частотах превосходит КСВН моделей с большим $a_{\text{Бер}}$.

Круговая диаграмма направленности позволяет предположить, что спираль Бернулли может выступать в качестве альтернативы штыревым антеннам в широком диапазоне частот.

Список используемых источников

1. Ветров В. В., Седышев Э. Ю. Усатова И. А. Расчет и анализ спиральных излучателей для ОИС СВЧ с линейным и логарифмическим подъемом токонесущей полосы // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб.: СПбГУТ, 2014. С. 554–559.

2. Ахметов Р. Р., Лужковская В. А., Седышев Э. Ю. Спирально-рупорная проводочная структура // VI Всероссийская конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ». СПб., 2018. Т. 1. С. 459–465

3. Ахметов Р. Р., Булатова И. А., Седышев Э. Ю. Анализ планарных арифметических однозаходных и двухзаходных спиральных антенн СВЧ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. С. 347–352.

4. Вяльшин Э. С., Седышев Э. Ю. Дуплет планарных спиральных антенн // VII Всероссийская научно-техническая конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ». СПб., 2019. Т. 1. С. 405–408.

5. Бочаров Е. И., Ермаков В. А., Глухов В. О., Михальчевский В. О., Седышев Э. Ю. Широкополосная слабонаправленная спиральная антенна // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2013.

6. Файт А. В., Седышев Э. Ю. Исследование спиральных антенн с помощью низкочастотной проволочной модели // Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». № 64 20–24 февраля 2012 г.: материалы. СПб. : Изд-во СПбГУТ, 2012. С. 377–379.

7. Лужковская В. А., Седышев Э. Ю. Моделирование и анализ проволочной структуры в качестве основы рупорной антенны в программе MMANA-GAL (BASIC) // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. С. 409–414.

УДК 621.372.413
ГРНТИ 47.45.99

ГЕНЕРАТОР НА КОЛЬЦЕВОМ РЕЗОНАТОРЕ В МИКРОПОЛОСКОВОМ ИСПОЛНЕНИИ

Н. Ю. Сазоненко, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматривается генератор на кольцевом эллиптическом резонаторе в микрополосковом исполнении, исследуется возможность получения высокостабильного СВЧ колебания на МПЛ с полупроводниковым диодом в качестве активного элемента. Представлены конструкции макетов высокостабильных генераторов нового типа на кольцевом эллиптическом резонаторе в микрополосковом исполнении и результаты эксперимента.

СВЧ, резонатор, кольцевой резонатор, микрополосковая линия, генератор СВЧ.

Существует большая потребность в высокостабильных генераторах СВЧ-диапазона, необходимых в телекоммуникационных, радиолокационных, навигационных и измерительных устройствах различного назначения.

В связи с этим ведется большое количество исследований и изысканий в этом направлении. В СВЧ-электронике традиционно используются генераторы на основе объемных структур. Развитие новых научных направлений и создание новых конформных высокочастотных СВЧ-резонаторов приводит к появлению новых конструкций высокостабильных генераторов. В свое время появление диэлектрических резонаторов позволило существенно снизить массогабаритные показатели генераторов СВЧ и повысить их надежность и стабильность, а, самое главное, расширить возможности их миниатюризации и повысить абсолютную стабильность генерации [1].

В некоторых работах 80-х годов прошлого столетия описываются генераторы на диэлектрических резонаторах, выполненные в форме диэлектрического кольца. В центре конструкции обычно устанавливался активный элемент [2]. Очевидно, что разработчики тех лет фактически «сжимали» обычный цилиндрический резонатор (резонатор стоячей волны) за счет введения материала с высоким значением диэлектрической проницаемости, уменьшая, таким образом, габарит устройства.

В данной работе рассматривается планарный генератор, выполненный на основе эллиптического кольцевого резонатора *бегущей волны* в микрополосковом исполнении (МПЛ). Устройства на планарных структурах представляют интерес, так как имеют малые габариты.

Планарный кольцевой резонатор на МПЛ (рис. 1) является структурой бегущей волны и превосходит параметры планарных резонаторов стоячей волны, так как в нем нет потерь энергии из-за переотражения волны [3, 4, 5, 6, 7, 8]. Эллиптические кольцевые резонаторы на МПЛ обладают очень высокой добротностью. Размер кольца и резонансная частота напрямую связаны друг с другом.

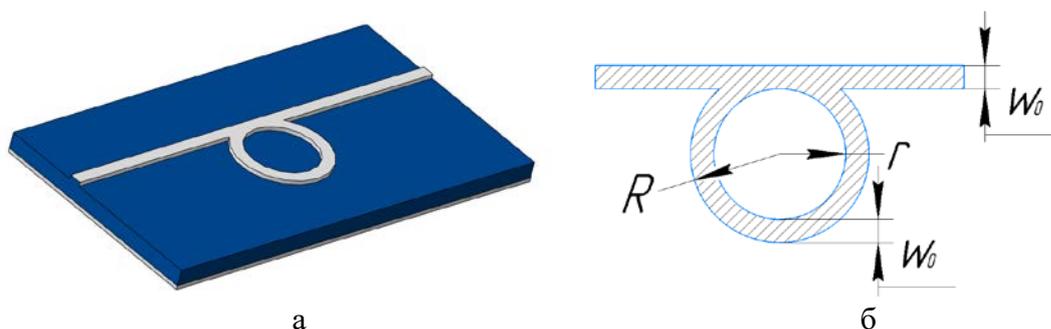


Рис. 1. Модель кольцевого эллиптического резонатора в микрополосковом исполнении

Резонансная частота эллиптического резонатора, учитывающая геометрию структуры, находится по формуле:

$$f_{\text{рез1}} = \frac{c}{\lambda\sqrt{\epsilon}},$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны, которая зависит от геометрии структуры; ϵ – диэлектрическая проницаемость материала подложки.

Длина волны напрямую связана с геометрией кольца (длина по средней линии) и рассчитывается по формуле:

$$l_{\text{ср}} = n\lambda,$$

где $l_{\text{ср}}$ – длина окружности по средней линии, $n = 1, 2, 3 \dots$

Резонансная частота, обусловленная эквивалентными параметрами кольцевого резонатора, рассчитывается по формуле:

$$f_{\text{рез2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

где L и C – эквивалентная индуктивность и емкость резонатора.

Для исследования были созданы макеты кольцевых эллиптических резонаторов сантиметрового и дециметрового диапазонов [7, 8], проведены эксперименты. В результате были получены характеристики, указывающие на высокую добротность и хорошую повторяемость предлагаемых устройств. Одна из амплитудно-частотных характеристик диапазона 2–4 ГГц приведена ниже, на ней виден резонанс на частоте 3,54 ГГц со значением режекции порядка 30 дБ.



Рис. 2. Эллиптический кольцевой резонатора на МПЛ (а)
и его экспериментальная АЧХ (б)

Режекция одного эллиптического кольцевого резонатора на микрополосковой линии сопоставима со шлейфной микрополосковой структурой 3...4 порядка.

Для доказательства того, что данная структура может использоваться для стабилизации частоты, был создан генератор с принципиальной схемой, представленной на рис. 3а, его 3D-модель представлена на рис. 3б.

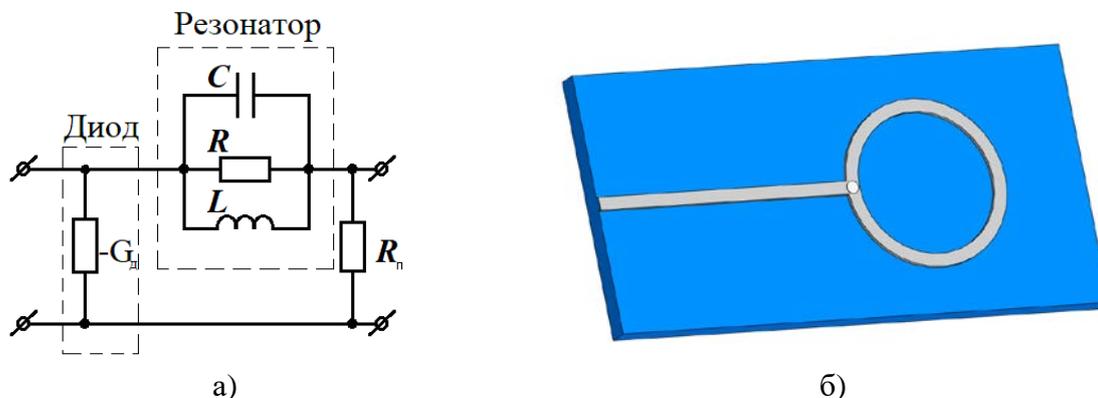


Рис. 3. Принципиальная схема генератора на основе кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии (а) и его 3D-модель (б)

Эксперимент был проведен для ряда однотипных макетов с разной длиной колец. В приведенном ниже устройстве (рис. 4а) использовался туннельный диод АИ201, он устанавливался в кольцо, рассчитанное на 1,5 ГГц. В результате была зафиксирована спектральная характеристика (рис. 4б), на которой видно, что устройство является генератором и генерирует частоту 1,5 ГГц. Частота генерации совпадает с частотой, на которую рассчитано кольцо резонатора на микрополосковой линии [8]. На спектроанализаторе было видно, что генератор, выполненный на планарной структуре, является устройством с высокой добротностью и хорошей стабильностью.

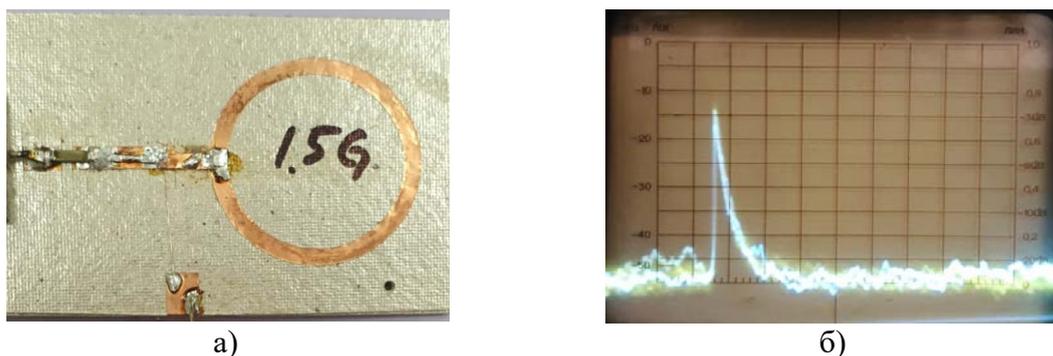


Рис. 4. Макет исследуемого генератора на кольце (а) и экспериментальная спектральная характеристика (обзор 5 МГц) исследуемого устройства (б)

Вывод

Возможность построения на кольцевом эллиптическом резонаторе высокостабильного генератора СВЧ-диапазона полностью доказана. Полученный генератор является высокостабильным по частоте, а частота генерации полностью определяется геометрией кольца и характеристиками активного элемента.

Список используемых источников

1. Белов Л., Хилькевич В. Генераторы с диэлектрическими резонаторами для стабилизации частоты // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. 2006. № 7. С. 54–59.
2. Взятыйшев В. Ф., Егоров М. Ю., Лютаев С. В. Генератор СВЧ. Пат. 1169131 СССР; заявитель и патентообладатель Всесоюзный заочный машиностроительный институт и Московский орден Октябрьской Революции энергетический институт. № 3635808/24-09; заявл. 19.08.83; опубл. 23.07.85.
3. Бахараев С. И., Вольман В. И., Либ Ю. Н. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М. : Радио и связь, 1982. 328 с.
4. Гвоздев В. И., Нефедоров Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.
5. Бочаров Е. И., Рыбалко И. А., Седышев Э. Ю., Селиверстов Л. А., Сикора Г. Р. Устройства частотной селекции и стабилизации частоты на эллиптических резонаторах // *Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.* СПб. : СПбГУТ, 2018. С. 426–431.
6. Бочаров Е. И., Кондрашова М. А., Ракова К. А., Седышев Э. Ю., Тарасик К. Э. Кольцевые эллиптические резонаторы для СВЧ-устройств. СПб. : Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 688–692.
7. Сазоненко Н. Ю., Седышев Э. Ю. Устройства частотной селекции на основе кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии. СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2019. С. 409–411.
8. Кондрашова М. А., Сазоненко Н. Ю., Селиверстов Л. А., Улитина А. С., Седышев Э. Ю. Частотно-селективные устройства на кольцевых эллиптических резонаторах // *Проектирование и технология электронных средства*. 2019. С. 13–19.

УДК 621.373.52
ГРНТИ 47.45.99

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОДНОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ АКТИВНЫХ ДВУХПОЛЮСНИКОВ ПРИ СОЗДАНИИ СВЧ ГЕНЕРАТОРОВ

Э. Ю. Седышев, А. Ю. Шомин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе рассматривается возможность создания генератора на кольцевом эллиптическом резонаторе с возможностью одновременной установки нескольких диодов. Предложены конструкции генераторов на двухполосниках с отрицательным дифференциальным сопротивлением в режиме сложения мощностей. Рассмотрен способ питания двухполосников и отведение СВЧ энергии.

СВЧ, генератор, сложение мощностей, активный двухполосник, резонатор.

Сложение мощностей СВЧ генераторов в настоящее время является сложной инженерно-технической задачей. Исторически известен способ сложения мощностей излучения нескольких источников в волноводных системах, некоторые разработки (изобретения) прошлых лет позволяют складывать мощности источников в короткозамкнутом волноводе [1]. Однако общим недостатком таких устройств является наличие большого числа объемных элементов, которые снижают надежность работы, а также приводят к увеличению веса, габаритных размеров и, как следствие, стоимости устройства.

Развитие интегральной схемотехники приводит к тому, что размеры интегральных схем СВЧ стремительно уменьшаются, а функциональные возможности увеличиваются, поэтому целесообразно попытаться научиться генерировать и складывать мощности в планарных интегральных устройствах.

При этом генераторы целесообразно также взять в интегральном исполнении. Рассмотрим «плоские» конструкции СВЧ генераторов, мощность которых попытаемся сложить.

Сложение мощностей полупроводниковых элементов, в частности генераторных диодов, интегрированных в кольцевой эллиптический резонатор [2, 3, 4] на диэлектрической подложке (рис. 1) является самым простым решением этой задачи.

Сразу же оговоримся, что в технике СВЧ исторически применяется кольцевой сумматор, а также используются кольцевые смесители. Поэтому

попытка одновременно получить колебание и сложить его в том же устройстве не является чем-то необычным. Специфика лишь в том, что нам нужно сохранить добротность резонатора.

На рис. 1 предложен вариант конструктивной модели СВЧ генератора на кольцевом эллиптическом резонаторе с использованием одновременно двух активных двухполосников.

Целесообразность сложения мощностей генераторных диодов на кольцевом эллиптическом резонаторе обусловлена тем, что на данный момент известен СВЧ генератор (действующий макет) на кольцевом эллиптическом резонаторе, разработанный в Лаборатории синтеза СВЧ устройств СПбГУТ с использованием одного генераторного диода. На рис. 2 изображен макет устройства и экспериментальная АЧХ.

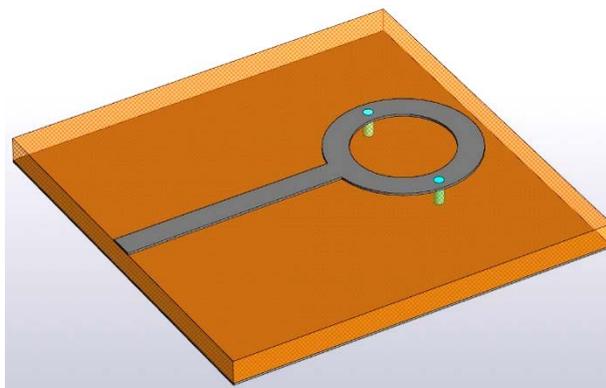
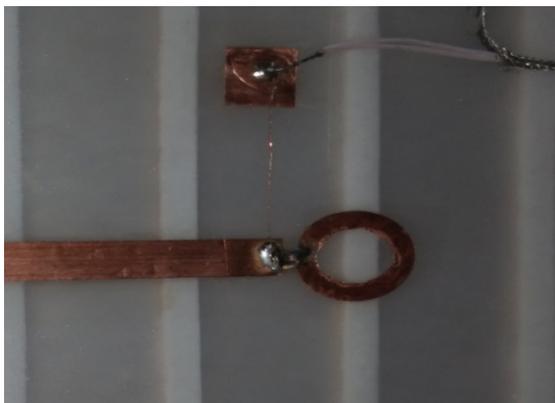
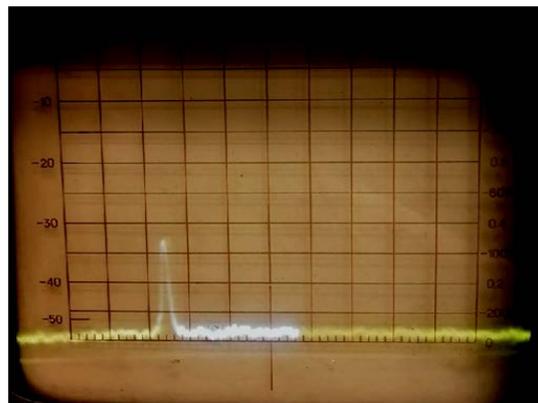


Рис. 1. Модель генератора на кольцевом эллиптическом резонаторе с двумя генераторными диодами



а



б

Рис. 2. Макет СВЧ генератора на кольцевом эллиптическом резонаторе с использованием одного генераторного диода (а) и полученная АЧХ (б)

Из рис. 2 видно, что на частоте 1,5 ГГц наблюдается генерация сигнала. ВАХ генераторного диода имеет участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением, что означает, что элемент способен компенсировать потери и генерировать колебания при помещении в резонатор.

Если абсолютная величина отрицательного дифференциального сопротивления обеспечивает полную компенсацию потерь колебательной системы, в ней будут возникать незатухающие СВЧ колебания.

Устройства с использованием одного генераторного диода могут генерировать колебания вплоть до 100 ГГц, но с весьма малой мощностью.

На дециметровых и сантиметровых волнах мощность таких генераторов может достигать нескольких мВт. Поэтому, как сказано выше, весьма интересным является исследование возможности создания СВЧ генераторов с одновременным использованием нескольких генераторных диодов в режиме сложения мощности.

Произведем эмуляцию работы моделей с одним и двумя диодами, сравним полученные АЧХ в пакете RFSim99. На рис. 1 показана модель генератора на кольцевом эллиптическом резонаторе с двумя генераторными диодами, интегрированными таким образом, чтобы они располагались параллельно друг к другу, замыкаясь на «землю». Эквивалентные схемы моделей генераторов приведены на рис. 3.

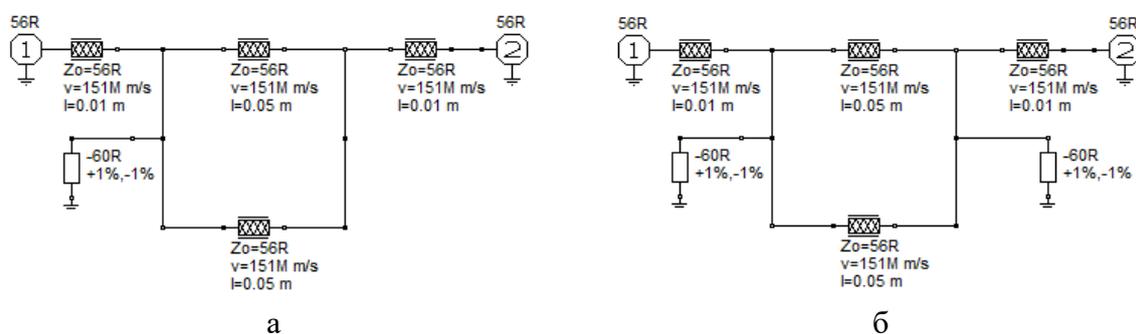


Рис. 3. Эквивалентная схема генератора с одним диодом (а) и с двумя диодами (б)

В качестве эквивалента двухполюснику с отрицательным дифференциальным сопротивлением в RFSimm используется резистор с отрицательным значением сопротивления (эквивалент предложен впервые). Характеристика генератора с одним диодом изображена на рис. 4. Заметим, что зоны генерации при данном способе моделирования показываются, как усиление (нет программ для расчета генераторов).

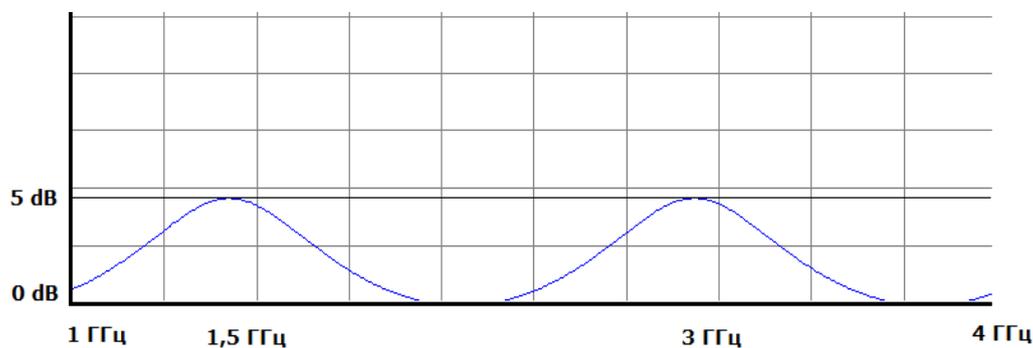


Рис. 4. Характеристика генератора с одним диодом

Из рис. 4 видно, что на резонансных частотах происходит генерация сигнала, при этом уровень «усиления» для данной схемы при использовании

одного диода составляет 5 дБ. Рассмотрим АЧХ схемы с двумя диодами (рис. 5).

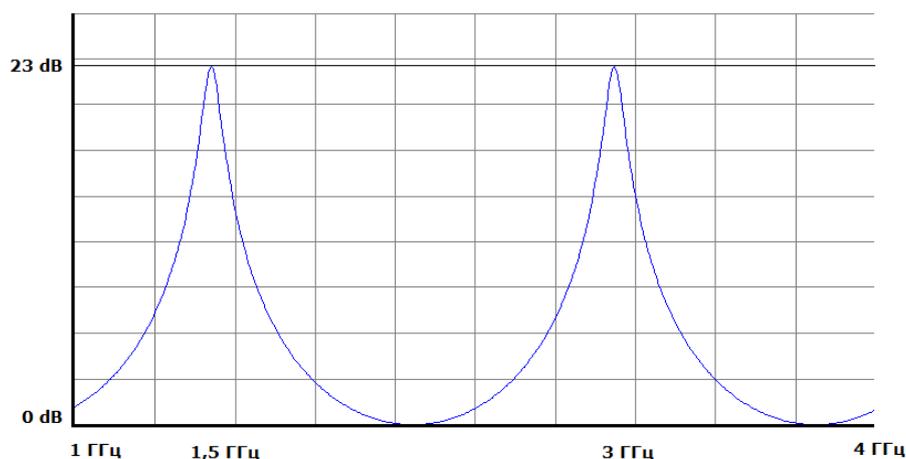


Рис. 5. Характеристика генератора с двумя диодами

Из рис. 5 видно, что при использовании двух диодов также наблюдается генерация сигнала на тех же резонансных частотах, однако уровень «усиления» при этом достигает 23 дБ, что свидетельствует о том, что в системе происходит сложение мощностей двух генераторных диодов.

Помимо предложенной геометрии конструкции возможен альтернативный способ отвода энергии СВЧ колебаний в кольцевом резонаторе (рис. 6).

Предложенные выше конструктивные модели являются идеализированными, поскольку в них не учитывается то, что непосредственно сами диоды, находясь в резонаторе, влияют на распространение электромагнитной волны. Таким образом, в худшем случае диоды не смогут генерировать СВЧ колебания в резонаторе.

Целесообразно рассмотреть также вариант отдельного расположения диодов в шлейфах, имеющих с кольцом емкостную связь. Предложенная конструктивная модель изображена на рис. 7.

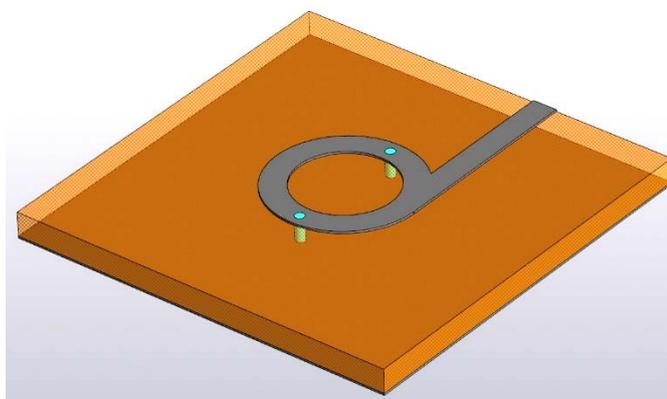


Рис. 6. Альтернативная геометрия съема энергии СВЧ колебаний резонатора

Преимуществами данной конструкции является отсутствие влияния диодов на распространение волны в резонаторе. Также для питания генераторных диодов необходимо подавать постоянное напряжение, а емкостная связь обеспечит развязку кольца и диодов.

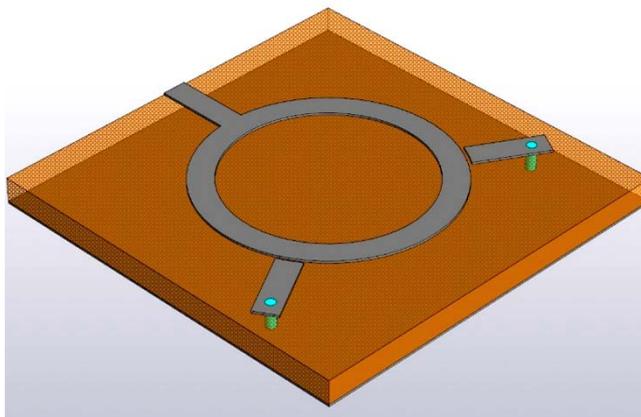


Рис. 7. Модель генератора на кольцевом эллиптическом резонаторе с двумя генераторными диодами, связанными с кольцом емкостной связью

Произведем эмуляцию работы модели в пакете RFSim99. В эквивалентной схеме, изображённой на рис. 8, учтены шлейфы и емкостные связи.

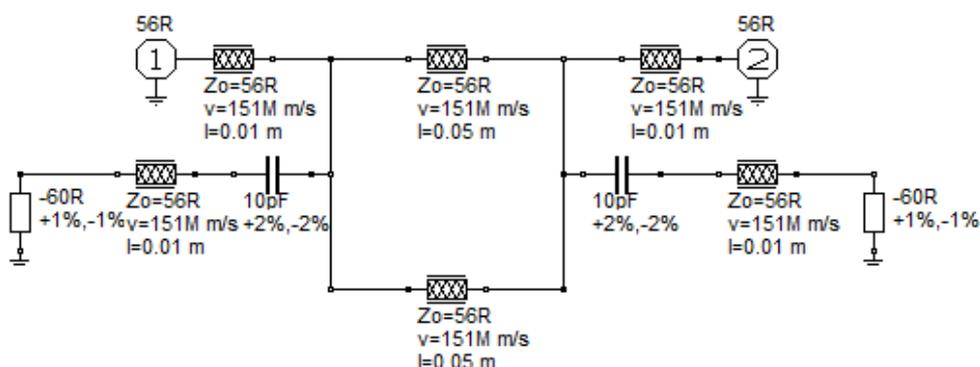


Рис. 8. Эквивалентная схема генератора с двумя генераторными диодами, связанными с кольцом емкостной связью

На рис. 9 представлена полученная характеристика эквивалентной схемы.

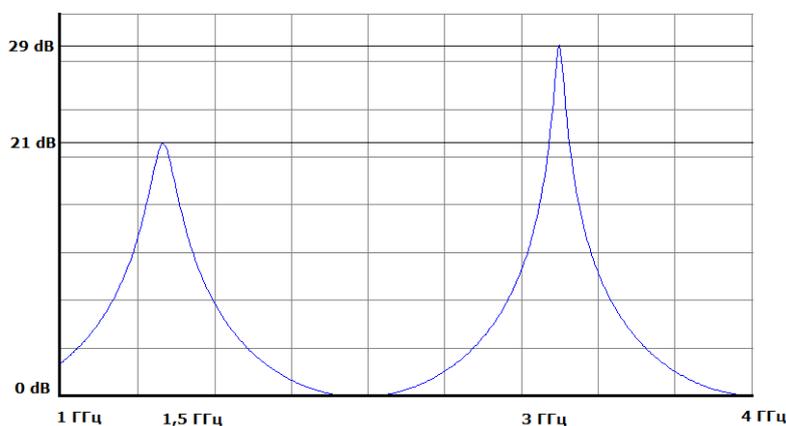


Рис. 9. АЧХ генератора с двумя генераторными диодами, связанными с кольцом емкостной связью

Из полученных характеристик видно, что конструкция со шлейфами работает также, как и предлагаемые ранее. При этом на некоторых резонансных частотах уровень «усиления» составляет 29 дБ, что является хорошим показателем.

Представленные модели генераторов с использованием одновременно двух активных двухполюсников и их характеристики, полученные в пакете RFSimm, позволяют предположить, что сложение мощностей генераторных диодов в кольцевом резонаторе является весьма перспективной задачей. По аналогии с использованием одновременно двух диодов, также возможно одновременное использование большего числа диодов.

Список используемых источников

1. Алексеева Н. И., Егоров Ю. М., Маевский В. А., Собченко Ю. А., Артамонов В. И., Вартанян В. А. Устройство для сложения мощностей двух СВЧ генераторов на магнетронах [Электронный ресурс]. URL: <https://findpatent.ru/patent/239/2392733.html>
2. Кондрашова М. А., Сазоненко Н. Ю., Селиверстов Л. А., Улитина А. С., Седышев Э. Ю. Частотно-селективные устройства на кольцевых эллиптических резонаторах // Проектирование и технология электронных средств. 2019. № 2. С. 13–20.
3. Бочаров Е. И., Кондрашова М. А., Ракова К. А., Седышев Э. Ю., Тарасик К. Э. Кольцевые эллиптические резонаторы для СВЧ устройств. СПб. : Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 688–692.
4. Бочаров Е. И., Рыбалко И. А., Седышев Э. Ю., Селиверстов Л. А., Сикора Г. Р. Устройства частотной селекции и стабилизации частоты на эллиптических резонаторах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании, сборник трудов конференции. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция СПб. : СПбГУТ, 2017.

УДК 621.372.54
ГРНТИ 47.05.05

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКИХ LC-ФИЛЬТРОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В. В. Сергеев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Величина запасаемой энергии в реактивном фильтре является универсальным показателем и определяет массу, габариты, потери энергии и стабильность характери-

стик фильтра. В работе проведен численный сравнительный анализа указанных эксплуатационных показателей, на основании которого даны рекомендации по их оптимизации для классических LC-фильтров.

реактивный фильтр, энергетические функции, массогабаритные показатели.

При проектировании реактивных фильтров для мощных (сотни кВт) радиотехнических устройств, работающих при относительно низких (десятки кГц) частотах, определяющее значение имеют такие эксплуатационные показатели как вес, габаритные размеры, стоимость, коэффициент полезного действия (КПД), а также стабильность частотных характеристик. Перечисленные показатели фильтров определяются их энергетическими функциями, то есть функциями накапливаемой в реактивных элементах энергии [1]:

$$W_C = \sum_{i=1}^{N_C} U_i^2 C_i; \quad W_L = \sum_{i=1}^{N_L} I_i^2 L_i, \quad (1)$$

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.

Мощные реактивные фильтры в подавляющем числе случаев реализуются в виде лестничных LC-фильтров нижних частот (ФНЧ) с согласованными (равными) сопротивлениями генератора и нагрузки и с классическими аппроксимирующими функциями в виде полиномов Баттерворта, Чебышева, инверсных полиномов Чебышева, а также дробей Золотарева [2, 3]. Два первых вида относятся к полиномиальным фильтрам, а два последних к фильтрам с всплесками затухания.

Энергетические функции (1) указанных фильтров определяются групповым временем задержки (ГВЗ) [1], которая в свою очередь зависит от вида аппроксимирующей функции ФНЧ.

Далее представлены результаты сравнительного анализа реактивной энергии и связанных с ней эксплуатационных показателей LC-фильтров нижних частот с различными аппроксимирующими функциями и даны рекомендации по оптимизации этих показателей.

Будем считать, что заданы требования к характеристике затухания ФНЧ а именно, ω_o – граничная частота полосы пропускания, ω_k – граничная частота полосы задерживания, гарантированное затухание a_0 в полосе задерживания и допустимая неравномерность Δa характеристики затухания в полосе пропускания. В дальнейшем будем использовать нормированную частоту $\Omega_k = \omega_k / \omega_o$. Требования считаются жесткими при малом значении Ω_k и (или) большом a_0 .

В качестве критерия оптимизации будем использовать энергетический

показатель, а именно, максимальное в полосе пропускания значение относительной (нормированной) суммарной реактивной энергии:

$$\hat{W}_m = \max(W_C + W_L) \cdot \frac{\omega_0}{P_{2m}}, \quad (2)$$

где P_{2m} – максимальное значение мощности, которую может передать в нагрузку генератор, подключенный к входу фильтра.

Известно [1], что с изменением неравномерности затухания Δa в сторону уменьшения от заданного значения (что допускается), максимальное в рабочей области значение реактивной энергии (2) тоже уменьшается. Заметим, что уменьшение Δa при неизменном гарантированном затухании a_0 достигается за счет увеличения порядка и числа элементов фильтра.

В связи с отмеченным свойством результаты сравнительного анализа представлены на рис. в виде зависимостей максимальной суммарной реактивной энергии \hat{W}_m от неравномерности затухания Δa для ФНЧ с различными аппроксимирующими функциями при конкретных требованиях в полосе задерживания: 1) $\Omega_k = 2,0$; $a_0 = 40$ дБ (нежесткие требования), 2) $\Omega_k = 1,5$; $a_0 = 60$ дБ (средние), 3) $\Omega_k = 1,3$; $a_0 = 80$ дБ (жесткие).

На основании приведенных зависимостей

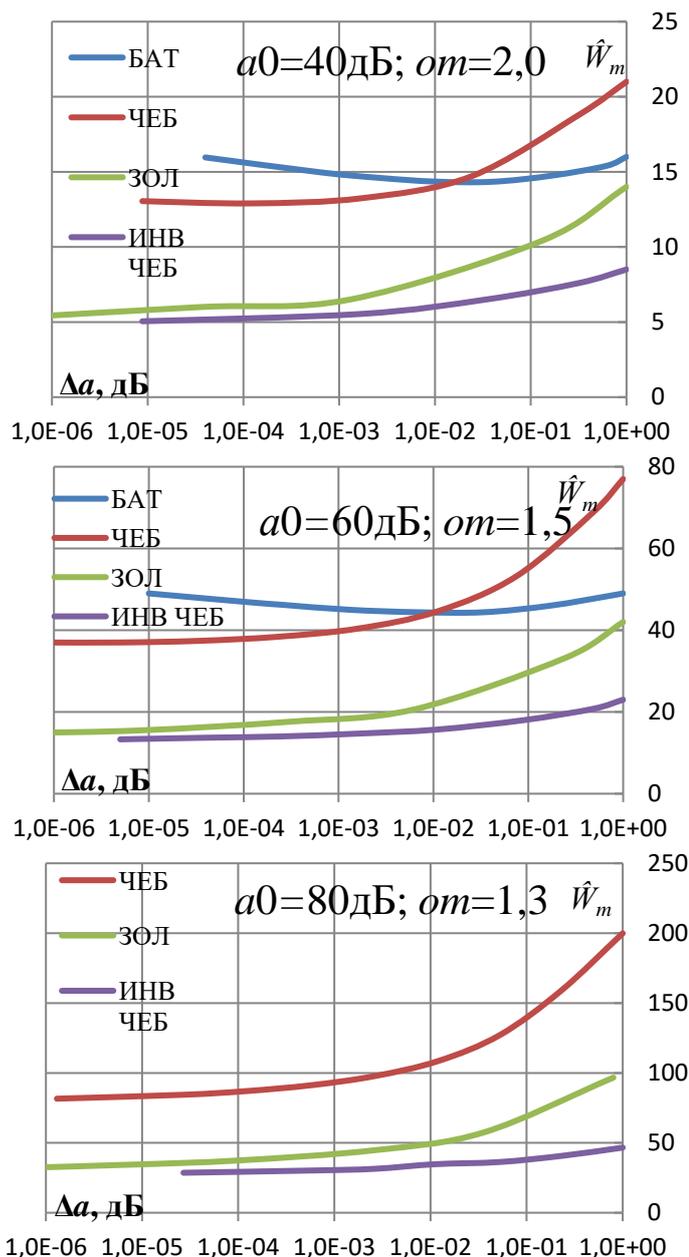


Рис. Зависимости максимальной реактивной энергии различных ФНЧ от неравномерности затухания Δa

можно сделать следующие выводы:

1. Чем более жесткие требования к характеристике затухания в полосе задерживания, тем выше значения энергетического критерия. Наименьшие его значения из рассматриваемых фильтров имеют инверсные ФНЧ Чебышева при прочих равных условиях, то есть при одинаковых значениях a_0 , Ω_k и Δa .

2. Для ФНЧ Баттерворта уменьшение неравномерности Δa не приводит к заметному уменьшению реактивной энергии. Для остальных фильтров за счет уменьшения Δa максимальная реактивная энергия \dot{W}_m может быть существенно уменьшена (в 2–3 раза). Для этих фильтров вне зависимости от жесткости требований можно выделить диапазон оптимальных $\Delta a = 10^{-3}$ – 10^{-4} дБ, при которой энергетический критерий имеет минимальное значение (оптимизированные по реактивной энергии фильтры).

3. Оптимизированные по реактивной энергии фильтры с всплесками затухания (Золотарева-Кауэра и инверсные Чебышева) имеют по сравнению с полиномиальными фильтрами существенно меньшие энергетические показатели.

Следует отметить, что для расчета LC -фильтров оптимизированных по реактивной энергии, то есть с малыми значениями $\Delta a_{\text{опт}}$, можно использовать известные табулированные решения. Так в справочнике [3] представлены таблицы для расчета LC -фильтров с достаточно малыми значениями Δa (вплоть до $4,34 \cdot 10^{-4}$ дБ). Такие табличные варианты можно использовать для улучшения показателей эффективности фильтра по сравнению с традиционными решениями, которые предусматривают минимизацию числа его элементов.

Далее рассмотрим пример расчета LC -фильтра с учетом энергетических критериев и сравним его эксплуатационные показатели с показателями традиционных вариантов. Примем следующие исходные данные: частота среза ФНЧ – $f_o = 15$ кГц; неравномерность затухания в полосе пропускания не более $\Delta a = 0,5$ дБ; гарантированное затухание $a_0 = 60$ дБ в полосе задерживания при $f > f_k = 22,5$ кГц ($\Omega_k = 1,5$); сопротивление генератора и нагрузки $R_n = 270$ Ом; мощность в нагрузке $P_{2m} = 200$ кВт. При сравнительном анализе также принято, что коэффициенты потерь (обратные добротности) элементов $d_C = d_L = 0,005$; удельные энергоемкости: катушек индуктивностей $\gamma_L^G = 0,15$ Дж/кг (по весу); $\gamma_L^V = 30$ Дж/м³ (по объему); конденсаторов $\gamma_C^G = 0,3$ Дж/кг; $\gamma_C^V = 700$ Дж/м³.

Различные варианты фильтров могут быть рассчитаны известными аналитическими методами или с помощью табулированных решений, а энергетические функции путем моделирования на ЭЦВМ. Эксплуатационные параметры, а именно КПД, вес и объем вычислялись через энергетические функции по следующим формулам [1]:

$$\eta = \frac{100}{1 + \hat{W}_{Lm} \cdot d_L + \hat{W}_{Cm} \cdot d_C} \% , \text{ (КПД)}, \quad G = \frac{\hat{W}_{Cm} \cdot P_2}{\omega_0 \cdot \gamma_C^G} + \frac{\hat{W}_{Lm} \cdot P_2}{\omega_0 \cdot \gamma_L^G}, \text{ кг (вес)},$$

$$V = \frac{\hat{W}_{Cm} \cdot P_2}{\omega_0 \cdot \gamma_C^V} + \frac{\hat{W}_{Lm} \cdot P_2}{\omega_0 \cdot \gamma_L^V}, \text{ м}^3 \text{ (объем)},$$

где \hat{W}_{Cm} и \hat{W}_{Lm} – максимальные в полосе пропускания суммарные относительные реактивные энергии отдельно по емкостям и по индуктивностям.

В таблице приведены показатели двух традиционных ФНЧ Чебышева (Ч) и инверсного Чебышева (ИЧ), а также оптимизированного по реактивной энергии инверсного Чебышева (ИЧ опт). Традиционные варианты рассчитывались без учета энергетического критерия с неравномерностью Δa близкой к предельно допустимой (заданной 0,5 дБ).

Обозначения в таблице: n – порядок фильтра; \hat{W}_m – максимальные (в полосе пропускания) значения суммарной относительной реактивной энергии; C_Σ и L_Σ – суммарные емкости и индуктивности; $U_{C(L)}/U_n$ и $I_{C(L)}/I_n$ – максимальные значения относительных напряжений и токов в элементах (U_n и I_n – напряжение и ток в нагрузке); Δa_n – неравномерность затухания в полосе пропускания с учетом потерь в элементах; S_m – максимальное в полосе пропускания значение среднеквадратической чувствительности (обобщенный показатель стабильности).

ТАБЛИЦА. Параметры различных вариантов ФНЧ

Вид ФНЧ	n	Δa , дБ	\hat{W}_m	C_Σ , нФ	L_Σ , мГн	$U_{C(L)}/U_n$	$I_{C(L)}/I_n$	Δa_n , дБ	кпд, %	вес, кг	объем, м ³	S_m
Ч	9	0,49	69,1	452	15,1	4,23	5,8	1,6	74	734	2,6	3,7
ИЧ	9	0,49	20,7	183	10,4	2,84	2,41	0,78	90	218	0,75	0,94
ИЧ опт	13	$2,3 \cdot 10^{-4}$	14,0	264	9,8	1,54	1,67	0,16	93,4	149	0,52	$1,3 \cdot 10^{-2}$

В рамках традиционных вариантов переход от ФНЧ Чебышева к инверсному фильтру Чебышева (как рекомендовано выше) приводит к уменьшению \hat{W}_m в 3,3 раза и к существенному улучшению всех без исключения эксплуатационных показателей. Далее при переходе от традиционного варианта инверсного ФНЧ Чебышева (с минимальным порядком) к оптимизированному по реактивной энергии получаем ее уменьшение еще почти в 1,5 раза. Этот переход также сопровождается улучшением эксплуатационных показателей за исключением суммарной емкости.

Таким образом, в рассматриваемом случае расчет LC-фильтра с учетом энергетического критерия (инверсный ФНЧ Чебышева $n = 13$) по сравнению

с традиционным расчетом (ФНЧ Чебышева $n = 9$) позволил уменьшить в 4,9 раза реактивную энергию, массу и габариты, увеличить КПД с 74 до 93,4%, уменьшить влияние потерь ($\Delta a_{\text{п}}$ уменьшилась с 1,6 до 0,16 дБ) и существенно уменьшить (на два порядка) среднеквадратическую чувствительность.

Список используемых источников

1. Дмитриков В. Ф., Сергеев В. В., Самылин И. Н. Повышение эффективности преобразовательных и радиотехнических устройств. 2-е изд., стереотип. М. : Горячая линия–Телеком, 2016. 424 с.
2. Трифонов И. И. Расчет электронных цепей с заданными частотными характеристиками. М. : Радио и связь, 1988. 304 с.
3. Зааль Р. Справочник по расчету фильтров / пер. с нем. под редакцией Н. Н. Слепова. М. : Радио и связь, 1983. 752 с.

УДК 372.862, 004.416.3

ГРНТИ 14.35.09, 14.85.35, 50.41.29

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

В. А. Филин, В. А. Юрова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Развитие программного обеспечения учебного процесса предлагает различный инструментарий тестирования как одной из форм осуществления контроля, мониторинга и оценки знаний, навыков и умений. В работе проведен сравнительный анализ нескольких программ для тестирования по дисциплине «схемотехника», задания в которых служили средством промежуточного контроля знаний на различных этапах изучения курса студентами. Выявлены и учтены основные преимущества и недостатки различных программ для тестирования.

программное обеспечение, учебный процесс, адаптивность учебного процесса, информационные технологии, тест.

Тестирование как одна из форм осуществления контроля, мониторинга и оценки знаний, навыков и умений находит всё большее применение в учебном процессе. Это связано с уменьшением трудоемкости проверки работ, установлением обратной связи с возможностью дифференцирования и обеспечения ориентированного процесса обучения и повышения учебной

активности обучающихся, устранением субъективизма в оценке индивидуального уровня учебных достижений тестирующегося [1, 2, 3, 4]. Использование тестирования в технологиях дистанционного обучения позволяет обучающемуся также осуществлять самоконтроль знаний. Развитие программного обеспечения учебного процесса предлагает различные инструментарий для создания баз тестирования. Поэтому актуальным является подбор

и внедрение в учебный процесс программных средств для осуществления промежуточного тестирования знаний с учётом особенностей их работы. С этой целью проведен сравнительный анализ возможностей проведения промежуточного тестирования знаний с помощью различных тестовых программ, предлагаемых современными разработчиками. Создание и пользование возможностями программного обеспечения проводилось на примере создания базы тестов по дисциплине «схемотехника» как средства промежуточного контроля знаний на различных этапах изучения курса студентами. В ходе исследования были выявлены и учтены основные преимущества и недостатки различных программ для тестирования.

Наиболее простой, не требующей дополнительных ресурсов и знания языков программирования являются Google формы [5]. Для использования этого интернет-ресурса от Google требуется наличие регистрации в сервисах компании (электронной почты) и доступа в интернет. Легко с помощью графики и справочной системы сайта можно создать опросные или тестовые формы, тексто-графический интерфейс ресурса позволяет создавать любые вопросы и систему ответов, оценивания и представления результатов без использования программирования. Созданная база хранится на сервере Google, является бесплатной, автоматически подсчитывает баллы пройденного тестирования. К недостаткам ресурса можно отнести общую доступность, т. к. для прохождения теста обучающемуся необходимо перейти по ссылке на определенную интернет-страницу, к которой может обратиться в дальнейшем любой пользователь интернет. Изменить настройки доступа возможно только для ограниченного количества пользователей и при наличии информации об аккаунтах, которыми пользуются обучающиеся. Других настроек для идентификации пользователя нет. Также здесь отсутствуют возможности использования встроенных рисунков – для загрузки изображений для заданий необходимо использование внешнего сервиса облачного хранения с открытым доступом и перехода на новую вкладку/страницу для просмотра, необходим стабильный сигнал сети интернет. В случае перебоев страница будет обнуляться и данные ответов, который обучающийся прошел ранее не восстанавливаются. Легкий взлом страницы через открытие функции «разработчик» браузера, в результате чего обучающийся может настроить страницу на отображение любого устраивающего его ре-

зультата, даже в случае отправки результатов на ресурс разработчика тестирования. Ограничения в использовании рисунков в тестовых заданиях, идентификации любого количества пользователей, и также более удобного представления тестовых вопросов решаются с помощью следующих бесплатных приложений.

Еще одним ресурсом, позволяющим создавать многофункциональные интернет-ресурсы для обучения является moodle [6], на основе которого можно сформировать не только базу для проведения тестирования различного вида, но и организовать дистанционный курс обучения по предмету, добавляя элементы с различными пособиями и материалами, проведением видеоконференций, организации форумов и чатов. Наличие в базе различных плагинов позволяют максимально разнообразить набор тестовых вопросов и видов ответов на них (графический, эссе, выбор одного или нескольких вариантов ответа, ответ в виде блок-схемы и т. д.). Защита тестовых данных и их хранения определяется организацией сетевого пространства и его настройки. Здесь также возможно добавление различных разделов; возможность блокировки приложений, которые будут доступны обучающемуся в процессе тестирования; доступно с любого устройства с выходом в сеть интернет. Если происходит сбой сети интернет, то при загрузке на страницу тестирования, результаты время и данные выбранных ранее ответов сохраняются, обучающийся сможет продолжить работу с момента, на котором остановился. К недостаткам следует отнести необходимость сервера или облачного пространства, постоянного администрирования ресурса; ввод тестовых вопросов требует базовых знаний и навыков работы с программным кодом; как правило, интегрирован для вуза в целом; длительное хранение данных и создание ресурса с «нуля» на начальном этапе создания базы тестирования. В случае необходимости проведения тестирования как дистанционно, так и без доступа к сети интернет возможно использование бесплатной программы для создания тестов Айрен [7, 8]. Из требуемых ресурсов необходимо выделить небольшой объем памяти на дисковом пространстве на устройстве, на котором будет осуществляться тестирование с помощью программы. Каждый тест создается в виде отдельного файла, который можно клонировать, например, для использования вопросов по одной теме в итоговом тесте, включающим несколько пройденных разделов. Программа схожа по возможностям с тестовым блоком системы moodle, также набор тестовых вопросов можно разделить в одном наборе на несколько разделов, по которым случайным образом будут формироваться тестовые задания в процессе работы. Есть возможность удобной интеграции файлов с готовыми заданиями в базу тестов. Чтобы защитить файлы от доступа обучающихся к ответам, возможно устанавливать защиту на папку, в которой хранятся тесты. По сравнению с тестовыми

функциями moodle, однако, такая система защиты более уязвима. К недостаткам программы Айрен можно отнести то, что работа с тестами возможна только на устройствах с установленным программным обеспечением и загруженными в него файлом теста, уязвимость базы тестов. Для работы в дистанционном режиме или на нескольких устройствах необходимо использование облачного хранилища, физическое копирование файла с базой тестов.

Таким образом, в ходе работы был проведен сравнительный анализ возможностей проведения тестирования с помощью различных тестовых программ, проведена оценка удобства внедрения и использования тестовых методов контроля освоения тематических разделов. По результатам эмпирических исследований особенностей использования тестовых программ можно сформулировать вывод о том, что в настоящее время идет активная разработка программного обеспечения для проведения различных форм тестирования обучающихся с обеспечением объективности результатов и эффективной работы с тестовой формой оценки знаний. Каждая из рассмотренных программ характеризуется простой и доступностью, удобной работой и создания широкого спектра видов вопросов для тестирования и методов оценки результата. В зависимости от ресурсов, которыми обладает создатель тестовой базы и также особенностями ее использования в учебном процессе, есть возможность подобрать оптимальный для условий работы инструментарий.

Список используемых источников

1. Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии. М. : Педагогика, 1989. 190 с.
2. Селевко Г. К. Современные образовательные технологии: учебное пособие. М. : Народное образование, 1998. 256 с.
3. Педагогика: теории, системы, технологии: учебник для студ. Высш. и сред. уч. заведений / под. ред. С. А. Смирнова. 6-е изд., переаб. М. : Издательский центр «Академия», 2006. 152 с.
4. Аванесов С. В. Композиция тестовых заданий: учебная книга для преподавателей вузов, учителей школ, аспирантов и студентов педвузов. М. : Адепт, 1998. 217 с.
5. Интернет-ресурс: <https://docs.google.com/forms/>.
6. Интернет-ресурс: <https://moodle.org/>.
7. Интернет-ресурс: <https://irenproject.ru/>
8. Алексеев А. Г., Селиверстов Л. А., Юрова В. А. Айрен – возможности и особенности интегрирования в учебный процесс. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб. : СПбГУТ, 2019. Т. 3. С. 369–372.

ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

УДК 004.832.22
ГРНТИ 20.53.19

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБРАЩЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ЭКСПЕРТНЫХ ГОЛОСОВЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ТЕКСТОВОМ ФОРМАТЕ И СИНТЕЗ ОТВЕТА В ГОЛОСОВОМ ФОРМАТЕ

В. П. Александров, К. Э. Есалов, В. Д. Северьянов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья является логическим продолжением статьи «Распознавание и синтез речи в экспертных голосовых системах на основе нейронных сетей». В данной статье будет рассмотрен вопрос классификации запросов пользователей в экспертных голосовых системах на основе нейронных сетей, а также синтез ответа в голосовом формате. Задача статьи состоит в описании оптимального технологического стека для решения данной задачи.

нейронные сети, LSTM, прогнозирование, классификация.

Классификация

Для того, чтобы классифицировать какой-то вопрос, написанный на натуральном языке, то есть на человеческом, его надо перевести в цифры или векторы цифр, так как нейронная сеть просто проводит с векторами алгебраические операции.

Для этого необходим embedding, по которому в последствии, для каждого слова будет возможно подобрать индивидуальный числовой вектор. Данный словарь по модели Word2Vec, о которой будет изложено ниже. Кроме Word2Vec существуют и другие способы собрать этот словарь, например: One-Hot Encoding, GloVe, FastText и множество малоизвестных. Для выполнения задачи используется именно Word2Vec, так как нет необходимости его обучать. Но в целом, для решения поставленной задачи су-

щественной разницы нет, главное не One-Hot Encoding, так как данная технология, не способна запоминать контекст, для нее не существует разницы между словами: «мужчина» и «женщина».

После преобразования слов в числовые векторы необходимо попробовать классифицировать наборы этих векторов. Для этого используется нейронная сеть с архитектурой LSTM [2] (*Long-Short Term Memory*). В общих чертах, LSTM это рекуррентная нейронная сеть, позволяющая запоминать информацию, которую она видела раньше, таким образом, она может выстраивать взаимосвязи между наборами векторов, которые на неё поступают, получается контекст в предложении. Любая классифицирующая нейронная сеть должна иметь в конце активационную функцию softmax, потому что она выдаёт вероятности для каждого класса.

Word2Vec

Word2Vec необходимо обучать, он тоже является нейронной сетью. Берётся большой массив слов (русская википедия, собрание русских классиков, научные статьи). Изначально векторы задаются случайно и нейронная сеть пытается по отдельно взятому слову угадать, какие слова стоят справа и слева от него (*Skip-Gram model*) или, зная какие слова стоят слева или справа от нашего слова угадать его (*CBOW model*). Задаётся формула расстояния между гипотезой и реальным словом и это расстояние нейронка пытается минимизировать (градиентным спуском). Разберем это на примере: есть предложения «Маша пошла на улицу за печеньками» и «Вася пошёл в магазин за тортиком», Word2Vec запомнит, что слова Маша и Вася больше похожи, чем Маша и Тортик. Таким образом, он будет понимать, что печенье похоже на тортики, магазин и улица тоже что-то рядышком, а вот магазин и Вася далёкие вещи. Для данной работы использовался предобученный Word2Vec [1]. И несмотря на то, что данный Word2Vec хоть и обучен на 13 миллиардах слов, в нём нет никакой предварительной обработки слов (лемматизации и стемминга). То есть, когда у экспертной системы спрашивают спрашивают: «Я хотела бы узнать ку» и «Я хотел бы узнать коммунальные услуги», для экспертной сети это два разных предложения, в связи с чем, при обучении необходимо добавлять оба варианта предложения в базу данных. Таким образом, нейронка плохо угадывает вопросы, которых нет в базе данных.

Данная нейронная сеть не учится, она просто запоминает. Это называется переобучение. И самый простой способ с этим справиться, переобучить Word2Vec уже с лематизацией и стеммингом слов. Тогда эти два разных предложения превратятся в одинаковые. Технически, можно обучить свой Word2Vec на какой-нибудь русской википедии, но лучше это делать на конкретном датасете, так контекст будет сохранён гораздо лучше. Ведь на русской википедии нет вопросов про «ку» и аренду помещения.

Синтез речи

Есть достаточно много готовых архитектур систем синтеза речи, основанных на нейронных сетях. Tacotron от Google, DeepVoice, WaveNet, DCTTS и прочее. Все они достаточно успешно справляются со своей задачей, но имеют и свои недостатки. Для нашей задачи не требуется синтез с идеальной интонацией и передачей эмоций, достаточно будет просто разборчиво произнесенного текста. Поэтому была выбрана одна из наименее сложных архитектур, которая не требует большого количества ресурсов для обучения и работы, но при этом приемлемо выполняет свою функцию – DCTTS (*Deep Convolutional Text To Speech*). Единственным минусом этой системы является то, что она не моментально осуществляет перевод поступившего на вход текста в устную речь, а создает задержки, что нивелируется добавлением заранее записанных фраз и выражений. Для обучения DCTTS достаточным набором данных будет являться 6–8 часовая аннотированная устная речь, записанная одним диктором, желательно с выверенной интонацией и паузами. В качестве такого набора можно взять любую достаточно длительную аудиокнигу. Помимо достаточно скромных (по сравнению с аналогами) требований к датасету, сам процесс обучения данной сети будет проходить быстрее, чем для более результативных и крупных Tacotron и WaveNet, например.

DCTTS, как можно понять из названия (частично) имеет архитектуру сверточной нейронной сети [5] (CNN – *Convolutional Neural Network*). То есть состоит она в основном из сверточных слоев. Сверточные слои чаще всего используются при работе с изображениями. Рассмотрим более подробно работу данной сети.

Наша задача – преобразовать текст в соответствующую звуковую дорожку. Для начала надо нормализовать текст – то есть привести его к произносимому виду: убрать все записи цифр в несловесном виде («2», «1984» и так далее), убрать все сокращения и аббревиатуры и заменить все это на разговорный эквивалент, то есть превратить текст из «как мы пишем» в «как мы говорим». В случае, когда словарь ограничен списком заранее известных аббревиатур, возможно просто составить таблицу соответствия и не использовать никаких сложных систем или алгоритмов. Полученный текст уже можно подавать на вход в наш синтезатор речи.

На входе в сеть имеется некоторая последовательность символов (слово). Для того чтобы нейросеть могла работать с этими символами их надо преобразовать к некоторой математической абстракции. Для этого используется опыт из систем распознавания речи. Необходимо назначить каждому символу в соответствии некоторый вектор чисел, которые впоследствии и будем обучен. Такой вектор будет являться некоторым набором признаков определенного символа. Для проведения этого соответствия в описываемой сети будет выделен специальный *embeddig*-слой, и все слои

после него будут оперировать уже не с символами, а с полученными векторами.

Последующая часть архитектуры DCTTS (рис. 1) [7] делится на две крупные части, две в целом независимые нейросети: Text2Mel и SSRN (*Spectrogram super-resolution network*). Здесь как раз стоит вспомнить о том, что мы имеем дело со сверточными архитектурами, так как обе эти нейросети активно работают с изображениями и как раз используют те самые сверточные слои.

Первая нейронная сеть Text2Mel предсказывает мел-спектр по входному тексту (векторам). Делает она это, используя механизм внимания (*Attention*), который увязывает энкодеры TextEnc и AudioEnc с декодером AudioDec. Мел-спектр – это спектрограмма, перенесенная на мел-шкалу. А спектрограмма представляет собой изображение, которое является характеристикой звукового сигнала, где по осям откладываются временная шкала и шкала герц, а цвет пикселя отвечает за энергетический уровень сигнала (или амплитуду).

Следующая сеть SSRN восстанавливает амплитудный спектр (спектрограмму) сигнала по его мел-спектру (рис. 2, см. ниже) [6]. Дело в том, что при формировании мел-спектра для уменьшения количества данных из амплитудного спектра вырезают кадры по временной шкале с определенной периодичностью, что уменьшает частоту дискретизации. Это упрощает работу сети DCTTS в целом, так как мел-спектры по итогу содержат меньшее количество данных, но в итоге появляется необходимость восстанавливать потерянные данные при помощи еще одной нейросети.

Последний этап, для получения на выходе звука нам нужно преобразовать спектрограмму (рис. 3, см. ниже) [6] в звуковой сигнал. Для этих целей используется математический алгоритм Гриффина-Лима [3] или его более современные интерпретации.

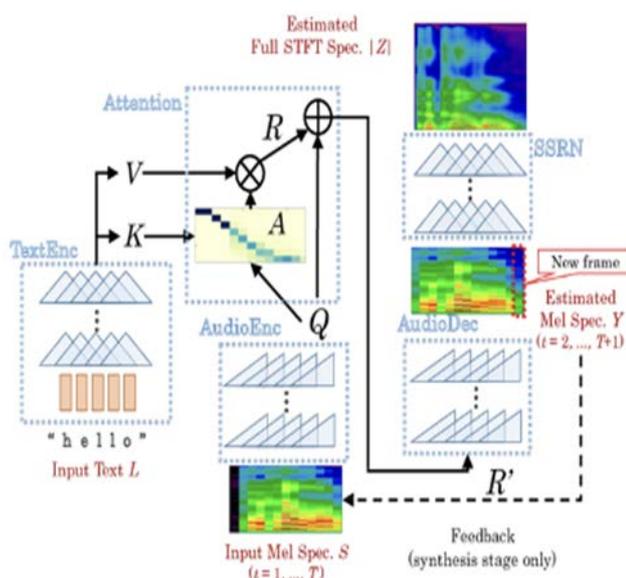


Рис. 1. Схема архитектуры DCTTS

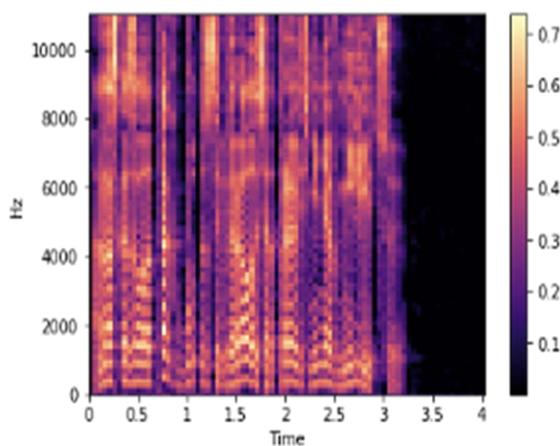
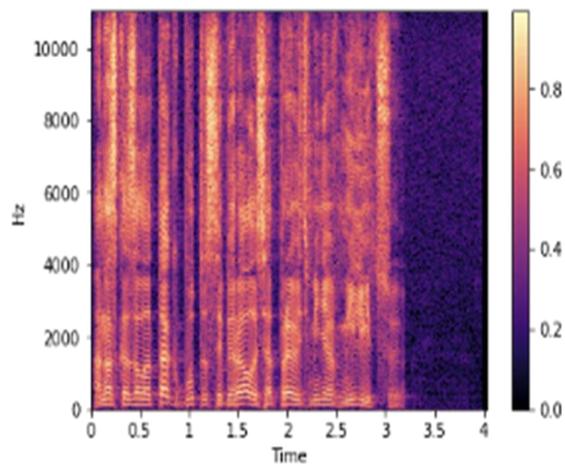


Рис. 2. Мел-спектр

Рис. 3. Спектрограмма
(амплитудный спектр)

Список используемых источников

1. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // In Proceedings of Workshop at ICLR. — 2013a¹.
2. Long short-term memory. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Long_short-term_memory
3. Griffin D., Lim J. Signal estimation from modified short-time Fourier transform. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1164317>
4. Олег Петров. URL: <https://habr.com/ru/company/speechpro/blog/358816/>
5. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton E.G. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. URL: <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>
6. Нейросетевой синтез речи своими руками. URL: <https://www.pvsm.ru/sintez-rechi/280411/>
7. Информационный портал хабр. Нейросетевой синтез речи своими руками. URL: <https://habr.com/ru/company/speechpro/blog/358816/>

Статья представлена заведующим кафедрой ЗСС СПбГУТ кандидатом технических наук, доцентом А. А. Зарубиным.

УДК 004.832.22
ГРНТИ 20.53.19

РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ В ЭКСПЕРТНЫХ ГОЛОСОВЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В. П. Александров, К. Э. Есалов, В. Д. Северьянов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена исследованию и обработке поступающих голосовых вызовов в колл-центр, с использованием экспертной системы на основе нейронных сетей. Для анализа и разработки экспертной системы были применены реальные входные данные колл-центра, работающего в компании, которая занимается арендой бизнес недвижимости. Актуальность задачи, поставленной в докладе, обуславливается пониманием того, какое количество операторов должно быть «на своих местах», для обеспечения должного качества обслуживания колл-центра. Для решения поставленной задачи, нам нужно заранее предсказать какой процент вопросов пользователей поддается классификации, а также рассмотреть доступные в сегодняшних реалиях технологии для реализации поставленной задачи оптимальным методом. В работе приводится разбор оптимального списка технологий, а также методологии и причины их использования, для достижения максимально качественного результата, сохраняя экономическую целесообразность.

колл-центр, оператор, нейронные сети, распознавание речи.

Введение

На данный момент существует потребность в оптимизации расходов, при использовании колл-центров для обработки входящих звонков. И если раньше были попытки замены живых сотрудников автоматизированными системами, направленными на консультацию клиентов, то сейчас, появляется тренд исключительно по помощи живым операторам со стороны автоматизированных систем. Это связано с явным понижением retention rate, а также уровнем лояльности клиента, при взаимодействии с постоянно некорректно обрабатывающей запросы системой. В тоже время, в существующих реалиях все сильнее встают проблемы «узкого горлышка», связанные со множеством факторов, в частности роутинг входящих заявок.

Сегодня на рынке представлено множество систем для распознавания речи, анализа категорий текста, а также синтеза речи. Есть и совершенно простые системы, разрабатываемые для исследовательских задач. Также есть и современные, и мощные системы, которые способны выполнить опи-

сываемую задачу, но зачастую подобные технологии являются нецелесообразными по экономическим показателям. Цель данной статьи – определение максимально эффективного стека технологий для выполнения поставленной задачи.

Постановка задачи

Разработать и обосновать использование экспертной голосовой системы, способной отвечать на поставленные вопросы пользователей, а также осуществлять роутинг по отделам компании.

Архитектура системы

Система реализована на внешних серверах с использованием виртуальной АТС. При обнаружении входящего звонка система перехватывает управление коммутацией и отвечает на звонок. После соединения с абонентом произносится заранее заготовленная речь, мотивирующая пользователя задать вопрос. Вопрос, задаваемый пользователем, записывается, после чего происходит процесс распознавания речи, классификация текста, выполнение алгоритма, согласно классифицированному сценарию и дальнейший синтез ответа в голосовом формате.

Этапы реализации системы

Распознавание вопроса пользователя

Распознавание вопроса пользователя состоит из нескольких этапов:

Метод MFCC преобразует исходный дискретный сигнал, записанный при помощи **PCM** (импульсно-кодовой модуляции), в набор **мел-частотных** (рис. 3) **кепстральных коэффициентов** [1]. Это необходимо для снижения количества данных, поступающих на вход акустической модели, при сохранении полезности этих данных – такой процесс называется **процессом извлечения признаков**.

В соответствии с методом MFCC необходимо сначала исходный дискретный сигнал (рис. 1) преобразовать в его частотный спектр (рис. 2), используя для этого преобразование Фурье [5].

Затем на полученный спектр накладывается цепочка треугольных фильтров (рис. 4), равномерно расположенных на мел шкале, и после этого получается набор мел-частотных спектральных коэффициентов. Последним шагом при помощи дискретного косинусного преобразования [5] необходимо получить мел-частотные **кепстральные коэффициенты**.

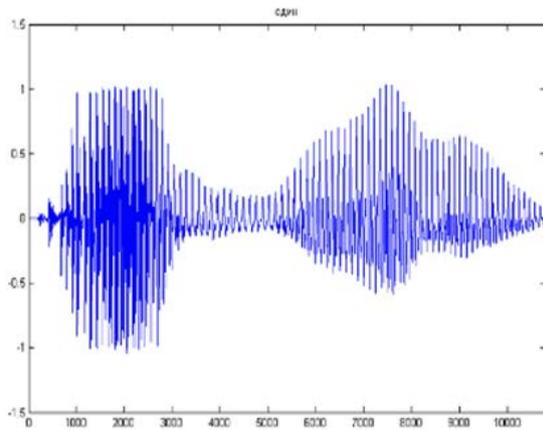


Рис. 1. Временное представление звукового сигнала

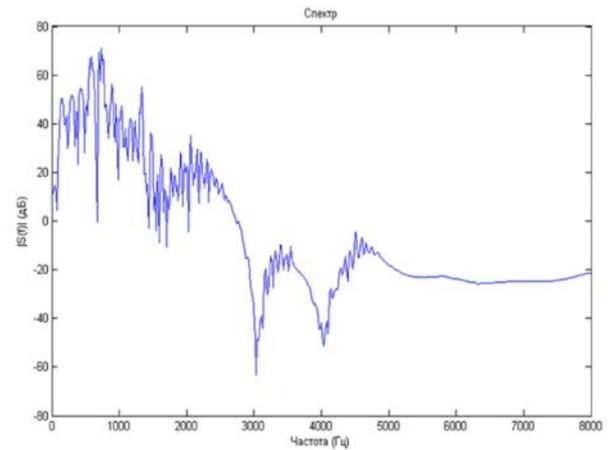


Рис. 2. Частотный спектр сигнала

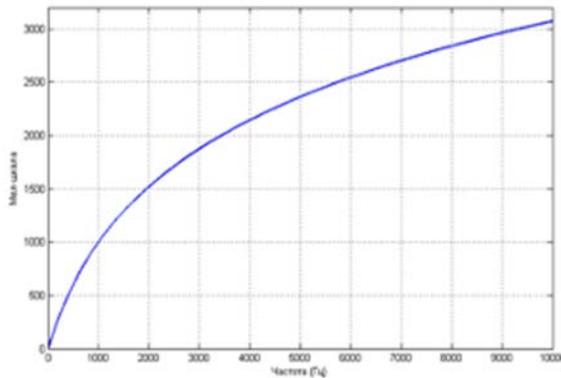


Рис. 3. Визуализация мел частот

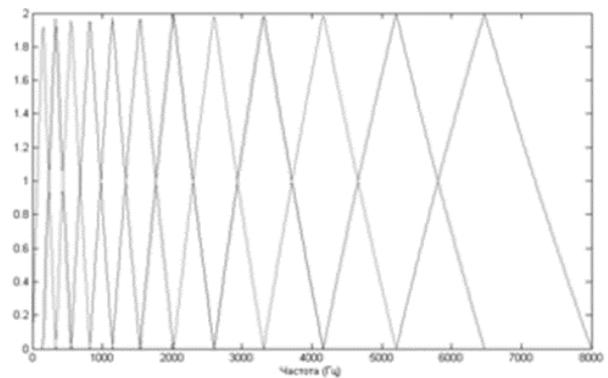


Рис. 4. Наложение треугольных фильтров

Таким образом, при помощи **метода MFCC** (рис. 5) были получены из большого объема входных данных звуковой дорожки несколько коэффициентов, которые являются исчерпывающей характеристикой распознаваемых фонем.

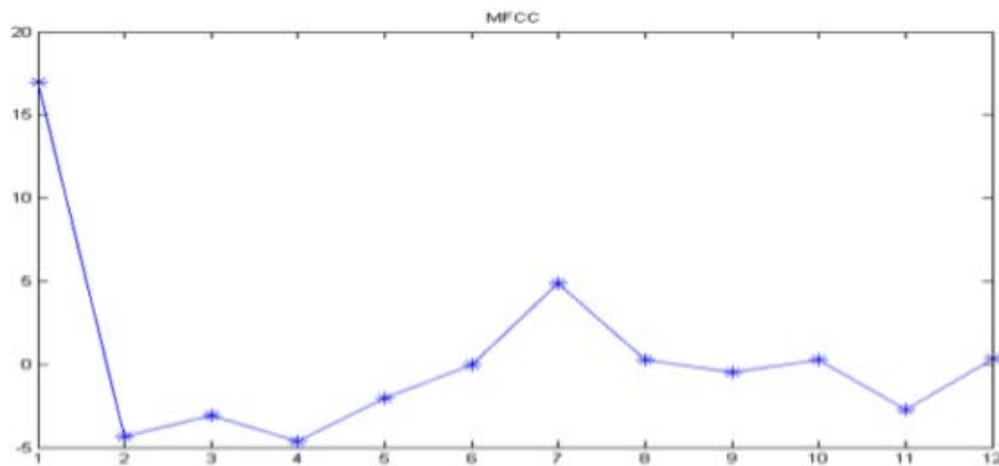


Рис. 5. Исходные данные после снижения качества сигнала

Акустико-фонетическая модель

Акустико-фонетическая модель нужна для сопоставления полученных признаков конкретным фонемам (цепочке фонем) на выходе. Так как системы фонем могут отличаться, то обычно для такой модели необходимо составить словарь фонем (или взять уже готовый). В данном случае используется система фонем ЛФШ (Ленинградской фонологической школы). В качестве реализации акустико-фонетической модели был взят тандем TDNN (*Time delay neural network*) – искусственная нейронная сеть с временными задержками и НММ (*Hidden Markov Model*) – скрытая марковская модель.

Time delay neural network (TDNN)

TDNN (рис. 6) [7] или нейронные сети с временными задержками [5] были спроектированы специально для задачи распознавания речи. Их ключевая особенность заключается в том, что они не чувствительны к сдвигам акустических данных во времени. На вход такой сети подается вектор коэффициентов, полученных в модуле извлечения признаков. Каждый такой вектор вычисляется для окна определенной длины (в мс) и предположительно содержит информацию об одном звуке (фонеме). При этом фонема может быть сдвинута во взятом окне по времени и, следовательно, этот сдвиг отобразится и на конечных коэффициентах. Для того чтобы этот сдвиг не влиял на точность распознавания, в таких сетях реализован механизм временных задержек. Для каждого входного сигнала вместо одного весового коэффициента существует несколько таких. Один весовой коэффициент служит для распознавания сигнала в текущем времени и еще N для распознавания сигнала с задержкой (со сдвигом). Обычно на первом скрытом слое сети $N = 3$, что считается достаточным для распознавания на малых промежутках времени. Так же у TDNN есть небольшое преимущество перед RNN (рекуррентными нейронными сетями), которое заключается в том, что для обучения TDNN можно использовать стандартный алгоритм обратного распространения ошибки, так как у таких сетей отсутствуют рекуррентные связи.

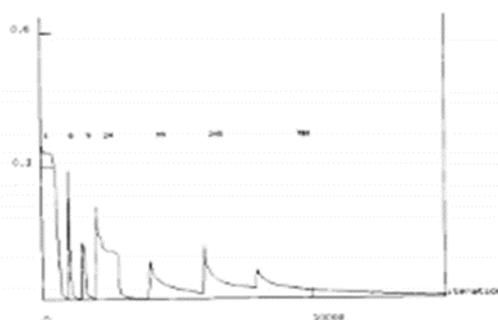


Рис. 6. Процесс обучения TDNN

Hidden Markov Model

Марковская модель [8] (рис. 7) – это статистическая модель, имитирующая работу процесса, похожего на марковский процесс. Марковский процесс – это случайный процесс, будущее которого не зависит от прошлого при известном настоящем. Другими словами, марковская модель представляет собой граф состояний с вероятностными переходами, где вероятность переходов между вершинами графа (состояниями) зависит только от текущего состояния. *Скрытая* марковская модель предполагает, что системе не известно точно в каком состоянии она находится, но может предполагать об этом по наблюдаемым признакам. В данном случае конкретные состояния – это фонемы, а наблюдаемые признаки – полученные нами коэффициенты (MFCC). Для обучения марковской модели необходим словарь транскрипций, по которому можно построить вероятностный граф.

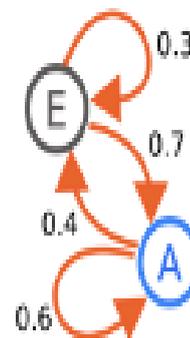


Рис. 7. Марковская модель (или цепь Маркова)

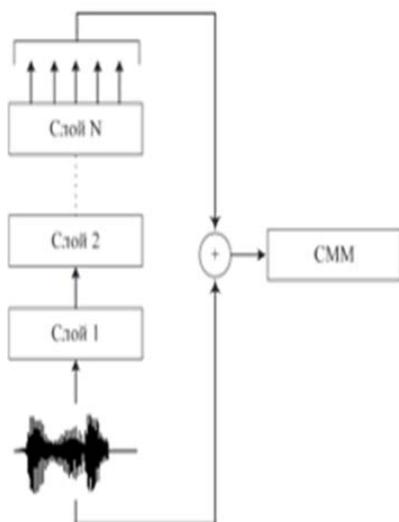


Рис. 8. Архитектура тандемной модели

В Тандеме (рис. 8) [7] марковская модель отвечает за получение правильной последовательности фонем (которой по словарю транскрипций можно подобрать слово), а нейронная сеть отвечает за более точное распознавание фонем.

Лингвистический блок

Лингвистический блок содержит информацию о структуре распознаваемого языка или точнее о вероятности той или иной последовательности слов. Таким образом можно определить наиболее вероятное слово идущее за какой-либо цепочкой слов. Чаще в моделях используются N-граммы для распознавания це-

почек слов, но в данной реализации модели в лингвистическом блоке используется FST (*finite-state transducer*) или просто конечный автомат-преобразователь. Конечный автомат преобразует входную последовательность в выходную, используя вероятностную модель.

Декодирование

Последний этап в распознавании речи – это декодирование [3]. Здесь определяется наиболее вероятная конечная последовательность слов с уче-

том данных с акустической модели и языкового блока. Поскольку достаточно вероятных последовательностей может быть много, а вычисление истинной это трудоемкий процесс, то эта задача вынесена в отдельный модуль ASR – декодер, который и занимается определением самой правдоподобной гипотезы. Делает он это в случае нашей модели при помощи алгоритма прямого-обратного хода.

Список используемых источников

1. Заковряшин А. С., Малинин П. В., Лепендин А. А. Применение распределений мел-частотных кепстральных коэффициентов для голосовой идентификации личности // Известия Алтайского государственного университета. 2014. № 1-1 (81). С. 156–160.
2. Беленко М. В., Балакшин П. В. сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым исходным кодом // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 04 (58) Часть 4. С. 13–18. doi: 10.23670/IRJ.2017.58.141
3. Тампель И. Б., Карпов А. А. Автоматическое распознавание речи: учебное пособие. СПб. : Университет ИТМО, 2016. 112 с.
4. Kald-asr. URL: <https://github.com/kaldi-asr/kaldi>: kaldi-osr project.
5. Хабр. URL: <https://habr.com/ru/post/140828/>.
6. Худонг Хуонг, Алекс Асеро Обработка разговорного языка: руководство по теории, алгоритму и разработке системы. Prentice Hall, 2001. ISBN 0130226165
7. Waibel A., Hanazawa T., Hinton G. Phoneme recognition Using Time-Delay Neural Networks // IEEE Transactions on acoustics, speech and signal processing viol 37. NO. 3 march 1989.
8. Цепь Маркова [Электронный ресурс]. Wikipedia: сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/wiki/Цепь_Маркова

Статья представлена заведующим кафедрой ЗСС СПбГУТ кандидатом технических наук, доцентом А. А. Зарубиным.

УДК 130.2
ГРНТИ 02.41.01

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМИОТИЧЕСКОГО МЕТОДА: ПОСТМОДЕРНИСТСКИЙ АНАЛИЗ

И. Е. Астафьева

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рожденная в недрах структурализма культур-философская традиция аргументации лингвистической природы знака долгое время определяла направление семиотических исследований. И только в последние десятилетия прошлого столетия своеобразным научным трендом становится обращение к анализу нелингвистического знакообразования. Семиотической деконструкции подверглись технические системы,

экономические явления, политический дискурс, дизайнерские решения в городской среде и многое другое. Эта практика существенным образом расширила исследовательские пространства многих научных областей и породила великое множество междисциплинарных экспериментов.

семиотический метод, структурализм, постмодернизм, текст культуры, интертекст.

Структурализм, выкристаллизовавшийся в качестве самостоятельного научного направления на стыке 50–60-х годов 20 века, как синтез неокантианской теории символических форм культуры (Э. Кассирер), структурного анализа (Ф. Боас, Э. Сепир), литературоведения (В. Я. Пропп), и психоаналитической концепции бессознательного (К. Г. Юнг), распространил возможности применения структурного анализа не только на социокультурную, но и на метафизическую проблематику. Структурно-семиотический подход к культуре как совокупности знаковых систем и культурных текстов, продемонстрировал возможности экспансии этого принципа не только на пограничные научные сферы (культурная антропология, герменевтика), но и шире (теория информации, синергетика), что, в конечном счете оказалось весьма продуктивным. Однако, при всем эвристическом потенциале метода, кризис структурализма отчетливо выявил и опасность его экстраполяции «на весь спектр антропологической проблематики (особенно. – И. А.) в условиях нерешенности вопроса об универсальных единицах и критериях анализа» [1].

Постструктурализм (неоструктурализм), объединивший ряд социально-гуманитарных и философских подходов к интерпретации культурных текстов, принципиально отличающихся от структуралистского, стал своего рода выходом из этого методологического тупика. Сохранив отношение к культуре как текстовому пространству, постструктурализм радиально изменяет сам подход к пониманию текста. Интерес к внутренним закономерностям, правилам образования и преобразования текста, отличающий структуралистские исследования, сменяется «отрицанием структурности», сосредоточением на контексте, как совокупности факторов/ обстоятельств, находящихся за пределами текста, но принципиальным образом определяющих его.

Идеи деконструктивизма (Ж. Деррида), теоретические построения постфрейдистов (Ж. Лакан), шизоанализ (Ж. Делез), концепцию «открытого текста» (У. Эко) часто упоминают, рассуждая о философско-методологических основах постструктурализма. Как упоминают Р. Барта, М. Мерло-Понти, Ж. Бодрияра, Ж.-Ф. Лиотара в качестве создателей новой парадигмы эстетических ценностей, оформившейся как постмодерн.

Р. Барт ввел в научный оборот ключевые постструктуралистские понятия: «знакоборчество», «смерть автора», «нулевая степень письма», «эффект реальности» и др.). Он же определил принципиально отличное от

структуралистского понимание текста, где «каждый текст является интер-текстом; другие тексты присутствуют в нем на различных уровнях в более или менее узнаваемых формах: тексты предшествующей культуры и окружающей культуры. Каждый текст представляет новую ткань, сотканную из старых цитат» [2]. Вслед за ним Ю. Кристева, раскрывая существование любого текста исключительно как процесса и результата переплетения, эклектического взаимопроникновения, трансформации множества разнообразных текстов, обосновывает появление еще одного постструктуралистского термина - «интертекстуальность» [3]. Отныне исключительно неоднородность, открытость и полисемичность выступают принципами бытия текста.

Разрушая сам принцип структурности, постмодернисты провозглашают: «нет текста, кроме интертекста». Вновь созданное имеет право на существование только на пересечении уже известного, освоенного, в обрамлении узнаваемых заимствований. Жонглирование терминологией бесконечное цитирование - это никак не мировоззренческий тренд, а неотъемлемая часть и смысловосприятия, и творчества.

Пересмотру подверглась и дуальная модель знака Ф. де Соссюра. Здесь Ж. Деррида категоричен: любое означаемое уже изначально есть и означающее, или, что, точнее «означающее означающего» [4]. Этому тезису созвучна крайне психологичная и эмоциональная интерпретация структуры знака Ж. Лакана, введшего в постструктуралистский лексикон понятие «скользящее обозначаемое», где «символ проявляется как убийство вещи, которую он замещает» [5]. Идея, что знак фиксирует «наличие отсутствия» реального объекта или события, оказала принципиальное влияние на развитие всей постструктуралистской традиции. Развивая интенцию, Ж. Бодрийяр заключил: «агонизирующая реальность» симулирует смыслы при помощи иллюзорной видимости – симулакра, в которой реальности больше, чем в «собственно реальности» [6].

Постулат озвученный Ж. Деррида: «пришлось осознать, что центра (структурированности – И. А.) не существует, что у него нет естественного места, а есть лишь некая функция, нечто вроде не-места, в котором до бесконечности разыгрываются замещения знаков» [7], обозначил концептуальное замещение понятия структурности категорией «ризомы», фиксирующей принципиально хаотический способ организации целостности и выступающей в качестве модели современной культуры, развивающейся вне синхронности и упорядоченности. Подобный подход позволяет рассматривать культуру в качестве «постисторической помойки» (Ж. Бодрийяр), необозримой свалки накопленных за всю историю человеческого рода артефактов, образов, традиций, норм. Очевидна дискуссионность подобного утверждения и, поскольку любая историческая эпоха репрезентирована в текстах ее составляющих, закономерны попытки анализа реальности в качестве безгранич-

ного текста, «универсальной библиотеки» (А. Моль), «космической библиотеки» (В. Лейч), «энциклопедии» (У. Эко). Содержательно и библиотека, и энциклопедия – суть системы упорядоченные.

Структуралистская «интерпретация» заменяется теперь «деконструкцией». Ж. Деррида называет ее обнаружением скрытых, «спящих», «остаточных смыслов», поскольку любая иерархия склонна подчинять или утаивать вероятные концепты. В морфологическом, лексическом, стилистическом и психологическом плане деконструкция текста предполагает дробление на составляющие, обнаруживающие его контекстный пласт (авторское амплуа, исторические реалии, тень дискурса власти), при чем исследовательский интерес сосредотачивается на внесистемных, маргинальных, интуитивно считываемых смыслах. Смыслах моделирующих гипертекстовое пространство, где «гипертекст» предстает как модель организации и воплощения нелинейного, дисперсного, неисчерпаемого текстового пространства. «Такой идеальный текст пронизан сетью бесчисленных, переплетающихся между собой внутренних ходов, не имеющих друг над другом власти; он являет собой галактику означающих, а не структуру означаемых; у него нет начала, он обратим; в него можно вступить через множество входов, ни один из которых нельзя признать главным; вереница мобилизуемых им кодов теряется где-то в бесконечной дали» [8].

Вспомним М. М. Бахтина, настаивавшего на бесконечности смыслового выражения, герменевтических интерпретаций, сформулировавшего важнейший тезис всей постструктуралистской теории: «всякий говорящий сам является в большей или меньшей степени отвечающим: ведь он не первый говорящий, впервые нарушивший вечное молчание вселенной, и он предполагает не только наличие системы языка, которым он пользуется, но и наличие каких-то предшествующих высказываний – своих и чужих... (опирается на них, полемизирует с ними, просто предполагает их уже известными слушателю). Каждое высказывание - это звено в очень сложно организованной цепи других высказываний» [9].

Гиперреальностью называет Ж. Бодрийяр современную культуру, наблюдая в основе ее строения реализацию мировоззренческих основ постмодерна: интертекстуальности, плюралистичности, децентрализации, фрагментарности. Он склонен утверждать невозможность существования гомогенного, целостного социокультурного пространства, обосновывая утопичность изучения культуры как системы.

Тем не менее, высокая эвристичность постмодернистской философии знака предопределила устойчивую тенденцию внедрения семиотического метода в практику изучения неосознаваемых структур в самых разных социокультурных областях. Познавательную эффективность демонстрирует обширный спектр исследований: в рамках социологии политики (П. Бурдьё), социальной семиотики (Р. Ходж, Г. Кресс), коммуникативистики

(С. Томпсон). Оформились понятийный аппарат и концептуальные основы культурной семантики (культурсемиотики), семантической эстетики. В качестве особой проекции семиотического знания в России активно развиваются: психосемиотика (семиосоциопсихология) сосредоточившаяся на изучении социально-психологических процессов, связанных с коммуникативной деятельностью индивидов, групп, организаций и социальных институтов; этносемиотика, объединившая вопросы развития естественных языков, этнических семантических форм и процессов; семиотика потребления, изучающая знаковую природу стереотипов, образов и моделей потребительского поведения. Очевидна тенденция к расширению исследовательского поля семиотического метода за счет включения в него специфических знаковых систем (реклама, медиа, игровое моделирование реальности, архитектура и т. д.).

Очевидно, что в силу особенностей своего оформления (на острие самых разнообразных, зачастую взаимоотрицающих, концепций и теорий) семиотический метод продолжает эволюционировать как междисциплинарная стратегия, своего рода мост между естественными, гуманитарными научными областями и искусствами, задающий направление развития не только семиотике искусства, семиотике кино, семиотике фото, но и биосемиотике, экосемиотике, компьютерной семиотике, а так же многим другим отраслям, за каждой из которых стоят исследовательские группы, научные центры и международные сообщества.

Список используемых источников

1. Культурология. XX век: энциклопедия / гл. ред., сост. С. Я. Левит. СПб. : Университетская книга, 1998. Т. 2. С. 234.
2. Барт Р. Избранные работы: Семиотика. Поэтика. М. : Прогресс: Универс, 1994. С. 418.
3. Кристева Ю. Семиотика: критическая наука и/или критика науки // Вестник МГУ. Сер. 9. Филология. 1997. № 1. С. 122–135.
4. Деррида Ж. О грамматиологии. М. : Ad Marginem, 2000. С. 120.
5. Лакан Ж. Функция и поле речи и языка в психоанализе. М. : Гнозис, 1995. С. 143.
6. Бодрияр Ж. Симулякры и симуляция. М. : Постум, 2018.
7. Бодрияр Ж. Система вещей. М. : Рудомино, 1995. С. 39; 65–66; 128.
8. Барт Р. Избранные работы: семиотика, поэтика. М., 1989. С. 384–391.
9. Бахтин М. М. Эстетика словесного творчества. М. : Искусство, 1986. С. 247.

УДК 159.9
ГРНТИ 15.81.35

РЕСУРС ОПТИМИЗМА КАК ФАКТОР УСПЕШНОГО ЛИДЕРСТВА

Е. В. Белова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются особенности пессимизма и оптимизма по М. Селигману с точки зрения принятой в отечественной психологии классификации психических явлений на свойства, состояния и процессы. Обсуждается связь оптимизма и пессимизма с личностными факторами по модели Р. Кеттелла и феноменом стрессоустойчивости. Показано, что оптимизм и пессимизм являются интегральными свойствами личности второго порядка. Проявление оптимизма зависит от стрессогенности ситуации, определяется устойчивостью и генерализацией оптимистичной установки, что особенно важно для успешного лидерства.

оптимизм и пессимизм, адаптированность, стрессоустойчивость, успешное лидерство, личность и ситуация.

Согласно исследованиям, проведенным Мартином Селигманом и коллегами [1], установка на оптимизм позитивно влияет на многие сферы жизни человека: психологическое и физическое здоровье, воспитание детей, успех в профессиональной деятельности и т. д. Если пессимизм ведет к депрессии и снижению эффективности во всех сферах активности, то установка на оптимизм, напротив, способствует успешности. Автор исследовал влияние оптимизма на различные сферы деятельности, отмечая позитивную корреляцию между оптимизмом и личным, а также командным успехом военных, спортсменов, страховых агентов, студентов, руководителей. С точки зрения подготовки успешных профессионалов, в том числе и лидеров, операционализация оптимизма и его качественное определение представляется перспективной задачей, позволяющей формировать оптимистичную установку и повышать эффективность профессиональной деятельности. М. Селигман утверждает, что успех связан со способностями и талантами, мотивацией, но решающим во многих сферах деятельности является именно оптимизм.

Пессимизм способствует возникновению депрессии, порождает инертность, сопровождается плохим физическим и эмоциональным самочувствием (печаль, подавленность, беспокойство, тревога), самоподдерживается (с помощью руминации или установки на неудачу). М. Селигман

находит общность в проявлениях пессимизма, выученной беспомощности и депрессии, а также упоминает о связи оптимизма с локусом контроля, мотивацией достижений и мотивацией избегания неудач и со склонностью к риску: т. е. теми качествами, которые в рамках исследования личности предпринимателей и менеджеров чаще всего изучаются для оценки их потенциальной успешности.

М. Селигман связывает оптимизм с ценностно-мотивационными, эмоционально-волевыми, когнитивными и поведенческими сферами психики, но, если для пессимизма симптоматика проявлений в различных сферах дана, то для оптимизма характеристика описана размыто, т. е. психологическое содержание оптимизма в работах М. Селигмана не раскрыто. Можно предположить, что оптимизм является неким интегральным качеством, системным эффектом взаимодействия отдельных сфер психики, личностных качеств, состояний и свойств. Определение оптимизма требует решения нескольких задач: во-первых, необходимо уточнить принадлежность данного явления к классу психических процессов, состояний, свойств. Во-вторых, необходимо определить, какие психические процессы, состояния и свойства являются основой оптимизма.

Для решения данных задач обратимся к исследованиям М. Селигмана. Он отмечает связь оптимизма с такими факторами 16-факторного опросника Кеттелла, как: О («спокойствие – тревожность» или «гипертимия-гипотемия»), С («эмоциональная нестабильность – эмоциональная стабильность» или «слабое Я-сила Я»), Q3 («низкий самоконтроль – высокий самоконтроль» или «импульсивность-контроль желаний»). Методика Кеттелла – это интегральный опросник диагностики личностных особенностей. Подчеркнем, что все три перечисленных фактора первого порядка относятся к фактору второго порядка «тревожность-приспособленность». Следовательно, оптимизм относится к психическим свойствам личности, причем второго порядка, т. е. является интегральным психическим образованием.

Согласно Р. Кеттеллу, личность с отрицательным полюсом фактора С («сила Я-слабость Я») раздражительна, не удовлетворена жизнью, собственным здоровьем, кроме того, эта личность безвольна. Наиболее значимые характеристики фактора в L-данных: невротические симптомы, беспокойство о здоровье, переменчивость и неустойчивость интересов, данный тип людей легко расстраивается и уклоняется от ответственности, впадает в панику, не доводит дело до конца, проявляет несдержанность в спорах, тревожность и опасения, разнообразие невротических реакций и усиление защитных реакций при стрессе. Положительный ракурс фактора С дает следующие L-данные: отсутствие неврозов, излишней заботы о здоровье, постоянство интересов и реалистичность, спокойствие и настойчивость, самоконтроль, безмятежность, успешность в лидерстве, более высокие моральные качества. Содержание фактора второго порядка «тревожность-приспособленность»

(особенно фактора С) близко к содержанию общего нейротизма по Г. Айзенку.

Фактор О («гипотимия – гипертимия») играет не меньшую роль в определении установки на оптимистичное поведение. Люди с «О-» характеризуются как веселые, бодрые, жизнерадостные, они верят в себя, не склонны к страхам, самоупрекам, мало чувствительны к оценкам окружающих. Личности с высоким показателем «О+» большую часть времени находятся в тревожном, подавленном настроении, испытывая чувство неполноценности и одиночества, склонны тяжело переживать любые жизненные неудачи, поддаваться под чужое влияние. Такие люди не верят в себя, склонны к самоупрекам, недооценивают свои возможности и способности. Фактор О может быть сильно подвержен влиянию стрессовой ситуации, что в большей мере характерно для психических состояний, чем для черт личности. «О+» позволяет предположить наличие депрессии, особенно в сочетании с «Е-», «F-» и «Q4+».

Фактор Q3 («контроль желаний – импульсивность» или «высокий самоконтроль поведения – низкий самоконтроль») связан и с пессимизмом, и с успешностью. Высокие показатели по фактору Q3 свидетельствуют об организованности, умении хорошо планировать, контролировать свои эмоции и поведение, обдумывать ситуацию, преодолевать препятствия, не останавливаться при столкновении с трудными проблемами, хорошо осознавать социальные требования и заботиться о своей общественной репутации, быть руководителями команд. Низкие показатели по фактору Q3 указывают на слабую волю и плохой самоконтроль (особенно над желаниями), отсутствие конструктивного направления и порядка действий. Такие люди часто меняют место работы, не достигают мастерства и не идентифицируются с профессиональной деятельностью. Личности с «Q3-» сложно адаптироваться в большой корпоративной или управленческой иерархии. Фактор Q3 является одним из наиболее важных факторов для прогноза успешности деятельности.

Следовательно, оптимизм и пессимизм в терминологии отечественной психологической парадигмы можно отнести к регуляторной сфере, т. е. к эмоционально-волевым явлениям. Оптимистичный человек, если проинтерпретировать данные факторы по Кеттеллу [2], эмоционально устойчивый, зрелый, спокойный, контролирующий себя, безмятежный. Пессимист проявляет эмоциональную неустойчивость, поддается чувствам, обвиняет себя, демонстрирует неуверенность, импульсивность, неорганизованность и, возможно, обидчивость. Данные особенности пересекаются с проявлениями «сверхчувствительных» людей по Илсе Санд [3]. Завышенные требования и заниженная самооценка также может коррелировать с установкой на перфекционизм.

Показателями склонности человека к оптимизму или пессимизму являются следующие эмпирически выявленные М. Селигманом и коллегами параметры: устойчивость или неустойчивость, специфичность или универсальность (генерализация), внутренняя или внешняя (персонализация) установка. Тем не менее, данные параметры не являются одноуровневыми. Базовым для определения оптимизма или пессимизма является персонализация. В зависимости от преобладания влияния ситуации или личности, а также устойчивости и генерализации можно говорить о состоянии депрессии или пессимизме как свойстве характера. Основные параметры психических состояний [4] – это длительность, направленность, устойчивость, интенсивность. На основе психических процессов (познавательные, эмоциональные и волевые) формируются определенные состояния, происходит формирование знаний, умений и навыков. Психические состояния влияют на течение и результат психических процессов и могут способствовать или тормозить деятельность.

Симптомы депрессии по DSM-III-R и признаки выученной беспомощности пересекаются (за исключением суицидальных мыслей и действий): подавленное настроение, утрата интереса к обычной деятельности, потеря аппетита, бессонница, психомоторная заторможенность (медленное мышление и движения), потеря энергии, чувство бесполезности и вины, снижение способности думать и концентрироваться. Если рассмотреть наиболее характерные проявления такого состояния как стресс в субъективных переживаниях, поведении и нарушении физиологических функций, то можно отметить: ощущение потери контроля над собой, дезорганизацию продуктивности деятельности (рассеянность, принятие ошибочных решений, снижение работоспособности), вялость, апатию, повышенную утомляемость, расстройства сна (в том числе более долгое засыпание, раннее пробуждение), нарушения в эмоциональной сфере (раздражительность, снижение настроения, придирчивость, необоснованная критичность), нарушение аппетита, увеличение количества приема психоактивных средств (успокаивающих или стимулирующих), переживание психического дискомфорта и жалобы со стороны нервно–психической сферы, нарушение продуктивности познавательных функций (снижение внимания, памяти, мыслительных процессов и др.), наличие физического дискомфорта и неприятных ощущений со стороны соматической системы организма (головная боль, боли в мышцах, спине, изжога, повышение давления).

Как отмечает Н. Е. Водопьянова [5], что стрессовая симптоматика достаточно разнообразна и изменение психического состояния может проявляться во всех сферах психики: в эмоциональной сфере (чувство эмоционального подъема или, наоборот, обострение тревоги, апатии, депрессии, эмоционального дискомфорта); в когнитивной (восприятие угрозы, опасности, оценка ситуации как неопределенной); в мотивационной (мобилизация

сил или, напротив, капитуляция (избегание, уход от стресс-факторов), потеря мотивации и интересов); в поведенческой сфере (изменение активности, привычных темпов деятельности, часто появление «зажатости» в исполнительных движениях).

Исходя из общности проявлений депрессии, стресса и пессимизма, можно рассматривать все данные явления через концепцию адаптации. Адаптированная личность оптимистична, в отличие от личности, которая в качестве приспособления использует стресс-реакции. Учитывая, что стресс влияет на интенсивность психических процессов во всех сферах (усиливая их или ослабляя), а интенсивность (величина, продолжительность) стресс-реакций индивидуальна (в том числе, зависит от нейротипологических особенностей), можно предположить наличие связи между стрессоустойчивостью личности с установками на оптимизм и пессимизм. Более того, именно в поведенческой сфере, через изменение эмоционально-когнитивных установок и стрессовые состояния, и депрессия, и пессимизм поддаются коррективке. Так, рационально-эмоциональная терапия (RET) согласно данным М. Селигмана позволяет работать через когнитивную и эмоциональную сферу с пессимистичными установками и депрессией, повышая адаптированность личности к стрессовым ситуациям.

Таким образом, оптимизм и пессимизм являются интегральными свойствами личности второго порядка. Проявление оптимизма зависит от стрессогенности ситуации, устойчивости и генерализации оптимистичной установки. Повышение уровня оптимизма способствует адаптированности личности, что может быть решено с помощью изменения эмоционально-когнитивных установок с пессимистичных на оптимистичные с сохранением реалистичного отношения, позволяющего для оптимистичных целей найти возможные ресурсы. Исследование оптимизма как интегрального образования личности позволит найти пути повышения успешности деятельности, в том числе, руководителей и лидеров, чья активность связана с действием сильных стрессогенных факторов.

Список используемых источников

1. Селигман М. Как научиться оптимизму: Измените взгляд на мир и свою жизнь. М. : Альпина Паблишер, 2018. 338 с.
2. Капустина А. Н. Многофакторная личностная методика Р. Кеттелла. СПб. : Речь, 2001. 112 с.
3. Санд И. Близко к сердцу: Как жить, если вы слишком чувствительный человек. М. : Альпина Паблишер, 2018. 164 с.
4. Маклаков А. Г. Общая психология. СПб. : Питер, 2001. 592 с.
5. Водопьянова Н. Е. Психодиагностика стресса. СПб. : Питер, 2009. 336 с.

УДК 159.9
ГРНТИ 15.81.91

РИСКИ ЦИФРОВОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ МОЛОДЕЖИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Е. В. Белова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье обсуждается проблема виртуальной среды как объекта исследования новой отрасли психологии: виртуальной психологии. Рассматривается новый вид социализации молодежи (цифровая социализация) с точки зрения принятой в отечественной психологии классификации сфер психики (эмоционально-волевой, когнитивной, коммуникационной, ценностно-мотивационной и поведенческой). Обсуждается информационно-коммуникационная природа виртуальной среды, в которой проходит социализация современной молодежи и специфика информационно-коммуникационного поведения молодежи в виртуальной реальности. Обозначаются риски и перспективы цифровой социализации.

виртуальная психология, виртуальная реальность, цифровая социализация, риски и перспективы цифровой социализации.

Как отмечают многие общественные и научные издания, доля присутствия молодежи в интернете растет с каждым годом и в России, и за рубежом [1]. По оценкам родителей, их несовершеннолетние дети почти не тратят время в интернете на общение (40 %), а если и тратят, то до двух часов в день (25 %). Напротив, на просмотр видео и фотографий, прослушивание музыки и онлайн-игры больше двух часов в день тратят 61 % детей. На поиск информации по учебе — более 45 %. При этом, около 94 % родителей пользующихся интернетом подростков считают, что взрослые должны следить за тем, какие сайты посещают дети. В кризисных ситуациях (например, связанных с пандемией коронавируса COVID-19) степень дигитализации общества растет, затрагивая и более старшие слои населения. Риски и возможности подобного роста пока остаются неизученными во многом потому, что требуется системная оценка проявления человека в виртуальной среде. Данный вопрос связан, в первую очередь, с тем, что виртуальная среда не тождественна константной реальности, она является искусственно созданной самим человеком, ограничена технически, поэтому можно предположить, что не все проявления психических явлений в данной среде возможны, а те, которые проявляются, в своей феноменологии отличаются от проявлений в константной реальности.

Моделирование цифровой реальности, определение ее системообразующих факторов и целостное осмысление исследователями и пользователями данного феномена катастрофически не успевают за саккадическими изменениями, характеризующими новую виртуальную реальность XXI века. Именно в силу того, что ни одна отрасль психологии не рассматривает данную проблему как ключевую для своего направления исследований, качественная научная психологическая оценка, описание и объяснение данных изменений до сих пор остаются фрагментарными. Несмотря на тотальное присутствие виртуальной среды в нашей жизни, исследование ее влияния на человека остается уделом отдельных энтузиастов, работающих в различных отраслях психологии и других наук.

Тем не менее, данная задача решается в области новой отрасли психологии, виртуальной психологии, чьим объектом исследования является виртуальная реальность, а предметом – проявление психики в данной реальности. Оформление виртуальной психологии как новой отрасли позволит системно изучить проблемы виртуальной среды, цифровой социализации молодежи, форм интеракций, мыследеятельности и коммуникаций в виртуальной среде [2]. Более того, сравнение проявлений феноменов, изученных в психологии с точки зрения константной реальности, с их спецификой проявления в виртуальной реальности, поможет приблизиться к пониманию сущности психики в целом не менее, чем помогает сравнение психики человека и животных в зоопсихологии, сравнение нормы и патологии психики в патопсихологии или сравнение особенностей развития психики в возрастной психологии. Если предметная область виртуальной психологии в XX веке представляла собой еще гипотетическое поле теоретико-практических исследований, основанных на прогнозе развития компьютерных (в первую очередь) технологий, то в XXI веке цифровое присутствие становится нормой, что означает необходимость развития виртуальной психологии как отдельной отрасли.

Сложность понимания роли виртуальной реальности заключается в ее дифференциации. Так, континуум реальность (*physical reality, real world*) – виртуальность (*digital, virtual reality*) по Полу Милграму и Фумио Кишино [3] еще в 1994 учитывал разные градации смешанной реальности, т. е. промежуточные стадии перехода от чисто виртуальной среды к физической реальности. Тем не менее, несмотря на уверенность исследователей в наличии реального мира и виртуальной реальности, расположение промежуточных стадий на шкале Милграма-Кишино является спорным.

Данная проблема обусловлена не только привычной для современной науки, занимающейся практико-ориентированными проблемами, терминологической путаницей, но и базовым отсутствием понимания самой природы разных видов реальности, природы психики и особенностей отражения психикой человека разных видов реальности, вносящих ряд

дополнительных искажающих факторов. Рассмотрим некоторые отличия виртуальной реальности по сравнению с константной с точки зрения проявления психики. Согласно системной модели В. А. Ганзена [4] существуют системные параметры описания любого объекта, в том числе, психики: пространственно-временные и энерго-информационные. При этом, в константной реальности трудность исследования психики связана с отсутствием ряда ее ключевых параметров: возможности непосредственного наблюдения за психикой (только опосредованно, через поведение, например), четких пространственно-временных границ ее проявления и др. Системная модель психики подразумевает учет функций отражения и регулирования (в активных и реактивных формах), что вполне возможно в виртуальной среде, а также функции интеграции, которая осуществляется благодаря сознанию, вниманию и памяти.

Можно предположить, что в виртуальной реальности (как «экстремуме виртуальности») пространственные, временные параметры искажаются, энергетические и информационные также претерпевают изменения. Как уже отмечалось [2], информационная сущность психических процессов делает психику уязвимой перед виртуальной средой, затрудняя процесс дешифрации сигналов от виртуальных объектов, приравнивая «перцепты» к «концептам», уменьшая роль психики как проверенного эволюцией инструмента эффективного взаимодействия с внешним миром. Объединяя психические явления в триады, В. А. Ганзен пытается систематизировать психические явления. Признавая необходимость решения подобной задачи, остановимся на сравнении проявления психических явлений в виртуальной и константной реальности. Так, человек проявляется как субъект познания, мышления и деятельности в виртуальной реальности. При этом, субъектные функции (познания, общения и деятельности) выполняются в данной среде специфически: возникает не просто цифровая личность, а «опосредованный человек», мышление, общение и деятельность, а также Я-концепцию которого детерминирует виртуальная, цифровая среда его обитания.

В многочисленных исследованиях Г. У. Солдатова [5] отмечает, что возникает новое цифровое поколение, которое проходит цифровую социализацию. Цифровая личность (как результат оцифровки всех данных) сближается с реальной личностью, что влияет и на формирование эмоционально-волевой, ценностно-мотивационной, коммуникативной, поведенческой и когнитивной сфер личности.

Так, Г. У. Солдатова отмечает следующие когнитивные эффекты цифрового поколения: эффект Гугл (транзактивная память), т. е. Интернет является внешним носителем информации, когнитивным киберпротезом; многозадачность (повышенная переключаемость и снижение распределяемости внимания); креолизация мышления (сочетание вербальных и невербальных коммуникаций со скрытым подтекстом в форме мемов, демотиваторов

и др.). К данным особенностям следует добавить отсутствие критерия истинности в оценке информации, что повышает эффективность манипулирования и варварского влияния в Интернете. Конструктивный переход от линейного мышления к мышлению в ситуациях неопределенности с широким диапазоном решений для цифрового поколения возможен с помощью целенаправленного формирования системного мышления.

Г. У. Солдатова отмечает следующие перспективные направления исследования цифровой социализации: механизмы формирования идентичности и Я-концепции, особенности самооценки, самопрезентации и ролевого поведения, особенности социального познания, репутации, психического здоровья и др. Среди самых частотных рисков цифровой среды выделяют коммуникационные и технические риски. Интернет-зависимость не является психическим расстройством по медицинским критериям DSM-V и МКБ-10, тогда как игровая зависимость включена в раздел аддикций DSM-V. Ключевые симптомы интернет-зависимости: потеря контроля (бесцельный и длительный веб-дайвинг или веб-серфинг), синдром отмены и потеря реальности. Виртуальные друзья занимают второе по значимости место в жизни подростков: к ним обращаются за советом, просят помощи, помогают в решении проблем, доверяют секреты, делятся переживаниями.

Таким образом, можно прийти к следующим выводам, обобщающим современные исследования виртуальной реальности. Во-первых, природа виртуальной реальности – информационно-коммуникационная. Субъект (пользователь) превращает виртуальную среду в «реальность», в которой проходит цифровая социализация. Во-вторых, критерии перехода среды в реальность необходимо изучить дополнительно. Тем не менее, описать виртуальную среду (реальность) можно на основе пентабазиса В. А. Ганзена (пространств, время, энергия, информация), субстратом которого выступает психика. Сравнение проявления психики в константной и виртуальной реальности поможет не только понять отличия и схожесть данных видов реальности, но и приблизит к пониманию сущности психики. Данным вопросом должна заниматься отдельная отрасль психологии – виртуальная психология, объединяющая знания как различных психологических отраслей, так и информатики, математики, системного анализа и других прикладных сфер. Необходимость развития данной отдельной отрасли обусловлено возникновением новой цифровой среды, виртуальной реальности, которая с учетом саккадического роста технологий выходит за рамки системы «человек-машина» (т. е. области инженерной психологии).

В-третьих, в исследованиях современных авторов пока существуют отдельные предположения относительно специфики проявления различных психических явлений в виртуальной реальности, включая такие категории как личность и мышление. Так, эмоционально-волевая, когнитивная, коммуникационная, ценностно-мотивационная и поведенческие сферы психики

в виртуальной среде проявляются через ряд специфических эффектов. Наиболее изученной является когнитивная сфера, хотя искажения наблюдаются и в других сферах. В-четвертых, формирование цифровой компетентности является не просто признаком образованности современного человека, а условием выживания поколений Z (и будущих поколений). Согласно данным Г. У. Солдатовой, цифровая компетентность как детей, так и их родителей является низкой. Цифровой разрыв проявляется в отсутствии опережения в цифровой компетентности родителей или даже в возникновении технофобии, неофобии, тропофобии, ювинонии и др. проявлений отрицания новой виртуальной среды. Более того, к цифровой реальности не применимы старые формы мышления (наглядно-действенное, наглядно-образное, абстрактно-логическое), зоной ближайшего развития цифрового человечества является системное мышление. Цифровая компетентность, таким образом, формируется стихийно.

В-пятых, миссию на системное формирование цифровой компетентности молодежи и взрослых могут взять на себя ведущие вузы России, в том числе, работающие в технических сферах. Для решения данной задачи необходимо развитие виртуальной психологии как самостоятельной отрасли, рассматривающей взаимодействие отдельного человека и групп людей в виртуальной среде. Без системного исследования данной междисциплинарной проблемы риски цифровой социализации преобладают над возможностями, а человек сравним с философом Чжуанцзы, которому приснилось, что он бабочка, а проснувшись, он не мог понять – человек он, которому приснилось, что он бабочка или бабочка, которой снится, что он человек.

Список используемых источников

1. Короткин А. Дети предпочитают общение онлайн // Газета.ru: сетевое издание. URL: <https://www.gazeta.ru/tech/2015/08/07/7671913/children-internet-safety-and-socialisation.shtml> (дата обращения: 10.02.2020)
2. Белова Е.В. Виртуальное мышление как фокус исследований виртуальной психологии // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2019. Т. 3. С. 589–593.
3. Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays // IEICE Transactions on Information and Systems. 1994. Т. 77. №. 12. Pp. 1321–1329.
4. Ганзен В. А. Системные описания в психологии. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 176 с.
5. Солдатова Г. У. Социальная психология и общество». 2018. Т. 9. № 3. С. 71–80; М. : Альпина Паблицер, 2018. 338 с.

УДК 94
ГРНТИ 03.09.55

ИЗ ИСТОРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ В ЕВРОПЕ: ОПЫТ ФРГ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX В.

И. С. Березина, И. А. Цверианашвили

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья посвящена истории возникновения и развития экологического движения ФРГ, которое занимает особое место в общественно-политической жизни страны. Начиная со второй половины XX века, экологическая проблематика стала одной из самых актуальных в стране, что было связано с идеей кризиса взаимоотношений между человеком и природой в условиях развития индустриального общества. Экологическое движение Федеративной Республики Германия прошло сложный путь развития, начиная от появления первых протестных движений и организаций, заканчивая институционализацией на политическом уровне и оформлением сильной политической партии. Без сомнения, роль «зеленых» в обществе будет расти, и перспективы их развития открываются с пониманием неспособности традиционных политических сил предотвратить экологические проблемы.

экология, экологическое движение, зеленые, партия «зеленых», Германия.

Экологическое движение занимает особое место в общественно-политической жизни ФРГ. Начиная со второй половины XX века, экологическая проблематика стала одной из самых актуальных, и, несомненно, будет оставаться таковой и в будущем. Начало 1960-х годов было отмечено студенческими протестами, которые сотрясли всю Германию. Состояние страны в послевоенное время привело к появлению различных леворадикальных движений. Многочисленные протесты студенческой молодежи ослабили общественный порядок внутри страны. Протестующие активно призывали к демократизации западного общества, освобождению стран третьего мира и критиковали старшее поколение за ужасы фашизма, которые даже после войны никак не могли расстаться с наследием Третьего рейха. На фоне массовых волнений и беспорядков стало формироваться движение «зелёных» [1].

В основе «зелёного» движения лежала идея кризиса взаимоотношений между человеком и природой, как результат быстрого роста производства, который диктовался экономическими интересами или же политическими соображениями. Последствиями такого курса стали загрязнение воды, воздуха, почвы, истребление естественных ресурсов, парниковый эффект, изменение климата, сокращение озонового слоя, разрушение природного

и биологического разнообразия и т. д. В результате чего, росли недовольства среди населения, в особенности тех слоёв, которые не имели возможности компенсировать их за счёт своих доходов [2].

Столкнувшись с нежеланием промышленных структур учитывать интересы населения, «Зелёные» пришли к мысли о необходимости оказывать влияние на процесс принятия решений в обществе. Как правило, к ним примыкали представители профессий, связанных с культурной и социальной деятельностью. Это привело к противостоянию «Зелёных» с профсоюзами, которые представляли интересы промышленных рабочих. Профсоюзы выступали против деятельности экологического движения, которое ставило под угрозу их рабочие места, поскольку улучшение своего благосостояния они связывали именно с развитием индустриализации.

Важным шагом к распространению экологического движения стало развитие ядерного оружия и атомной энергетики 1980-х годов. Эти темы рассматривались как сфера компетенции военной и энергетической политики ФРГ, поэтому противостояние общественности ядерному развитию сталкивало «Зелёных» с властями и вело к усилению радикализации движения. В течение 1970–1980-х годов они организовали во многих городах массовые антиядерные протесты, которые нередко сопровождались захватами стройплощадок и столкновениями с полицией.

Некоторые кампании носили временный характер и проводились до тех пор, пока была возможность остановить запуск очередного промышленного проекта. Наибольший отклик получили конфликты вокруг сооружений АЭС и заводов по переработке ядерных отходов в Вюле (1975), Брокдорфе (1976–1981) Ваккерсдорфе (1980), которые вскоре удалось заморозить. В других случаях, противостояния могли продолжаться годами. Так, в 1980 году протестующие ненадолго заняли стройплощадку завода по переработке ядерных отходов в Горлебене и объявили эту территорию «Свободной республикой Вендланд». Противостояние усилилось после того, как туда стали доставлять радиоактивные отходы с одной из французских АЭС. Каждый раз, когда отходы транспортировались в Горлебен, тысячи людей пытались блокировать их продвижение вдоль всего пути перевозки. Таким образом, рассчитывая на то, что, нанося материальный ущерб, транспортировка отходов станет более дорогостоящей и невыгодной. Однако конфликт вокруг завода в Горлебене продолжается по сей день [2]. В ходе противостояния с властями экологическое движение стало выходить за местные рамки и разрабатывать собственное мировоззрение. Возникали региональные объединения в области защиты окружающей среды. Яркими примерами таких организаций являются Движение против атомной энергии, Федеральный союз гражданских инициатив по защите окружающей среды, Робин Гуд, Союз охраны природы Германии и др. [3].

В 1979 году состоялась Конференция министров обороны и иностранных дел стран НАТО, на которой было принято решение об увеличении численности ядерного оружия. Власти ФРГ полностью поддержали это решение, несмотря на то, что большая часть населения высказалась против. Это спровоцировало новую волну протестов, в которых «Зелёные» приняли активное участие. Противостояние властям и трудности, с которыми они сталкивались, навело на мысль о создании собственной политической партии, защищающей интересы движения. Так, в 1979 году была создана Партия «Зелёных», к которой примкнули различные политики левого и правого толка в надежде добиться успеха с помощью популярных на тот момент экологических лозунгов. Основными тезисами программы «Зелёных» стали долговременное развитие и долгосрочное планирование. Иными словами, «Зелёные» выступали за экономное использование природных ресурсов и переход к возобновляемым источникам энергии. Программа партии также затрагивала социально-экономическую сферу, а именно удовлетворить потребности населения, при этом, не ущемляя прав будущих поколений. Несмотря на то, что многие идеи программы носят консервативный характер, в своей деятельности «Зелёные» придерживаются леволиберальных взглядов. Так, партия выступает за создание «мультикультурного» общества, полную интеграцию мигрантов и беженцев, защиту информации о личной жизни, информатизацию общества и иные гражданские права [3].

Значительный рост популярности экологического движения происходит в 1990-х годах, что было связано с объединением всех экологических инициатив с целью создания международного экологического сообщества. Так, в 1993 году была образована Европейская федерация зелёных партий, в которую вошли представители экологического движения не только Западной Европы, но и бывших стран Восточного блока. После того, как идеи о создании единого международного экологического сообщества стали постепенно притворяться в жизнь, гражданские инициативы стали сходиться на нет.

С начала нового тысячелетия возникает очередной этап развития экологического движения. Партия «Зелёных» стала всё меньше акцентировать внимание на проблемах экологии и всё больше заниматься парламентской деятельностью. Создавшие её гражданские объединения разочаровались в реалиях политики и вернулись к привычным методам борьбы. Сегодня, наряду с Партией «Зелёных» существует большое количество природоохранных союзов и организаций. Среди них широко известны Союз охраны окружающей среды и природы Германии и Союз охраны природы Германии. Они оказывают большое влияние на принятие экологически значимых решений в стране, поскольку действуют на высоком научном уровне [3].

Таким образом, экологическое движение в Федеративной Республике Германия прошло сложный путь развития, начиная от появления первых протестных движений и организаций, заканчивая институционализацией на

политическом уровне. Без сомнения, роль «Зелёных» в обществе будет расти, а перспективы их развития открываются с пониманием неспособности традиционных политических сил предотвратить все экологические проблемы.

Список используемых источников

1. Алимов Н. Зеленые Германии: вчера и сегодня // Экология и право. Июль 2005. URL: <https://bellona.ru/2005/07/15/zelenye-germanii-vchera-i-segodnya/> (дата обращения: 19.02.2020)
2. Дамье В. В. Движение «зелёных»: потенциал, тенденции, перспективы // Рабочий класс и современный мир. М: 1987. № 5. С. 186–188.
3. Матвеева Е. В. Институционализация экологических движений Европы: от появления общественных организаций до политических партий // Вестн. Том. гос. ун-та. 2016. № 413. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalizatsiya-ekologicheskikh-dvizheniy-evropu-ot-poyavleniya-obschestvennyh-organizatsiy-do-politicheskikh-partiy> (дата обращения: 19.02.2020).

Статья представлена заведующим кафедрой ИРВ СПбГУТ, кандидатом исторических наук, доцентом С. А. Лосевым.

УДК 372.881.1
ГРНТИ 14.35.09

ЦИФРОВОЕ ПОВЕСТВОВАНИЕ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ: МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

А. Б. Булатова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Информационное общество предъявляет новые требования к уровню подготовки выпускников, делая важным не столько сами знания, сколько умения применять эти знания на практике, что требует перестройки традиционного процесса обучения и акцента на активных методах обучения. Одним из направлений активного обучения иностранным языкам, получившим широкое распространение в последнее время, является технология цифрового повествования. Данная технология характеризуется интерактивностью и сотрудничеством в процессе обучения, которые закреплены в ФГОС 3++ как важные результаты подготовки. В статье рассматривается цифровое повествование в историческом и практическом аспектах и его преимущества для обучения иностранному языку.

цифровое повествование, обучение иностранным языкам, ИКТ.

В современном информационном обществе, где на первый план выходят умения применять приобретенные в процессе образования знания, бесспорным остается тот факт, что для успешного формирования компетенций XXI века требуется в первую очередь активное участие самих студентов. Исследователи отмечают, что мышление высшего порядка (согласно теории Б. Блума) и когнитивное развитие происходят в контекстах, стимулирующих любопытство, необходимость решения проблем и рефлексии, а также критическое мышление, что заставляет студентов конструировать знания. В то же время информационное общество оказывает влияние на формирование нового типа мышления, которое получило в философско-педагогической литературе 90-х гг. название «клипового». Молодое поколение предпочитает краткую и наглядную информацию, а обычный текст при виртуальном общении заменяется визуальным языком.

Одновременно происходят изменения и в трудовых функциях в связи с влиянием информационно-коммуникационных технологий на все сферы жизни. Цифровое повествование становится одним из популярных маркетинговых инструментов в туризме, рекламе и даже аналитической работе, представляющих собой важные сферы профессиональной деятельности, обозначенные в ФГОС 3++ для направления подготовки «Зарубежное регионоведение». В профессиональном дискурсе технология известна как «цифровой сторителлинг» от англ. digital storytelling. В образовательном контексте преимущественно применяются термины «цифровое повествование» и «цифровой рассказ», хотя, как отмечает Л. А. Горохова, правильнее было бы говорить о «мультимедийном или электронном повествовании», поскольку семантическое поле слова «цифровой» в русском языке и «digital» в английском не являются идентичными [1].

В традиционном понимании цифровое повествование выступает как короткая личная история (2–3 минуты), рассказанная с использованием графики, аудио и/или видео. В более широком смысле под Digital Storytelling понимают любое повествование с применением цифровых технологии: веб-рассказ, интерактивный рассказ, гипертекст, нарративную компьютерную игру, блог, видео рассказ, аудио- и видео подкасты. Появление технологии относится к 1970-м гг., когда небольшая группа театральных деятелей в Калифорнии начала обучать представителей общественности создавать свои собственные цифровые истории с использованием различных инструментов. В начале 1990-х была основана некоммерческая организация «Центр цифрового повествования», осуществлявший обучение в области цифрового повествования. В дальнейшем на BBC был запущен проект «Capture Wales», ставший первым подобным проектом на телевидении, позволившим обычным людям быть услышанными. Позже подобные проекты появились и в других странах: в Англии – «Telling Lives», в США «We shall Remain», повествующий о жизни коренных народов, в Швеции – «Rum för Berättande»

(*Room for Storytelling*). Интересный проект (хоть и без видео-аудио-сопровождения) был запущен совместными усилиями Великобритании, Германии и Франции, в котором современный читатель видит Первую мировую войну глазами трех пилотов (англичанина, немца и француза). Вебсайт опубликовал подлинные документы, письма с фронта и фотографии через 100 лет после их появления [2]. Данные коллекции представляют собой богатейший материал с точки зрения формирования социокультурной компетенции и организации обучения аудированию.

В то же время технология цифрового повествования не ограничивается развитием перцептивных умений. Проведенные исследования доказывают, что ее применение способствует развитию:

- умений письменной речи [3];
- умений устных видов речевой деятельности [4];
- критического мышления [5];
- аудиовизуальных умений, востребованность которых особенно актуализируется в условиях все более возрастающей роли аудиовизуальной перцепции, сменяющей традиционное аудирование [6];
- умений XXI века, включая культурную, информационную, визуальную и медиа грамотность [7];
- мотивации [1, 8];
- персонализации обучения, поскольку позволяет учесть различные стили обучения [9].

Кроме того, цифровой рассказ способствует развитию следующих обще-учебных умений, что положительно сказывается на способности обучаться в течение всей жизни [10]:

- поисково-исследовательских (для создания истории студенты должны найти и проанализировать релевантную информацию);
- организационных (оценка масштаба проекта, используемых материалов и времени на осуществление работы);
- технологических (использование различных инструментов, таких как камера, микрофон и программы или приложения для создания цифрового рассказа);
- презентационных (нахождение лучшего способа представления материала аудитории);
- межличностного общения (часто цифровое повествование используется в качестве групповой проектной работы);
- оценивания (неотъемлемой частью работы с цифровым рассказом является оценивание результатов работы других групп).

Таким образом, использование обсуждаемой технологии способствует формированию следующих компетенций согласно ФГОС 3++: системное и критическое мышление (УК-1), разработка и реализация проектов (УК-2), командная работа и лидерство (УК-3), самоорганизация и саморазвитие

(УК-6), применение ИКТ (ОПК-2), информационно-аналитическая деятельность (ОПК-3), публицистическая деятельность (ОПК-5).

В то же время анализ исследований показывает, что зарубежная практика значительно опережает отечественный опыт использования технологии цифрового повествования, хотя в последние годы наметился заметный интерес и в отечественной методике преподавания иностранных языков. Чаще всего данный вид заданий используется как альтернатива сочинению или эссе. При этом, отмечают исследователи, публикация в сети интернет расширяет потенциальную аудиторию, что заставляет учащихся более точно формулировать свои мысли и тщательнее подходить к отбору лексики по сравнению с традиционным сочинением.

Интересным с точки зрения подготовки бакалавров зарубежного регионоведения представляется проект «Этот день мы приближали как могли» Института переводоведения и многоязычия Пятигорского государственного университета, посвященный 70-летию Победы. Задачей студентов было создать аудио рассказ, повествующий о члене семьи, принимавшем участие в ВОВ. Проект в первую очередь был адресован англоязычной аудитории. Несомненно, участие в подобном проекте способствует патриотическому воспитанию, которое, как известно, является неотъемлемой составляющей профессиональной подготовки регионоведов [1].

В настоящий момент среди представленных на рынке продуктов существует большое количество различных инструментов, отвечающих разнообразным потребностям. Так, Google Tour Builder позволяет создавать междисциплинарные проекты, например, обозначая на карте знаменательные исторические события, одновременно описывая их с помощью текста и кадрового потенциала. Другой продукт Google, My maps, также может оказаться незаменимым в будущей профессиональной деятельности регионоведа, занятого в сфере туризма.

Ниже, в таблице, приведены характеристики наиболее распространенных инструментов создания цифрового повествования.

ТАБЛИЦА. Характеристики инструментов создания цифрового повествования

Название	Браузер	Операционная система	Мобильная версия	Фото/видео	Текст	Аудио	комментарии
WeVideo	Google Chrome	Windows	Android/iPhone, iPad	+	+	+	-
Voice Thread	Google Chrome/Mozilla Firefox	-	Android/iPhone, iPad	+	+	+	+
Apple iMovie	-	IOS	iPhone, iPad	+	+	+	-

Название	Браузер	Операционная система	Мобильная версия	Фото/видео	Текст	Аудио	комментарии
Windows Movie Maker	-	Windows	-	+	+	+	-
Animoto	+	Windows/IOS	IOS	+	+	+	-
Tour Builder	+	-	Android/iPhone, iPad	+	+	+	-
My Maps	+	-	Android	+	+	-	-

Отметим, что рассматриваемый формат заданий отвечает требованиям стандартов образования нового поколения и является перспективным с точки зрения формирования необходимых профессиональных компетенций. Одновременно цифровое повествование отвечает интересам современных студентов, выросших в цифровую эпоху, следовательно, его потенциал непременно должен быть использован в обучении иностранным языкам.

Список используемых источников

1. Горохова Л. И. Технология digital storytelling (цифровое повествование): социальный и образовательный потенциал // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2016. Т. 12. №. 4. С. 40–49.
2. 3 PILOTS – 1 WAR. URL: <http://3p1w.eu/>
3. Girmen P., Özkanal Ü., Dayan G. Digital Storytelling in the Language Arts Classroom // *Universal Journal of Educational Research*. 2019. Т. 7 N. 1. Pp. 55–65.
4. Авраменко А. П. Модель интеграции мобильных технологий в преподавание иностранных языков для развития устных видов речевой деятельности: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / А. П. Авраменко. Москва, 2013. 191 с.
5. Nguyen M. T. T. 5 The Digital and Story in Digital Storytelling // *Deep Stories. Sci-endo Migration*, 2017. Pp. 72–89.
6. Замковая А. В. Использование технологии Digital storytelling (цифровое повествование) для развития аудиовизуальных умений студентов педагогических специальностей. URL: https://lomonosov.msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/section_13_15673.htm
7. Robin B. R. Digital Storytelling: A Powerful Technology Tool for the 21st Century Classroom // *Theory Into Practice*. 2008. Т. 47. N 3. Pp. 220–228.
8. Aktas E., Yurt S. U. Effects of Digital Story on Academic Achievement, Learning Motivation and Retention among University Students // *International Journal of Higher Education*. 2017. Т. 6. N 1. Pp. 180–196.
9. Kaminskiene L., Khetsuriani N. Personalisation of learning through digital storytelling // *Management: journal of contemporary management issues*. 2019. Т. 24. N 1. Pp. 153–166.
10. Robin, B. R. 2006 The Educational Uses of Digital Storytelling // *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*, 2006. Pp. 709–716.

Статья представлена научным руководителем, доктором педагогических наук, профессором Ю. А. Комаровой.

УДК 94(47).073
ГРНТИ 03.23.31

ПОЧТОВЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ В ЦАРСТВОВАНИЕ НИКОЛАЯ I (1825-1855 гг.)

И. И. Воронов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена реорганизации почтового ведомства. В работе изучается подготовка и последствия преобразования Почтового департамента 1830 г. Рассматривается деятельность А. Н. Голицына и В. Ф. Адлерберга как главноначальствующих над почтовым департаментом.

Николай I, А.Н. Голицын, В.Ф. Адлерберг, Почтовый департамент, почта.

При вступлении на престол Николай I столкнулся с попыткой захвата власти декабристами и увидел уязвимость и несовершенство системы государственного управления. Подавив мятеж, император задумался об улучшении работы государственного аппарата при сокращении ведомственных расходов. Для начала он распорядился предоставить проекты, новых штатов всем ведомствам, в том числе и Главному началству над почтовым департаментом.

Уже 18 декабря 1825 г. от Почтового департамента был затребован полный отчет о штатах и финансовом положении. Главноначальствующий А.Н. Голицын был противником сокращения небольшого почтового ведомства и попытался скрыть реальную картину, ограничившись отписками. Лишь через два месяца, 18 февраля 1826 г. императору была передана полная информация [1, л. 1–1 об., 44–53]. А 19 октября 1826 г. Комитет министров предписал главам ведомств и в том числе А.Н. Голицыну уменьшить штаты ведомства [2, л. 15].

8 ноября 1826 г. А.Н. Голицын представил Николаю I доклад, в котором доказывал, что штаты ведомства сокращены еще в 1806 г., а благодаря развитию почтового дела, чиновников едва хватает. Из 117 сотрудников Департамента только 55 являются чиновниками, а остальные канцелярскими служащими. Сотрудники получают незначительное жалование, а шестеро и вовсе содержатся за счет вневедомственных источников. В крайнем случае можно сократить трех инспекторов почт и двух врачей, а двух чиновников перевести в другие ведомства. Сэкономленные на зарплате сокращенных 9 тыс. 200 руб. А. Н. Голицын просил оставить для поощрения малообеспеченных и отличившихся чиновников. В общем император одобрил предложения главноначальствующего и приказал разработать новые

штаты ведомства [2, л. 15, 46–47 об., 89 об.–90, Л. 94–95]. Таким образом, предложив незначительные сокращения штатов, А.Н. Голицын сохранил прежнее финансирование Почтового департамента. Предстоящее преобразование позволяло оптимизировать штатное расписание, а утраченные должности можно было вернуть позднее с помощью всеподданнейших докладов.

27 февраля 1827 г. А.Н. Голицын представил Николаю I записку о внесении в Государственный совет новых штатов почтового ведомства. Главнoначальствующий писал, что расширение почтовой деятельности привело к недостатку чиновников. По словам А.Н. Голицына представленный проект был подготовлен по поручению Александра I еще в 1820 г., но финансовые трудности помешали его реализации [3, л. 1–3 об.]. Основой задачей преобразования было сокращение ведомственных расходов. Понимая, что незначительные изменения штатного расписания не могут привести к улучшению работы почты, Николай I отклонил проект. Для подготовки преобразования он приказал ознакомиться с иностранным опытом, собрав сведения о почтовой организации Англии и Пруссии [4, л. 225].

В конце марта 1827 г. для сбора информации в Пруссию направили Ф. Вейруха, а в Англию И. Прянишникова. Командированным предстояло выяснить способы поступления, приема и выдачи писем, денег и ценных вещей, а также объем входящих и исходящих почтовых отправок, количество и должностные обязанности почтовых служащих. Разрешалось, не затягивая командировку, познакомиться с работой почты на местах. Ф. Вейрух, знакомый с придворным почтмейстером Шнейдером, встретил в Пруссии благожелательный прием. Уже 15 мая 1827 г. он получил разрешение на сбор сведений, стол в главном почтамте и помощника. В это время в Пруссии разрабатывался новый почтовый устав, и прусские чиновники, в свою очередь, заинтересовались российским законодательством. Произошел взаимовыгодный обмен информацией, вероятно, повлиявший и на почтовые преобразования Пруссии. Кроме переводов официальных документов Ф. Вейрух привез предложения о реформировании российской почты от баварского пограничного почтмейстера Густафа фон Сундаль Гизеруда [3, л. 7–7 об., 57–58 об., 72–73, 106].

И. Прянишникова в Англии ожидали непредвиденные трудности. Рассмотрение запроса о допуске в лондонский почтамт заняло около пяти месяцев и лишь в августе 1827 г. был получен отрицательный ответ. Разрешение на работу было выдано только в ноябре 1827 г. после повторного обращения. Информацию И. Прянишников получал через правителя дел лондонского почтамта. Оказалось, что в Англии нет почтового устава, а работа ведется на основании парламентских актов, инструкций и опыта чиновников. Отсутствие кодификации почтового законодательства сильно осложнило выполнение задачи И. Прянишникова. В итоге удалось получить

личные наблюдения о работе почты в Эдинбурге и Ливерпуле, приобрести парламентские акты, описание почтовых дорог, рисунки почт и карты [3, л. 156–158 об.].

Комитет министров неоднократно напоминал А. Н. Голицыну о скорейшем представлении переработанного проекта штатов почтового ведомства. Ссылаясь на ожидание сведений из-за границы, главноначальствующий ограничивался отписками [3, л. 86–86 об., 129, 174–175 об.]. После возвращения чиновников, главноначальствующий 5 октября 1828 г. учредил Комитет для рассмотрения собранных за границей сведений и возможности их применения (Комитет А. Н. Голицына). [3, л. 159, 223–223 об.]. А в ноябре 1828 г. по настоянию императора представил в Комитет министров проект штата канцелярских служащих Почтового департамента и Санкт-Петербургского почтамта. Предложения А. Н. Голицына не устроили Комитет министров, который в декабре 1828 г. возвратил проекты на доработку [3, л. 174–175 об.].

В августе 1829 г. Комитет А. Н. Голицына закончил работу [5, л. 1–2 об.]. 31 августа 1829 г. А. Н. Голицын передал в Государственный совет представления о преобразовании почтовой части, и учреждении совета при главноначальствующем. Согласно проектам, Почтовый департамент по-прежнему состоял из пяти отделений: почтовых дел, следственного, распорядительного, хозяйственного и счетного. Штат Департамента сокращался на 21 человека и включал 144 сотрудника, с содержанием 181 тыс. 590 руб. Необходимость в учреждении совета обосновывалась наличием подобных учреждений в других самостоятельных ведомствах. Основные изменения касались подведомственных структур Почтового департамента. В частности, предлагалось объединение почтовых учреждений в округа, введение должностей почт-инспекторов, улучшение работы почтамтов и некоторые др. преобразования. Кроме того, было сделано несколько предложений о улучшении положения чиновников ведомства [5, л. 1, 60–60 об., 453–453 об.]. В какой мере полученные за границей сведения были использованы при подготовке реформы – не известно. Вероятно, пригодился опыт близкой по политическому устройству Пруссии. Косвенным свидетельством этого являются награды, выданные Николаем I трем прусским почтовым чиновникам [3, л. 193–194, 212, 223–223 об.].

Государственный совет рассмотрел проекты А. Н. Голицына на четырнадцати заседаниях 1829–1830 гг. и, в общем, поддержал их. Основные разногласия возникли по поводу увеличения финансирования Почтового департамента. Совет отметил, что при уменьшении числа чиновников увеличивается их содержание. В итоге возобладало предложение министра финансов Е. Ф. Канкринна о сокращении выделяемых средств [3, л. 295–311 об., 653–656].

22 октября 1830 г. вышло три документа, касающихся Почтового департамента: Указ Сенату о новом устройстве почтовой части, Положение о Совете при главноначальствующем над Почтовым департаментом и Положение об устройстве почтовой части, послуживших основой для дальнейшего развития почтового законодательства. Согласно этим актам, права и обязанности А. Н. Голицына остались в прежнем объеме, но при нём учреждался совет и издавался новый штат. Было оптимизировано управление подведомственными учреждениями. Так, губернские почтамты упразднились, а почтовые учреждения разделялись на округа во главе с почт-инспекторами. Почтамты С.-Петербурга и Москвы в округа не включались, а подчинялись управлению почт-директоров. Должности директоров Почтового департамента и почт-директора С.-Петербурга объединялись [6, с. 178–179]. На Департамент в составе 144 сотрудников выделялось 152 тыс. 790 руб., [5, л. 636–641] т.е. содержание ведомства уменьшилось от запрошенного на 28 тыс. 800 руб. Всего в стране в 1830 г. насчитывалось 751 почтовое учреждение, со штатом в 5 тыс. 947 человек. Доход почтового ведомства составлял 9 млн 506 тыс. 794 руб., а расход 2 млн 482 тыс. 752 руб., т.е. доход был больше на 7 млн 24 тыс. 42 руб. [7, с. 1001]. Разместился Департамент в доме князя А.А. Безбородко, купленном еще в 1829 г. [8, с. 29–31]. К функциям ведомства относились: перлюстрация, решение финансовых вопросов, усовершенствование и координация почтовой деятельности [9, с. 20].

Еще с момента назначения главноначальствующим в 1819 г. А.Н. Голицын заботился об укреплении самостоятельности почтового ведомства. Так, в 1820 г. он получил для сотрудников ведомства тёмно-зелёный мундир с воротником и обшлагами из черного бархата, белый камзол и нижнее платье. Пуговицы были желтыми с изображениями государственного герба и почтовой трубы. Чиновнику полагались сапоги, шпага с серебряным темляком, треугольная шляпа с серебряными кистями и не витой золотой петлицей. Для установления различий между должностями форма подразделялась на пять разрядов [10, с. 293]. А в 1824 г. была в ведомстве учреждена особая канцелярия при главноначальствующем с финансированием в 15 тыс. руб. [11, с. 565–566].

Появление при главноначальствующем совета стало следующим этапом в политике укрепления независимости почтового ведомства. Являясь обязательным министерским подразделением совет фактически превратил Главное начальство над почтовым департаментом в маленькое Министерство. Но, А.Н. Голицын не остановился на достигнутом и продолжил расширение своего ведомства. Так, в 1836 г. главноначальствующий добился выделения трех чиновников особых поручений с финансированием в 6 тыс. руб. [12, л. 50–51б]. В 1839 г. Почтовый департамент получил чиновника для подготовки росписей почты, чертежей и планов [7, с. 1001–1002]. В 1840 г. был учрежден межведомственный Комитет для составления

общего плана работы почты. Комитет рассматривал проекты изменения способов доставки почты, маршрутов, открытие новых трактов и т. п. [13, л. 1–3].

Развитие общественных отношений потребовало от государства организации перевозки пассажиров. Для этой работы больше всего подходил имевший значительные транспортные возможности Почтовый департамент. Поэтому в том же 1840 г. для попутной с почтой перевозки пассажиров в Почтовом департаменте было учреждено «Отделение почтовых карет и брик». Первым направлением перевозок стал маршрут Петербург – Москва. В следующем 1841 г. были открыты еще два направления: Петербург – Варшава и Петербург – прусская граница, через Ригу. С целью развития пассажирских перевозок в 1845 г. был построен специальный комплекс – по сути вокзал [8, с. 32, 34], а также открыто отделение почтового пароходства с маршрутом Кронштадт – Шеттин [7, с. 1001]. Удачная ценовая политика позволяла почтовому ведомству успешно конкурировать с частными предпринимателями и приносила хороший доход [8, с. 32]. Учреждение совета, межведомственного Комитета и увеличение штата чиновников позволили оптимизировать управление и повысить доходы Почтового департамента.

А. Н. Голицын никогда не упускал случая подчеркнуть незаменимость почтового ведомства. Так, 30 ноября 1841 г. главноначальствующий писал Николаю I, что перлюстрация позволяет императору узнать все о злоупотреблениях, совершаемых в государстве. И только благодаря тому, что почтовая часть отделена от других министерств, император может быть уверен в её беспристрастности [9, с. 482–483]. Но со временем влияние А. Н. Голицына ослабло и начался процесс расформирования почтового ведомства. Так, 4 января 1842 г. была упразднена особая канцелярия при главноначальствующем, а её чиновники распределены по другим министерствам [14, с. 1]. 27 марта 1842 г. А. Н. Голицын был отправлен в отставку, а вместо него главноначальствующим был назначен В. Ф. Адлерберг [15, с. 38, 167].

Расширение сферы деятельности почтовых учреждений потребовало от В. Ф. Адлерберга кодификации законодательства. В 1844 г. началась работа над Почтовым уставом [17, с. 1164–1165]. А 22 марта 1846 г. при Почтовом департаменте было учреждено отделение по делам о ходе почты в составе 24 сотрудников, с содержанием 11 тыс. 499 руб. 9,5 коп. [16, л. 17–27 об., 32]. В. Ф. Адлерберг остановил расформирование и продолжил развитие ведомства. А благодаря расширению почтовой деятельности вместо утраченной небольшой канцелярии Департамент получил многочисленное отделение.

Стремление к повышению качества работы государственного аппарата потребовало преобразования Почтового департамента. Перед реформой Ни-

колаю I пришлось преодолеть сопротивление чиновников и изучить иностранный опыт, использованный при преобразовании губернских почтовых учреждений, которые в общем сохранились до 1884 г. [7, с. 1001]. После реформы 1830 г. Почтовый департамент структурно фактически превратился в Министерство, а развитие почтового дела подтолкнуло к началу кодификации почтового законодательства.

Несмотря на ведомственную обособленность, компетенция и деятельность Почтового департамента были близки к Министерству внутренних дел. Вероятно, Николай I в 40-х гг. сомневался в целесообразности отдельного существования Главного начальства над Почтовым департаментом. Но в силу особого объекта управления, Почтовый департамент тяготел к сохранению самостоятельности. Этого удавалось достичь в условиях незавершенности процесса формирования министерской системы и за счет личного влияния руководителей почтового ведомства.

Список используемых источников

1. Российский государственный исторический архив (РГИА) Ф. 1289, Оп. 1, Д. 346.
2. РГИА. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 370.
3. РГИА. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 382.
4. РГИА. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 383.
5. РГИА. Ф. 1149, Оп. 1, Д. 73а.
6. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание 2-е. Т. 5, Ч. 2. СПб. : Изд-во II Отделения СЕИВК, 1831. 596 с.
7. Соколов Н.И. Русская почта в царствование императора Николая I // ПТЖ. 1896. № 7. С. 999–1013.
8. Самусьев Г.Е. Санкт-Петербургский ПОЧТАМТ и его строители. Исторический очерк. Пг. : Изд-е сев.-зап. округа Связи. 1923. 41 с.
9. Ерошкин Н.П. История государственных учреждений дореволюционной России. М. : Изд-во, РГГУ, 2008. 710 с.
10. Шепелёв Л. Е. Чиновный мир России XVIII – начало XX века. СПб. : «Искусство-СПБ», 2001. 499 с.
11. Воронов И. И. Генчева А. В. Почтовый департамент в царствование Александра I (1801-1825 гг.) // Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. С. 562–567.
12. РГИА. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 541.
13. РГИА. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 2678.
14. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание 2-е. Т. 17. СПб. : Изд-во II Отделения СЕИВК, 1843. 915 с.
15. Шилов Д.Н. Государственные деятели Российской империи 1802–1917 гг. СПб. : Д. Буланин, 2001. 830 с.
16. РГИА. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 684.
17. Соколов Н. И. Русская почта в царствование императора Николая I // ПТЖ. 1896. № 8. С. 1150–1165.

УДК 165.4
ГРНТИ 02.31.21

РЕФЛЕКСИЯ И ОЧЕВИДНОСТЬ КАК МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

А. Ю. Вязьмин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье затрагиваются вопросы статуса науки, научного познания и его методологии в феноменологии Э. Гуссерля в различные периоды его творческой деятельности. Феноменология не сразу объявляет о своей претензии на роль реставратора давней задачи философии быть всеобщей наукой. В период дескриптивной феноменологии внимание Гуссерля сосредоточено в основном на логике и на вопросах языка науки, хотя и в это время угадывается поиск обоснования научного познания в понятии «принципа беспредпосылочности». В трансцендентальный период происходит радикализация проблемы очевидности в качестве последнего обоснования научного познания, что находит свое выражение в «принципе всех принципов» и фундировании наук в эйдетическом «поле» чистого сознания. В период генетической феноменологии предлагается программа построения трансцендентальной логики в усмотрении допредикативных сущностей. Тем не менее, главенствующим методологическим принципом феноменологии в отношении научного познания остается рефлексия и поиск очевидности.

философия науки, феноменология, методология научного познания, рефлексия, очевидность.

К изначальным задачам феноменологии, которые просматривались ещё в дескриптивный период её развития, принадлежит идея если не философии науки, то строгой научной гносеологии, теории познания, основания которой были бы свободны от психологизма и эмпиризма. Проблема «психологизма» остро звучала в контексте неклассической философии конца XIX века, и суть её сводилась к тому, что логические законы, лежащие в основании методологии научного познания, по мнению некоторых философов (Т. Липпс [7]) объявлялись нуждающимися в обосновании опытным, психофизическим содержанием сознания, т. е. чем-то таким, что должна исследовать психология. Стратегия феноменологического поиска Гуссерля находилась тогда в русле антипсихологистских течений неокантианства и зарождающейся аналитической философии, и по существу была такой: поскольку способность к познанию – это способность сознания, необходимо это последнее и сделать сферой научных интересов феноменологии как дисциплины, описывающий априорные различия между усматриваемыми в созерцании сущностями, придаваемыми им значениями и предметами, данными в опыте.

Гуссерль в период «Логических исследований» (1901, 1902) не стремился к тому, чтобы философия возрождала в себе метафизический идеал некой всеобщей науки и ограничился некоторыми задачами теории познания, сопутствующими феноменологической логике. Однако именно в этом произведении, проводя строгую рационалистическую линию, он сформулировал принцип беспредпосылочности: «строгого исключения всех высказываний, которые не могут быть целиком или полностью реализованы феноменологически» [5, с. 30]. Это означало, что феноменологическая теория познания должна определить, насколько сознание в своей познавательной деятельности может претендовать на априорное знание о предметах, находящихся за пределами тех переживаний, посредством которых происходит познавательная деятельность, однако при этом она не должна принимать во внимание зависимость этого знания от фактических данных, получаемых от этих предметов. В принципе беспредпосылочности можно увидеть подступ Гуссерля к заявленной позднее теме очевидности как к фундаменту познания и методологически осуществляемую рефлексивную деятельность, которая должна представлять собой не только дескрипцию, направленную на различение предметов и созерцаемых сущностей, но и определенную процедуру, направленную на устранение предвзятостей (*Voraussetzungen*).

В переходный период, начавшийся с «Идеи феноменологии» (1907) и продолжавшийся вплоть до создания «Идей I» (1913), Гуссерль занялся разработкой такой стратегии описания сознания, при которой сознание не только оказывалось независимым от предмета, но и наоборот, каждый данный в переживании предмет – феномен – и формально, и содержательно оказывался бы зависимым от конституирующей деятельности сознания. В этот период Гуссерль написал критическую по духу статью «Философия как строгая наука», опубликованную в журнале «Логос» в 1911 г., где подверг критике типы философствования, выросшие на почве эмпиризма, дав им названия *натурализма* и *историцизма*. Он писал: «Натурализм есть явление, возникшее как следствие открытия природы – природы в смысле единства пространственно-временного бытия по точным законам природы. Наряду с постепенной реализацией этой идеи во всё новых и новых естественных науках, обосновывающих массу строгих познаний, распространяется и натурализм. Совершенно сходным образом вырос позднее и историцизм, как следствие «открытия истории» и обоснования всё новых и новых наук о духе... ..натуралист... не видит вообще ничего, кроме природы, и прежде всего физической природы» [6, с. 675]. Можно сказать, что статья «Философия как строгая наука» – первая работа Гуссерля, с которой начинается феноменологический анализ не только теоретико-познавательных оснований науки, но и её смыслового содержания в отношении к феноменологической философии как возможной всеобщей науки.

Начиная с «Идей I» феноменология заявила о своей перспективе быть не только приоритетным направлением философии, но и претендовать на роль философии науки. Осуществление этой претензии философ видел в руководствующейся «принципом всех принципов» [2] феноменологической редукции и в проекте последовательного «выключения» («взятия в скобки» сознания) наук, чтобы «обнаружить» их заново на трансцендентальном основании чистого «я». Последовательность этого «выключения» такая: сначала из рассмотрения выводятся эмпирические науки о природе (то, что Гуссерль в 1911 называл «натурализмом») и о духе («историцизм»), что вполне ожидаемо. Однако далее в § 59 «Идей I» речь идёт о «выключении» трансцендентности эйдетического. Такая радикальность кажется оправданной с точки зрения наиболее полного осуществления редукции, однако то обстоятельство, что, трансцендентальная феноменология, согласно определению – эйдетическая дисциплина, вызывает затруднения: как в таком случае можно процессуально отслеживать результаты феноменологической рефлексии, если «в скобках» оказываются «сущностные выводы относительно разумности и неразумности логического мышления вообще» [2, с. 130]? С точки зрения Гуссерля фундамент феноменологии как не только эйдетической, но и дескриптивной науки остается нетронутым, поскольку речь идёт лишь о том, что, когда мы занимаемся аналитическим описанием различных *cogitatum* как интенционально-содержательно и интуитивно данных сознанию, необходимости в эйдетических дисциплинах нет. Он писал: «... если предположить, что феноменологическое исследование чистого сознания не ставит и не должно ставить перед собой иных целей, кроме задач дескриптивного анализа, решаемых в пределах чистой интуиции, то теоретические формы математических дисциплин и все их опосредованные теоремы окажутся бесполезны для него» [2, с. 130]. Гуссерль предлагал фундаментировать сами аксиомы эйдетических дисциплин в «ясном усмотрении» феноменологических данностей. Аналогично этому следующий параграф описывает «выключение» т. н. наук материально-эйдетической сферы (т. е. прикладных наук, базирующихся на чистой эйдетике), исключая материально-эйдетическую сферу самой феноменологии, как «геометрии» переживаний. В таком последовательном движении к имманентным феноменологии наукам, сопровождающимся «выключением» параллельных им трансцендентных, Гуссерль предложил расширение трансцендентально-редуцированной сферы, в которой методологически фундаментуются как сущности, так и опыт. Границы трансцендентально-редуцированной сферы определяются рефлексией чистого «я», при этом сама процедура редукции тяготеет к «кантианской» морфологии.

В знаковой для своей научной деятельности работе «Картезианские размышления» (1931) Гуссерль писал о «первом методологическом принципе», который заключается в различении двух видов очевидности:

1) Адекватная очевидность – очевидность совпадения (*Deckung*) созерцания сущности и данности предмета. При адекватной очевидности предмет дается как «вот». Моментом адекватной очевидности является адекватная данность (понятие из «Логических исследований [5]) – данность, при конституировании которой в переживании нет ненаполненных интенций, а сущность предмета обнаруживается в таком имманентном «пространстве», в которое ничего не привнесено извне, из трансцендентной области.

2) Аподиктическая очевидность – необходимая очевидность, навязанная сознанию при пассивном синтезе единства горизонта субъективных переживаний и данностей, и выражающаяся в конституировании феномена *ego*, которому приписываются свойства «первого лица». Аподиктическая очевидность является мерилем адекватной очевидности и «первым методологическим принципом» познавательной деятельности, поскольку момент адекватной данности предмета, как и предметность созерцания сущности находят в ней обоснование достоверности своего познания, и поскольку синтез горизонта субъективных переживаний и данностей «охватывает их (т. е. предметы и сущности – *A. B.*) как принадлежащие тождественному Я, которое, как действующее и как претерпевающее воздействия, живёт во всех осознаваемых переживаниях и посредством их соотносится со всеми предметными полюсами» [3, с. 404].

Различение очевидностей происходит вместе с рефлексией, определяющей смысловой облик *ego*, который, в свою очередь является необходимой фигурой «картезианской» морфологии трансцендентально-феноменологической редукции.

В поздний период «генетической феноменологии» Гуссерль подходит к теме очевидности в контексте усмотрения допредикативных сущностей в работе «Опыт и суждение» [1]. Гуссерль пишет: «Говоря точнее, возврат к трансцендентальной субъективности, конституирующей этот предданный мир, исполняется на двух уровнях: 1) *в возврате от предданного мира* со всеми его смыслопродуктами, с его наукой и научным определением – к первоисконному жизненному миру; 2) *в ретроспективном вопрошании, [ведущем] от жизненного мира к субъективным операциям, из которых сам он происходит*. Ибо ведь и он не есть нечто просто предданное; он тоже — конструкт (*Gebilde*), о модусах конститутивного образования (*Bildung*) которого может быть поставлен вопрос» [1, с. 25].

В относящейся к этому же периоду поздней работе «Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология» [4] Гуссерль пишет о феноменологии как о философии, способной конструировать гештальты для научного познания и, соответственно быть в этом смысле философией науки.

Становление феноменологии как методологии научного познания происходит вместе с эволюцией методологических оснований феноменологической работы от начального дескриптивного «принципа беспредпосылочности», через радикальный трансцендентализм «принципа всех принципов», к гибкому «первому методологическому принципу», позволяющему соотносить результаты феноменологической познавательной деятельности с существом науки и её устойчивых сущностей в пространстве «жизненного мира». На этом пути поиск основания очевидности и феноменологическая рефлексия становятся телеологией феноменологической философии, определяющей её отношение к научному познанию и наукам.

Список используемых источников

1. Husserl E. Erfahrung und Urteil. Untersuchungen zur Genealogie der Logik. Hamburg : Felix Meiner Verlag, 1972. 532 s.
2. Гуссерль Э. Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии. Т. 1. М.: Дом интеллектуальной книги, 1999. 336 с.
3. Гуссерль Э. Картезианские размышления / Гуссерль Э. Логические исследования. Картезианские размышления. Минск : Харвест, М. : АСТ, 2000. С. 331–523.
4. Гуссерль Э. Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология. СПб. : Владимир Даль, 2004. 399 с.
5. Гуссерль Э. Логические исследования. Т. II (I) Исследования по феноменологии и теории познания. М. : Гнозис, Дом интеллектуальной книги, 2001. 471 с.
6. Гуссерль Э. Философия как строгая наука. / Гуссерль Э. Логические исследования. Картезианские размышления. Минск : Харвест, М. : АСТ, 2000. С. 668–743.
7. Липпе Т. Основные вопросы логики / пер. с нем. Н. О. Лосского. СПб. : Изд-во О. Н. Попова, 1902. 301 с.

УДК 929
ГРНТИ 03.23.55

ПАМЯТИ ОСНОВАТЕЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОЛАМПОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА

А. Б. Гехт

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Цель, которую преследует настоящая статья – охарактеризовать основные этапы жизненного пути и научной карьеры выдающегося отечественного учёного Михаила Александровича Бонч-Бруевича. М. А. Бонч-Бруевич – не только основоположник

отечественной радиоламповой промышленности и учёный, своими трудами подготовивший почву для дальнейшего совершенствования и развития отрасли связи в нашей стране. Будучи успешным педагогом, он подготовил немало успешных связистов, отправившихся по стопам своего учителя. Память о М.А. Бонч-Бруевиче бережно хранят в стенах названного в его честь Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций.

радиовещание, М. А. Бонч-Бруевич.

XX столетие стало эпохой выраженных противоречий в развитии человеческой цивилизации, столетием разочарований и, вместе с тем, надежд человечества, связанных, в первую очередь, с научно-техническим прогрессом, разительным изменившим жизнь практически каждого человека на планете. Поиски новых путей, экспериментирование и революционное преобразование, многоликость, противоречивость – вот отличительные особенности науки XX века. Одним из важнейших достижений первой трети XX столетия стало широкое распространение радиовещания, кардинальным образом изменившего способы и типы распространения информации в обществе. Многие ученые и изобретатели своими идеями и открытиями способствовали развитию радиовещания; у истоков же создания современного радиовещания в нашей стране стоял выдающийся учёный Михаил Александрович Бонч-Бруевич, своими трудами подготовивший почву для дальнейшего совершенствования и развития отечественной отрасли связи. Цель настоящей статьи – описать основные этапы жизненного пути и научной карьеры учёного, ушедшего от нас 80 лет назад.

Михаил Александрович Бонч-Бруевич (1888–1940) – русский и советский радиотехник, широко известный как основатель отечественной радиоламповой промышленности. Член-корреспондент АН СССР (1931). Профессор Московского высшего технического училища (1922), Ленинградского института инженеров связи (1932), доктор технических наук, один из основателей и руководителей Нижегородской радиолaborатории. Работал в области изучения физических основ радиосвязи, разработки и конструирования радиоламп, аппаратуры радиовещания и связи. Автор ряда учебников и научных работ [3].

Михаил Александрович родился 21 февраля 1888 г. в г. Орле в дворянской семье. В 1896 году семья Бонч-Бруевичей переехала в Киев, где отец – Александр Иванович – работал служащим городского водопровода. Михаил Александрович ещё в юности начал увлекаться чтением популярных изданий по естествознанию и радиотехнике, построил по схеме выдающегося отечественного учёного А. С. Попова радиопередатчик и радиоприёмник. Обучаясь в последних классах Киевского коммерческого училища, М. А. Бонч-Бруевич со своими братьями ставил опыты беспроводной связи в домашней лаборатории. После окончания Киевского училища в 1906 году

был зачислен юнкером в Николаевское инженерное училище в столице Российской империи, где на способности юноши обратил внимание профессор В. К. Лебединский. Под его научным руководством юный М. А. Бонч-Бруевич приступил к экспериментальным работам в лаборатории. Обязательные 2 года службы по окончании училища он проходил в Иркутске, во 2-й роте искрового телеграфа 5-го Сибирского сапёрного батальона в звании подпоручика. Во время службы, при содействии командующего батальоном связи подполковника И. А. Леонтьева, будущий учёный самостоятельно расширял свой кругозор, уделяя особое внимание изучению высшей математики и теории электромагнетизма. В 1912 году поручик М. А. Бонч-Бруевич возвратился в Санкт-Петербург и продолжил своё образование в Офицерской электротехнической школе [3].

Свою первую научную работу по теории искрового разряда М. А. Бонч-Бруевич выполнил в 1907–1914 г. Это исследование имело большое прикладное значение, так как в рассматриваемый период искровой разряд использовался для генерации высокочастотных токов в радиопередатчиках. Основные результаты исследования были опубликованы в виде двух статей в журнале Русского физико-химического общества; таким образом, научные исследования Михаила Александровича получили первое признание. Накануне Первой мировой войны, в 1913 году он стал членом отделения физики Русского физико-химического общества (РФХО) [1].

После окончания курса Офицерской электротехнической школы и получения диплома инженера М. А. Бонч-Бруевич занял должность заместителя руководителя Тверской радиостанции, которая, в то время, выполняла роль приемного радицентра Ходынской радиостанции в Москве, тем самым обеспечивая связь со столицами Британии и Франции, держав-союзников нашей страны в годы Первой мировой войны. Заручившись согласием руководства, М. А. Бонч-Бруевич в подсобном помещении радиостанции организовал мастерскую, где смог наладить выпуск отечественных электровакуумных ламп. Данному событию предшествовало создание на смену «мягких» ионных ламп (из-за недостаточного вакуума лампы относились к категории «мягких», то есть не были чисто электронными, в них шли электронно-ионные процессы) в 1916 году М. А. Бонч-Бруевичем первой в России чисто электронной лампы («катодное реле»). Этими лампами комплектовался радиоприемник, производившийся в мастерской Тверской радиостанции по заказу Главного военно-технического управления русской армии [2].

В 1916 году Михаил Александрович был командирован во Францию для ознакомления с технологией производства новых французских радиоламп. В Париже ему удалось встретиться с выдающимся специалистом беспроводной связи генералом Ферье. Поездка дала учёному возможность ориентироваться в состоянии беспроводной связи в развитых европейских

странах и перспективах её дальнейшего развития – как за рубежом, так и в нашей стране. [4].

Вернувшись в Тверскую радиостанцию, М. А. Бонч-Бруевич продолжил свою научную деятельность. В этот же период назревал вопрос с армейским пособием по новейшей электронной технике. Помимо ламп Тверской лаборатории в армии эксплуатировались французская аппаратура (ламповые усилители типа «З-тер») и аппаратура «Русского общества беспроводных телеграфов и телефонов» (РОБТиТ) на ионных лампах (аудидах) Н. Д. Папалекси. Для многих военных радистов, имеющих дело только с детекторными приемниками, эта аппаратура была совершенно непонятной и Бонч-Бруевич, по заданию ГВТУ, начинает работу над учебным пособием по ламповой технике; вскоре, в 1917 году, им была опубликована брошюра «Применение катодных реле в радиотелеграфном приёме», которая сыграла огромную роль в развитии радиотехники, став первым и на протяжении ряда лет единственным русским руководством по электронике [1].

В августе 1918 года М.А. Бонч-Бруевич переехал в Нижний Новгород, где возглавлял научно-техническую работу в Нижегородской радиолaborатории в 1918–1928 годах. В этом же году он предложил схему переключающего устройства, имеющего два устойчивых рабочих состояния. Это устройство впоследствии было названо триггером [2]. Осенью 1918 года Михаил Александрович завершил работу над новой конструкцией усилительной лампы, которая обладала достаточным вакуумом. Учёный назвал её «пустотное реле-1 (ПР-1)». Впоследствии в отечественной историографии данная модель приобрела название «бабушка русской радиолампы» [4]. В 1919 году в Нижегородской радиолaborатории М. А. Бонч-Бруевич сделал доклад, опубликованный затем в журнале «Радиотехник» в № 7: «Основания технического расчёта пустотных катодных реле малой мощности», в которой излагалась разработанная М. А. Бонч-Бруевичем теория расчёта триода, ставшая основой теории электронных ламп и получившая позже название «теория Бонч-Бруевича – Баркгаузена» [1].

В начале 1920-х годов в Нижегородской лаборатории под руководством М. А. Бонч-Бруевича велись исследования методов радиотелефонирования. Учёный продолжил работу по созданию приёмно-усилительных и генераторных ламп. В 1919 году он создал лампу с красномедным анодом мощностью 950 ватт и проводил с ней опыты по телефонии. О значении этого достижения ярко говорит тот факт, что в это же время за границей обычная мощность ламп не превышала 200–400 ватт [4].

15 января 1920 года при активном участии М. А. Бонч-Бруевича был произведен первый успешный опыт радиотелефонной передачи из Нижнего Новгорода в Москву. В целях обеспечения постановления Совнаркома о создании центральной телеграфной станции с радиусом действия в 2 000 вёрст М. А. Бонч-Бруевич в 1922 году предложил оригинальное конструкторско-

техническое решение мощной генераторной лампы с водяным охлаждением анода мощностью 2 кВт. Как отмечает Б. А. Остроумов, «под его руководством проектировалась и в 1922 году была построена в Москве первая мощная радиовещательная станция (Шуховская башня), начавшая свою работу в августе 1922 года — Московская центральная радиотелефонная станция, имевшая мощность 12 кВт» [1].

22 и 27 мая 1922 года М. А. Бонч-Бруевич организовал пробные передачи по радио музыкальных произведений из студии Нижегородской лаборатории, а 17 сентября 1922 года был организован первый в Европе радиовещательный концерт из Москвы [2]. В том же году им была изготовлена лабораторная модель радиотехнического устройства для передачи изображения на расстоянии, названная им радиотелескопом. Тем самым был осуществлён существенный вклад в развитие будущей телевизионной техники: впервые было положено начало использованию принципа накопления зарядов, что позволило резко повысить чувствительность передающих телевизионных датчиков [4].

Продолжая работы по конструированию генераторных ламп, М. А. Бонч-Бруевич в 1923 году создал лампу, позволившую получить 25 кВт колебательной мощности в генераторе, а в 1925 году разработал генераторную лампу, имевшую 100 кВт колебательной мощности. Эти достижения опередили аналогичную зарубежную технику на 5–6 лет [4].

В середине 1920-х годов М. А. Бонч-Бруевич занялся исследованием использования коротких радиоволн для радиосвязи. Убедившись, что короткие радиоволны прекрасно подходят для организации и радиотелеграфной, и радиотелефонной связи, в Нижегородской радиолaborатории разработали и спроектировали аппаратуру для такого вида радиосвязи. В 1926 году на основе этой аппаратуры была запущена в эксплуатацию магистраль коротковолновой связи между Москвой и Ташкентом. Исследования М. А. Бонч-Бруевича в этой области привели к созданию коротковолновых станций в Томске, Иркутске и Владивостоке [2], что очевидно содействовало всемерному прогрессу в удалённых районах Советского Союза.

С 1921 г. учёный занимал должность профессора кафедры радиотехники Нижегородского университета, с 1922 г. он стал профессором Московского высшего технического университета им. Баумана. В 1925 году Михаил Александрович становится директором Нижегородской лаборатории. За научные достижения в области радиотехники Нижегородская лаборатория в 1928 году была награждена орденом Трудового Красного знамени. В том же году учёный становится одновременно ещё и директором Центральной радиолaborатории Треста заводов слабого тока в Ленинграде. В 1929 году произошло закономерное событие – обе лаборатории, находившиеся под руководством М. А. Бонч-Бруевича, были объединены, а сам он

окончательно возвратился в Ленинград [4]. Отныне город на Неве станет основным местом работы учёного.

В 1931–1935 годах М. А. Бонч-Бруевич работал помощником директора и заведующим радиоотделом Ленинградского отделения Научно-исследовательского института связи. В 1935 году он становится заместителем директора по научной части Государственного научно-исследовательского института № 9 НКОП СССР, созданного для разработки техники ультракоротких волн [4]. Ленинградский период жизни М. А. Бонч-Бруевича связан с его новыми научными интересами. Он погружается в проблематику распространения радиоволн в верхних слоях атмосферы, изучает проблемы нового, весьма перспективного направления технической мысли - радиолокации, уделяет внимание применению ультракоротких радиоволн, рупорных антенн, волноводов.

На протяжении многих лет Михаил Александрович сочетал огромную научно-исследовательскую работу с преподавательской деятельностью. В 1931–1940 гг. М. А. Бонч-Бруевич вёл педагогическую работу в Ленинградском электротехническом институте связи (ЛЭИС) в должности профессора кафедры теоретической радиотехники, заведовал радиофакультетом, был заместителем директора института по учебной части. Согласно воспоминаниям студентов 1930-х годов, приведённым в юбилейном издании, выпущенном под редакцией ректора СПбГУТ А. А. Гоголя, «лекции Михаила Александровича пользовались особой популярностью и вызывали неподдельный интерес не только студентов и преподавателей ЛЭИС, но и других образовательных учреждений Ленинграда, на лекциях также можно было встретить работников различных ленинградских заводов и научно-исследовательских институтов. Занятия, проводившиеся М. А. Бонч-Бруевичем, отличались исключительной доходчивостью, были живы и увлекательны» [4].

С 1931 г. М. А. Бонч-Бруевич стал членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1934 г. получил звание доктора наук. К началу 1940-х годов учёный находился на пике своей интеллектуальной формы и, несомненно, мог бы немало принести и в науку, и в преподавание. Но жизненные обстоятельства оказались иными и жизненный путь Михаила Александровича оборвался трагически рано. 7 марта 1940 г. выдающийся учёный скончался в Ленинграде после перенесённого инфаркта, от последствий которого он не смог оправиться. В том же году Постановлением Совета народных комиссаров СССР от 8 июня ЛЭИС было присвоено имя профессора М. А. Бонч-Бруевича [1], которое университет носит и в наши дни.

Имя М. А. Бонч-Бруевича, человека, жизнь и научная работа которого служат примером для современных преподавателей и учёных, с большим уважением вспоминают в стенах Санкт-Петербургского университета теле-

коммуникаций, сотрудники которого впоследствии продолжили и с большим успехом развили дело развития отрасли связи в России, начатое ещё Михаилом Александровичем Бонч-Бруевичем.

Список используемых источников

1. Остроумов Б. А. Михаил Александрович Бонч-Бруевич 1888–1940 // Люди русской науки. Очерки о выдающихся людях естествознания и техники / под ред. И. В. Кузнецова. М. : Наука, 1965. 784 с.
2. Пистолькорс А. А. Михаил Александрович Бонч-Бруевич (Очерк жизни и деятельности) // Собрание трудов. 2-е изд. М. : Юрайт. 2018. 526 с.
3. Прохоров А. М. Бонч-Бруевич Михаил Александрович // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / под ред. А.М. Прохорова. 3-е изд. М. : Советская энциклопедия. 1969.
4. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1930–2000: 70 лет / М. Ю. Афанасьев и др.; под общ. ред. А. А. Гоголя. СПб. : Мега, 2000. 125 с.

УДК 327.3
ГРНТИ 11.25.31

ПОЛИТИКА БЕЛОГО ДОМА В ОТНОШЕНИИ ИРАНА ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ Д. ТРАМПЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ СМИ)

А. Б. Гехт, В. А. Перевозчикова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматривается внешняя политика США при президенте Дональде Трампе в отношении Ирана. Проанализирована реакция средств массовой информации на решения Дональда Трампа в отношении Ирана. В исследовании изучено, как политика Белого дома повлияла на ситуацию в регионе. В частности, подробно разобраны и проанализированы следующие внешнеполитические шаги, предпринятые президентом Дональдом Трампом: выход из иранской ядерной сделки и последующие за этим решением действия Ирана, санкции, введенные США против Ирана, убийство генерала Касема Сулеймани в Багдаде и последующие за этим решением события.

политика США, американо-иранские отношения, политика Дональда Трампа.

За время пребывания Дональда Трампа на посту президента Соединенных Штатов Америки в американо-иранских отношениях произошли события, которые сделали диалог между Вашингтоном и Тегераном напряженным и непредсказуемым.

В мае 2018 года США по инициативе Белого дома, возглавляемого Д. Трампом, вышли из иранской ядерной сделки (официальное название «Совместный всеобъемлющий план действий»), которая была заключена между Ираном, США, Китаем, Великобританией, Россией, Францией и Германией в обмен на снятие с Ирана экономических санкций в 2015 году и направлена на сдерживание развития ядерной программы Ирана. Политики в США и в мире по-разному отреагировали на решение Белого дома. Американский информационный канал Fox News Channel в одном из материалов на своем официальном сайте привел высказывания американских политиков относительно выхода США из иранской ядерной сделки [1]. Большинство политиков, мнение которых привел канал, критикуют решение Дональда Трампа, но, тем не менее, приведены и мнения политиков, которые поддерживают решения президента США. Также Fox News Channel озвучил высказывание президента Франции Эмманюэля Макрона, который сожалеет о подобных действиях США, и мнение премьер-министра Израиля Биньямина Нетаньяху, который, наоборот, поддержал решение Д. Трампа.

В материале информационного агентства ТАСС были приведены высказывания Дональда Трампа о его решении выйти из иранской ядерной сделки, о ее недостатках и, в целом, о разработке ядерного оружия Ираном. Дональд Трамп считает, что Совместный всеобъемлющий план действий не гарантирует того, что Иран не разработает ядерное оружие в будущем [2].

В материале BBC News озвучено мнение президента Дональда Трампа относительно иранской ядерной сделки и выхода из нее, также были озвучены мнения руководства других стран, подписавших данное соглашение, и приведены высказывания иранского президента, который заявил о намерении Ирана поговорить с другими участниками соглашения и решить, что будет происходить с иранской ядерной сделкой дальше. Если сторонам удастся договориться, сделка останется в силе, несмотря на решение США. Также президент Хасан Рухани заявил о готовности Ирана возобновить обогащение урана в случае необходимости [3].

Решение Дональда Трампа выйти из соглашения поддержал Израиль, у которого существует конфликт с Ираном. Остальные участники соглашения, включая сам Иран, намерены сохранить его без Соединенных Штатов Америки.

Дональд Трамп объявил о возобновлении всех экономических санкций против Ирана, которые были отменены в 2015 году после подписания иранской ядерной сделки. США ввели санкции в два этапа: первые санкции вступили в силу через 90 дней, в августе 2018 года, вторая часть санкций вступила в силу через 180 дней, в ноябре того же года. Санкции касаются, в первую очередь, нефтяной отрасли и банковской сферы. Партнеры США в Европейском союзе недовольны возвращением американских санкций и намерены сохранить ядерную сделку с Ираном без участия США, а также

выполнять обязательства в рамках соглашения. Правительство США подчеркнуло, что санкции направлены не против народа Ирана, а против руководства. Правительство Ирана заявило, что страна не боится американских санкций.

Евросоюз декларировал о намерении продолжить сотрудничество с Ираном, а Израиль, напротив, поддержал решение Дональда Трампа восстановить санкции [4].

Иран, в свою очередь, в несколько этапов стал сокращать свои обязательства по Совместному всеобъемлющему плану действий. Всего таких этапов было пять. Последний, касающийся отказа от ограничения количества центрифуг, в которых обогащают уран, по времени совпал с убийством США иранского генерала Касема Сулеймани, что еще больше обострило американо-иранские отношения [5].

В начале 2020 года, в результате ракетного удара, был убит иранский генерал Касем Сулеймани, который возглавлял элитное спецподразделение «Аль-Кудс» в составе Корпуса стражей Исламской революции [6]. Генерала считали одним из самых влиятельных людей в Иране. Американо-иранские отношения были напряженными и до этого события, однако убийство генерала обострило и так сложные отношения Вашингтона и Тегерана. Администрация США в качестве причины ликвидации К. Сулеймани назвала защиту своих граждан, утверждая, что иранский генерал готовил убийство американских дипломатов и военных на Ближнем Востоке. Иран пообещал отомстить США за убийство своего генерала. Сразу после удара США по К. Сулеймани информационный сайт Русской службы ВВС, ссылаясь на экспертов, отметил, что эскалация конфликта между Ираном и США может привести к обострению отношений Ирана с Израилем и Саудовской Аравией - союзниками Соединенных Штатов в регионе.

Как сообщало 3 января 2020 года ВВС Русская служба, убийство генерала произошло через несколько дней после попытки протестующих проникнуть в здание американского посольства в Багдаде. В Вашингтоне ответственность за это возложили на убитого генерала [7]. Нападение на посольство США стало ответом на воздушные удары американцев по нескольким объектам, принадлежащим военизированной группировке «Катаиб Хезболла» в Ираке и Сирии, говорится в материале ВВС Русская служба. По сообщению того же СМИ, удары по этим объектам были вызваны ракетным ударом по иракской базе в районе города Киркук, в результате которого погиб гражданский сотрудник, ранены американские военные и члены иракских служб безопасности. США обвинили в нападении на базу группировку «Катаиб Хезболла».

В новостном материале российского телеканала «Россия 24» убийство Сулеймани было названо незаконным [8].

В ответ на убийство своего генерала, Иран обстрелял американские военные базы в Ираке. После обстрела американский лидер выступил с заявлением, прокомментировав ответные действия иранского руководства, и отметил, что в результате ракетного удара никто не погиб – ни с американской, ни с иракской стороны.

Столкновение Ирана и Соединенных Штатов Америки после убийства Касема Сулеймани не переросло в военный конфликт, однако страны обменялись жесткими заявлениями в адрес друг друга и стало понятно, что и без того напряженные отношения между Вашингтоном и Тегераном выходят на новый уровень противостояния.

Также можно отметить тот факт, что Дональд Трамп в 2018 году перенес посольство США в Израиле из Тель-Авива в Иерусалим, тем самым заняв в палестино-израильском конфликте определенную сторону и говорить об объективности США в данном конфликте достаточно сложно. Данный шаг главы Белого дома не является прямой конфронтацией с Ираном, однако, подобные действия американской стороны явно не делают американо-иранские отношения лучше. Многие страны не поддерживают такое решение Белого дома и считают, что перенос посольства дестабилизирует и так не спокойную обстановку. У Ирана существуют напряженные отношения с государством Израиль и такие открытые шаги поддержки США в отношении Израиля вряд ли помогут наладить диалог между странами, скорее наоборот нанесут дополнительный удар по взаимоотношениям Вашингтона и Тегерана. Особенно, учитывая тот факт, что споры вокруг статуса Иерусалима болезненный момент в палестино-израильском конфликте. Поэтому такие решения не проходят бесследно и обостряют существующий конфликт и в целом влияют на обстановку во всем регионе.

Отношения между США и Ираном остаются напряженными. За время пребывания Дональда Трампа на посту президента Соединенных Штатов Америки отношения между Вашингтоном и Тегераном стали ещё напряженнее. Факты, которые были представлены в данной статье, подтверждают кризис в американо-иранских отношениях и неопределенность дальнейшего развития событий. США имеют свои интересы и союзников на Ближнем Востоке и какие дальнейшие действия предпримет Дональд Трамп не известно.

Соединенные Штаты Америки выстраивают экономические и политические отношения со странами Ближнего Востока: какие-то страны поддерживают США в ряде вопросов и являются американскими союзниками (Израиль, Саудовская Аравия), какие-то страны и территории являются оппонентами Соединенных Штатов (Иран, Палестина). На Ближнем Востоке существуют конфликты и противоречия, выстраиваются определенные политические и экономические отношения, и порой в этих отношениях участвуют третьи стороны. А некоторые конфликты имеют тенденцию растягиваться на многие годы.

Описанные в данной статье шаги, предпринятые действующим американским президентом Дональдом Трампом, не разрешили конфликт между Вашингтоном и Тегераном, а наоборот обострили его и несмотря на то, что напряженные отношений между США и Ираном после убийства генерала К. Сулеймани не переросли в военное противостояние этих двух стран и эскалации конфликта на Ближнем Востоке, угроза нового противостояния продолжает существовать.

Список используемых источников

1. Trump's withdrawal from Iran nuclear deal sets off global reaction // Fox News. URL: <https://www.foxnews.com/politics/trumps-withdrawal-from-iran-nuclear-deal-sets-off-global-reaction> (дата обращения: 03.02.20).
2. США выходят из ядерной сделки с Ираном // ТАСС: Новости в России и мире. URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/5185833> (дата обращения: 04.02.20).
3. Iran nuclear deal: Trump pulls US out in break with Europe allies // BBC News. URL: <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-44045957> (дата обращения: 04.02.20).
4. Возобновление санкций США против Ирана. Главное // ТАСС: Новости в России и мире. URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/5755512> (дата обращения: 04.02.20).
5. Иран вышел из ядерной сделки и грозит США военным ударом // BBC News Русская служба. URL: <https://www.bbc.com/russian/news-51002457> (дата обращения: 06.02.20).
6. Касем Сулеймани: главный военный стратег Ирана убит при ударе ВВС США в Багдаде // BBC News Русская служба. URL: <https://www.bbc.com/russian/news-50979993> (дата обращения: 06.02.20).
7. В Багдаде протестующие пытались штурмовать посольство США. Вашингтон заявляет, что обстановка под контролем // BBC News Русская служба. URL: <https://www.bbc.com/russian/news-50955232> (дата обращения: 09.02.20).
8. Вести // Телеканал «Россия». URL: https://russia.tv/video/show/brand_id/5402/episode_id/2235113/video_id/2259293/viewtype/calendar/year/2020/month/01/ (дата обращения: 10.02.20).

УДК 659.1
ГРНТИ 19.01.29

ИЛЛЮЗИИ В ДИЗАЙНЕ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ

Е. В. Гунина, С. В. Иванова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье приведен анализ примеров оптических иллюзий движения в рекламе. Актуальность и практический аспект выбранной темы определяется рядом ключевых проблем, связанных с актуальностью и эффективностью использования нового подхода

в рекламной сфере для увеличения внимания и интереса к рекламе, а также повышения продаж рекламируемых продуктов. Рассмотрена возможность применения новых приемов визуальных решений в процессе создания рекламных баннеров. На примере известных рекламных кампаний представлены приемы создания движения оптических иллюзий.

цвет, иллюзия, реклама, полиграфия, дизайн, изображения, иллюзия движения.

Актуальность проведенного исследования обусловлена становлением рекламы как одного из аспектов современной жизни человека. На данный момент реклама прочно заняла ведущие позиции и выходит на первый план как явление экономическое, информационно-коммуникативное, общекультурное. Негативным фактором распространения такого объема рекламы становится перенасыщение рынка, в связи с чем необходимо проводить постоянные исследования и искать свежие, новые, необычные и нетипичные способы рекламирования, расширения методов продвижения товаров и услуг. Создание уникальной, привлекающей внимание потребителей рекламы становится все более трудным процессом. Рекламный рынок нуждается в более новых и усовершенствованных примерах. Одним из подобных примеров постепенно становятся крайне интересные формы культурной деятельности мира – иллюзии.

Цель работы: анализ применения иллюзий в рекламе и на его основе создание собственного рекламного баннера.

Задачи:

1. Изучение соответствующей теме литературы.
2. Классификация различных видов оптических иллюзий.
3. Выбор наиболее подходящего варианта иллюзии как основы собственного рекламного баннера.
4. На основе подходящего варианта иллюзии создать собственный рекламный баннер.
5. Обобщение и анализ полученных результатов.

Визуальные противоречия уже не первое столетие очаровывают и захватывают людей. Систематические исследования феномена оптических иллюзий начались еще в середине XIX века, однако до сих пор профессионалы не могут объяснить, как многие из них «работают».

Зрительные иллюзии – (обманы зрения), систематические ошибки зрительного восприятия, а также различные искусственно создаваемые зрительные эффекты и виртуальные образы, основанные на использовании особенностей зрительных механизмов [1, 2].

Выделяют несколько распространенных типов иллюзий [3]: иллюзии восприятия размера, искажения геометрии фигур, иллюзии цвета и контраста, иллюзии движения, двойственное изображение, иллюзии соотношения фигуры и фона, иллюзии кажущихся, несуществующих фигур, иллюзии восприятия глубины, иллюзии невозможной фигуры, иллюзии перевёрнутой

картинки, эффект перцептивной готовности, парейдолические иллюзии, иллюзия следящего взгляда, иллюзии распознавания образов.

Из вышеперечисленных видов иллюзий наиболее сильно привлекает внимание зрителя иллюзия движения. Учеными доказано, что все неожиданно появляющееся в поле зрения человека способно невольно привлечь его внимание. Например, при интенсивной умственной работе человеку может сильно помешать качающаяся лампа: глаза поневоле фиксируют это движение [1].

Иллюзия движения подразделяется на:

1. Иллюзию вращения и кручения кругов (рис. 1).

Иллюзию вращения кругов взяли на вооружение маркетологи из Shell [4], таким образом, они хотели показать, что компания готова поддерживать шестерёнки в действии, а благодаря магии оптических иллюзий, удалось достичь движения даже на полностью статических печатных страницах.

Принт наглядно иллюстрирует слоган: «Поддерживаем шестеренки в движении».



Рис. 1. Реклама компании Shell и иллюзия кручения кругов

2. Иллюзию волн (иллюзия Геринга).



Рис. 2. Логотип Sonos

На человека значительное воздействие оказывает иллюзия Геринга, использовалась в логотипе Sonos (рис. 2), представляющая собой муаровый узор, где сетки накладываются друг на друга, порождая ложные движения.

3. Иллюзию движения по коридору. Если сосредоточить взгляд в центр картинке, то через некоторое время движение останавливается. На данный момент в рекламе не использовалась.

Аналогом иллюзии движения по коридору является фрактальная пульсирующая иллюзия. При рассмотрении картинке заметны пульсирующие изменения в ее форме. Оба вида иллюзий представлены на рис. 3.

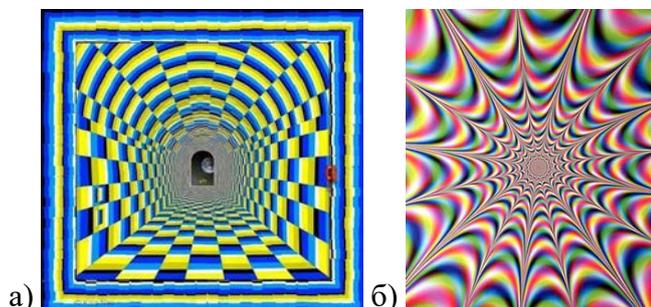


Рис. 3. Иллюзия движения по коридору (а), фрактальная пульсирующая иллюзия (б)

4. Иллюзию расширения кругов (рис. 4), при сосредоточении взгляда в центре картинке и осуществлении движений головой вперед и назад, будут заметны расширения и сужения кругов, а также изменение цветовых вариаций.

5. Иллюзию исчезновения.

Реклама пятновыводителя Hygiene [5] была размещена на остановках Бангкока (Тайланд). Издалека на свитере видно пятно, которое исчезает прямо на глазах по мере приближения к билборду (рис. 5).

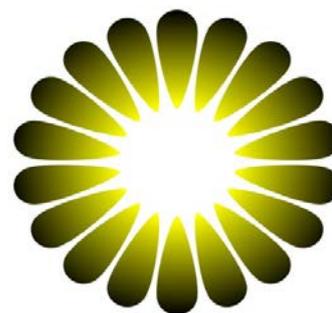


Рис. 4. Иллюзия расширения кругов



Рис. 5. Реклама пятновыводителя Hygiene

В новой рекламной кампании ИКЕА [6] обещает раскрасить серые бельгийские будни разноцветными товарами для дома (рис. 6). Чтобы рассказать об этом покупателям, рекламное агентство подготовило серию плакатов, которые издалека выглядят как простые цветные прямоугольники с названием товара и ценой, но при приближении человек распознает объект на картинке.



Рис. 6. Реклама ИКЕА

При создании плакатов были использованы технологии, позволяющие показать контуры товара только тем, кто подошел к плакату поближе. По задумке авторов, реклама должна подстегнуть людей к решительным действиям. Кампания стартовала накануне пасхальных каникул, во время которых намного проще найти время на обустройство дома.

Рассмотрев некоторые виды иллюзий и увидев конкретные примеры их применения в рекламе известных брендов, можно заметить, что из 6 видов иллюзий в рекламе применяются всего 3, то есть только 50%. Поэтому следует отметить, что возможности применения иллюзий в рекламе на данный момент используются не полностью.

Приведенные иллюзии можно применить и для создания собственного рекламного баннера, например, рекламы компании по ремонту квартир, в том числе по отделке стен (рис. 7). Конкретный пример рекламы, где валики движутся, символизирует полноценный процесс работы.

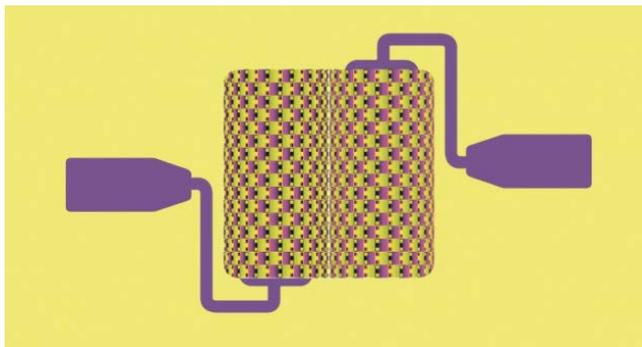


Рис. 7. Рекламный баннер компании по ремонту

Данная реклама не нагромождена лишними элементами, но в свою очередь, привлекает внимание крутящимися элементами. Самое главное поместить эту рекламу на большой баннер, так как в маленьком формате иллюзия не раскрывает своих свойств.

В заключении, на основе проведенного исследования, несмотря на то, что оптические иллюзии уже находят свое применение в сфере рекламы, существует еще большая нераскрытая перспектива их использования в рекламе полиграфической продукции. Отличительной чертой иллюзий является их необычность, которая значительно сильнее привлекает внимание потребителей. Именно такая особенность человеческого мозга, как запоминание нестандартных рекламных кейсов, заставит в будущем маркетологов широко применять данную технику иллюзий в своих рекламных проектах. При этом рассмотренные в данной статье являются лишь небольшой частью всего набора существующих иллюзий, что открывает огромные перспективы их использования в сфере рекламного бизнеса.

Список используемых источников

1. Артамонов И. Иллюзии зрения. М. : Наука, 1964. 112 с.
2. Толанский С. Оптические иллюзии. М. : Мир, 1967. 128 с.
3. Джанни А. Сарконе, Мари-Джо Ваэбер. Рисуем оптические иллюзии. М. : Арт-Родник, 2013. 128 с.
4. Оптические иллюзии в рекламе: как запомниться каждому [Электронный ресурс]. URL: <https://read.kj.media/trends/opticheskie-illyuzii-v-reklame-kak-zapomnitsya-kazhdomu/> (дата обращения: 18.02.2020).
5. Оптическая иллюзия в рекламе [Электронный ресурс]. URL: <http://promoat-las.ru/opticheskaya-illyuziya-v-reklame/> (дата обращения: 01.02.2020).
6. IKEA использовала в рекламе оптические иллюзии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lookatme.ru/mag/live/experience-news/202953-illusion> (дата обращения: 15.02.2020).

УДК 159.947.33
ГРНТИ 02.41.21

ДОСТАТОЧНО ЛИ ИДЕИ ПАТРИОТИЗМА ДЛЯ БУДУЩЕГО РОССИИ?

М. Р. Зобова, А. Ф. Родюков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье показано, что на статус единственной идеологии современной России. Идея патриотизма должна быть дополнена рядом понятий, раскрывающих перспективные и общезначимые цели для прогрессивного развития нашей страны. Новая идеология должна амбивалентность, противоречивость понятия патриотизма не позволяет ему претендовать провозглашать ценности, объединяющие подлинное большинство наций и народов РФ.

патриотизм, идеал, идеология, ценности, либертариализм, социальная синергетика.

Обсуждение проблемы патриотизма обострилось и обрело актуальный характер после заявления В. В. Путина том, что патриотизм должен стать единственной идеологией в современной России. Как известно, Конституция РФ (1993 г.) запрещает монополию какой-либо одной идеологии и провозглашает идеологический плюрализм в обществе. Поэтому можно констатировать противоречие между словами Президента и соответствующим разделом Конституции. Его слова подчеркивают единственно возможную идеологию, в то время как Конституция отрицает существование одной единственной идеологии в нашей стране. Образование плюралистической модели явилось отражением объективных процессов распада ранее единой страны – Советского Союза. Предполагаемый противоположный, интегративный процесс неизбежно должен будет базироваться на идеологическом единстве, приемлемом для всех наций и народов бывшей единой страны.

Однако возникает проблема, вынесенная в название данной статьи: достаточно ли для этого лишь идеи патриотизма.

Патриотизм – это нравственный и политический принцип, социальное чувство, содержанием которого является любовь к Родине и готовность пожертвовать своими интересами ради неё [1]. Не менее важно оказывается то, что патриотизм это одно из глубоких чувств, закрепленных веками и тысячами обособленных отечеств [2, с. 190], при этом каждый класс выражает свое отношение к отечеству через присущие ему специфические интересы. В свое время В. И. Ленин поставил вопрос о научной идеологии, то есть у него действительное и желаемое совпадают. С точки зрения социальной синергетики такого быть не может. Может быть научная теория

идеологии, поскольку каждый идеал имеет право на существование (В. П. Бранский). Согласно К. Марксу, идеология является самообманом различных классов и («партий» философии) поскольку их идеи не что иное, как искаженное отражение их жизненных ситуаций, предвосхищения их неосознанных интересов. Отсюда понимание идеологии как самообмана этих классов, как их коллективное «ложное сознание» [3]. С позиции же социальной синергетики идеология есть учение об идеале, а поэтому никакая идеология не может претендовать на статус научной истины как соответствие знания своему объекту, но она также не является ложью [4, с. 31–113]. Вместе с тем, отрицание за идеологией научного статуса не означает ее полного отрыва от знания объективных процессов. Наука и идеология – это следствие соотношения истины и идеала, а потому, идеал – это трансформация истины. Идеология это и не истина и не заблуждение, а нечто третье, поскольку идеал выражает лишь наши желания в отношении будущего.

Снимая существующие на данный момент объективные противоречия социума, идеал не осуществим ни в какой момент действительности, являясь при этом, общезначимым стратегическим проектом. Стремление к реализации этого проекта порождает новые противоречия, которые данный идеал не сможет разрешить. И тогда начинает формироваться новый идеал, а старый идеал распадается. Поэтому история есть смена идеалов. Идеалы меняются, а патриотизм сохраняется как принадлежность каждой идеологии.

Все многообразие взглядов на жизнь и на соответствие нормы и идеала несет в себе идеология. Углубляясь в содержание идеологии как социального феномена, следует признать, что ядром этого явления служит соотношение нормы и идеала. Как пишут авторы коллективной монографии «Синергетическая философия истории», идеология имеет три точки опоры – идеал, канон и ритуал, – а эти последние облачаются в особый аллегорический «костюм», элементами которого являются идеологические символы, образы, мифы и культы. В этом контексте патриотизм не отвечает данным требованиям, выражающим суть идеологии. Для патриотизма характерна, прежде всего, жертвенность ради самого признанного идеала. При этом жертвенности должна быть присуща своеобразная «скромность» (как отсутствие самовосхваления), жертвование собой, а не другими и минимальность самой жертвы.

Патриотизм может парадоксальным образом соединяться с сепаратизмом, с нацизмом, с угнетением собственного народа и агрессивной внешней политикой, и агрессией. Так, в одной и той же стране существуют патриоты-охранители государственной власти и патриоты оппозиции; и те, и другие считают, что они равно приносят себя в жертву во имя Родины. Но дело

здесь не в патриотизме как таковом, а в ценностях и идеалах, которыми руководствуются те или иные группы людей и за которые они приносят себя в жертву.

Идея патриотизма неминуемо связана с созданием привлекательного виртуального образа от реального объекта любви к Родине. Но поскольку представители тех или иных партий создают свой виртуальный образ, то невозможна редукция такого многообразия к единому универсальному образу, т. е. создание единого теоретического гештальта. По сравнению с прошлыми временами в современном обществе, благодаря массовой коммуникации, каждый индивид оказывается объектом идеологического воздействия со стороны самых разнообразных и подчас противоположных идеологически заостренных виртуально построенных образов. Это уже становится массовой пропагандой.

Идеология, будучи общей идеей, проявляет себя конкретным образом. Так, эстетический идеал проявляет себя через свои специфические национально-культурные формы и образы.

Поскольку же идеалы, все же коррелируются с социальной реальностью, то они могут носить опережающий характер в отношении к будущему и критический по отношению к прошлому и настоящему. Патриотизм является естественной и универсальной категорией, имея в своей действительности древний и всеобщий характер. В этом контексте патриотизм монистичен и слабо вариативен. Идеология всегда связана с той или иной социальной реальностью; государством, нацией, обществом или религиозным культом. Идея любви к своему народу, отечеству, религии существовала во все времена и у всех народов, как цивилизованных, так и варварских. Существует она и в наше время, будет существовать и в далёком будущем.

По своему содержанию идеология, в отличие от идеи патриотизма, чаще всего направлена против «чужих», «не наших», «врагов». Очевидным образом это проявлено в таких одиозных видах идеологии, как расизм, фашизм, милитаризм, шовинизм или крайний национализм. Отсюда недопущение превращения естественного патриотизма во всех перечисленные формы является крайней актуальной задачей сегодняшнего дня.

Идеология несёт в себе не только тот или иной образ «лучшего мира», но и «средства» для его реализации. В отличие от ценностей повседневности, соотносящихся с классической схемой потребностей А. Маслоу, идеология призывает, явно или скрыто, к отказу от мира обыденных ценностей и потребностей людей ради чего-либо более «высокого», над повседневного, общенационального, обще группового или сакрально-трансцендентального.

Борьба различных идеологий может включать в себя «заимствования» тех или иных идеалов и ценностей одной идеологии у другой. Речь идёт о своеобразной инверсии идеологии. Современная либеральная идеология

деформирует ценностную структуру повседневного сознания, она, как и любая другая идеология гипертрофирует одни ценности, отрицая другие. Это касается, прежде всего, семьи, брака и философии права. На этой почве рождается либертаризм [5] как крайний предел классического либерализма, нацеленный, в конечном счёте, на ликвидацию семьи как фундаментальной ячейки общества, клана, способного сопротивляться политике и практике правящих элит коллективного Запада [6, с. 118–119]. Правые консерваторы, ещё недавно отстаивающие традиционные религиозные и светские идеалы ныне открыто поощряют всё то, что ведёт к их разрушению путём разобщения людей.

Глубокое противоречие состоит в том, что без жертвенности нет ни общественного прогресса, ни семьи, ни любви. С другой же стороны, принесение в жертву обыденности оборачивается грехом, поскольку жертвенный отказ от повседневных ценностей влечёт за собой наказание – похоть вместо любви, прагматическое сожителство вместо семьи, вымирание вместо производства. А потому остро встаёт проблема оптимизация жертвы.

В современной России акцент делается не на «революцию», а на «эволюцию», не на «социализм», пусть и с «человеческим лицом», а на «православие и народность». Также неизбытен, как и раньше, «патриотизм», но уже без приставки «социалистический». «Интернационализм» советского периода трансформировался в «толерантность». В любом случае, и «русский коммунизм», и «русская суверенная демократия» выступали раньше, и выступают теперь в качестве антитезы западного постмодернизма и деконструктивизма: «Большой стиль» против «симулякров» в противовес западному декадансу. В любом случае, отказ от идеалов ведет к отрицанию какого-либо развития, прогресса, а человек перестаёт быть «существом идеологическим» (В. П. Бранский).

Вместе с коммунистическим идеалом и нравственными прописями из быта ушел идеал как таковой, как нечто, к чему стоит стремиться. Система прежних идеалов и ценностей перевернулось, и то, что раньше было, обернулось чем-то противоположным. Всё упростилось и «заземлилось», остались только Деньги. Но утрата идеала, отказ от него есть величайшая драма человека. Провозглашая ориентацию на традиционные ценности, современная Россия отказывается от идеологии жертвенности? И что тогда такое национальная идея? Консервация традиционного, или же идеология будущего?

Современные Российские либеральные патриоты (впрочем, как и их предки в XIX веке) считают благом для РФ её распад и «сжатие» до размеров средневропейской страны. Напротив, для ура-патриотов такое благо видится в её расширении за счёт включения в её состав других народов и государств. Белые по-своему были патриотами, такими, как и красные, поскольку и те, и другие одинаково любили свою Отчизну, но одни – Россию

дворянско-буржуазную, а другие – Россию социалистическую. Так, необходимо ли «подлинным» патриотам жертвовать собой ради Отечества, или следует жертвовать Отечеством ради себя?

Фактически вместе с коммунистическим идеалом из нашего быта ушел идеал как таковой. Как нечто, к чему стоит стремиться. Система прежних идеалов и ценностей перевернулось, и то, что раньше было, обернулось прямо противоположным. Всё упростилось и «заземлилось», остались только деньги. Но утрата идеала, отказ от него есть величайшая драма человека.

Ныне идеей единения пользуются про-властные пропагандисты, злоупотребляющие неоднозначностью таких понятий, как патриотизм, власть, Родина. С этих позиций «настоящим патриотам» следует свято любить действующую власть, господствующую в их родном отечестве и независимо от ее природы. То есть мы можем любить наши березки, бескрайние просторы России, но никак не участвовать в распределении гигантских средств, получаемых от продажи частички России за кордон.

Напротив, современная идеология народного Единения, основанная на памяти о жертвах и победах в ВОВ должна быть «достроена» рядом ценностей, опирающихся не только на прошлые достижения, но и на образы лучшего будущего и общечеловеческие ценности. Сегодня во всем мире постепенно идет отказ от идеологии массового потребительства. Людей более начинают привлекать духовные ценности (этические, прежде всего, идея справедливости, эстетические, научные). Идеологию современного общества можно определить, как либеральную (свобода выбора) с идеологической (духовно-нравственной) компонентой, а не с потребительской как было еще совсем недавно.

Преодоление антагонизма между собственностью, трудом и капиталом возможно лишь на основе универсальной справедливости. Общечеловеческий идеал, согласно синергетическому историзму, это стремление к совершенствованию и реализации техносферы и эстетосферы. Эти два компонента, составляющие идеал, имеют разное понимание и состояние у разных этносов, но в перспективе могут объединить всех живущих людей и разрешать существующие между ними противоречия. Такая тенденция в социальной синергетике получила название движения к суператтрактору [4]. Таким образом, идея патриотизма, без которой невозможно отстаивать и защищать суверенитет отечества, должна быть «достроена» новой идеологией, выражающей интересы подлинного большинства и будущего России.

Список используемых источников

1. Патриотизм. URL: <http://www.ru.wikipedia.org>. (дата обращения: 20.12.2019).
2. Ленин В. И. Ценные признания Питирима Сорокина. ПСС, 5-е изд. М. : Издательство политической литературы, 1969. Т. 37. С. 188–197. 748 с.

3. Маркс К., Энгельс Ф. Немецкая идеология // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. М. : Политиздат, 1955. Т. 3. С. 7–544. 629 с.
4. Синергетическая философия истории / под ред. В. П. Бранского и С. Д. Пожарского. Рязань: «Копи-Принт», 2009. 314 с.
5. Tibor R. Machan *Libertarianism Defended*. UK, Ashgate Publishing, Ltd. 2006, 348 p.
6. Тяпин И. Н. Либертальная «философия права» как инструмент кризиса общественного сознания и социальной системы в России / Философия и общество. Научно-теоретический журнал. 2015. № 1-2 (76). С. 116–139.

УДК 94(47).07
ГРНТИ 03.23.31

О ПЕРЛЮСТРАЦИИ ДИПЛОМАТИЧЕСКОЙ ПОЧТЫ РОССИЙСКИМИ СЛУЖБАМИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.

В. С. Измозик

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье анализируются методы получения информации о деятельности иностранных дипломатов в Российской империи, включая отправляемые ими донесения о положении дел в стране пребывания, оценку внутренней и внешней политики, сведения о взаимоотношениях внутри политической элиты; поступающие им указания от внешнеполитического руководства.

перлюстрация, служба дешифровки, тайная полицейская экспедиция, зарубежные почтовые конторы, перлюстрационный пункт в Константинополе.

Появление особой службы перлюстрации дипломатической переписки можно датировать началом XIX в. В 1803 г. в Министерстве иностранных дел появился «для сочинения по секретной части» Х. И. Миллер, ставший впоследствии действительным статским советником. Высочайшим повелением 7 ноября 1804 г. управляющим «цифирной частью» был назначен д. с. с. А. И. Граудер, а Х. И. Миллер являлся его помощником. Их задачей было дешифровка иностранной дипломатической переписки и разработка собственных ключей [1, л. 20 об.].

Для помощи дешифровщикам дипломатической переписки привлекались и другие ведомства. В частности, 6 ноября 1800 г. Павел I утвердил создание «Тайной полицейской экспедиции». Среди ее задач предусматривались расходы «на пенсии швейцарам у иностранных министров», а в одной из дополнительных бумаг отмечалась, что начальника нового учреждения «награждать должно тем, что он потребует, если б скрал цифры

у какого иностранного министра» [2, с. 65–66]. Вместе с тем, по-прежнему использовались способности секретных чиновников Петербургского почтамта. 18 мая 1808 г. Александр I направил предписание петербургскому почт-директору Н. И. Калинину: «Все письма, на чье бы имя оные ни были, которые от министра иностранных дел графа Румянцева будут к вам присылаемы для перлюстрирования, вы, в силу сего, имеете перлюстрировать, и потом к нему с таковых писем доставлять точные копии» [3, л. 109 об.]. Перлюстрация дипломатической почты на Петербургском почтамте продолжалась и в последующие десятилетия. С 14 по 26 августа 1856 г. в Москве, согласно традиции, проходила коронация Александра II. Уже 21 мая в ходе всеподданнейшего доклада Главноуправляющего Почтовым департаментом В. Ф. Адлерберга было решено по случаю предстоящего переезда в Москву Двора и дипломатического корпуса «откомандировать под благовидным предлогом» трех чиновников Секретной экспедиции Петербургского почтамта, поскольку московские перлюстраторы дипломатической почтой не занимались. Один из них был опытным перлюстратором, двое других должны были заниматься переводом дипломатических депеш, перепиской их и шифров. Ехать в Москву эти чиновники должны были «под видом отпуска». Поэтому из секретных сумм им были отпущены деньги на проезд, наем жилья и проживание [4, л. 18–21].

Таким образом, с начала XIX в. официальные послания иностранных дипломатов проходили через «черный кабинет» СПб. Почтамта, а затем поступали в Российское министерство иностранных дел. В архиве сохранились выписки из переписки выдающихся иностранных дипломатов того времени: канцлера Австрии в 1809–1848 гг. князя Ф. Меттерниха с послами в России, министра иностранных дел Франции в 1840–1848 гг. Ф. Гизо с Огюстом-Казимиром Перье, австрийского дипломата графа К-Л. Фикельмона, английского министра иностранных дел Г. Пальмерстона и т. д. Только за 1841 г. было перлюстрировано 310 писем [5, л. 2–180].

Одновременно с 1815 г. была налажена перлюстрация дипломатической почты в русской почтовой конторе в Бухаресте. Этим весьма усердно занимался почтмейстер И. П. Яковенко. Здесь прежде всего снимались копии с переписки молдавского Господаря, сербского князя, английского и французского консулов. При этом И. П. Яковенко направлял перлюстрацию, как своему непосредственному начальнику, Главноуправляющему Почтовым департаментом князю А. Н. Голицыну, так и канцлеру К. В. Несельроде. Игнатий Павлович Яковенко не просто занимался перлюстрацией, но позволял себе проявлять разнообразную инициативу. Например, в январе 1838 г. в связи со сведениями, что «князь Милош [Обренович] склоняется к внушениям иностранных агентов» и «уверен в неизбежности войны Англии, Франции, Австрии против России» почтмейстер советовал канцлеру

отправить в Сербию российского консула, «который бы мог, смотря по обстоятельствам, приводить иногда князя сего в чувства здравого рассудка» или же «дать уже тогда свободу преданным к нам сербам принять самые меры решительные».

Особенно это касалось дела перлюстрации. В феврале 1839 г. И. П. Яковенко, посылая Нессельроде копию с письма французского консула Дюкло, назначенного в Сербию, рекомендовал, чтобы «российский консул в Сербии предложил французу «со всею должною осторожностью свое для пересылки бумаг его посредство», что позволит гораздо успешнее осуществлять вскрытие писем. В марте неутомимый почтмейстер сообщал Нессельроде, что французский посланник в Константинополе требует от французского генерального консула в Бухаресте писать шифрами. В связи с этим Яковенко докладывал, что «на всякий случай снял копию» и просил указания «надо ли далее доставлять шифрованные копии или сей труд будет излишним».

Игнатий Павлович не скрывал и неудач. В том же месяце он извещал, что партикулярное [частное] письмо английского посланника английскому консулу было написано «по-английски так дурно, что никак нельзя было прочесть оное и не предстояло возможности списать с него и копию потому, что надобно было непременно отослать поскорее для избежания всякого подозрения». 6 апреля 1839 г. Яковенко докладывал, что не смог прочесть письмо поверенного в делах молдавского Господаря при «Порте Оттоманской», «за неимением помощника, знающего греческий язык». С этим была связана и просьба прислать из Петербурга или из Одессы «одного верного и испытанного в скромности помощника, знающего языки: новый греческий, французский и, если можно, и английский», поскольку «одному мне никак невозможно успевать производить и операцию [почтовую], и списывать копии». Кроме этого, Игнатий Павлович просил у канцлера деньги «на два стола, два шкафа с секретными задвижками для всякого здесь заграницею случая и на другие расходы, которые производил я до сего времени по одному моему усердию из собственного недостаточного моего жалованья». Он также предупреждал Нессельроде, что письма к нему будут теперь адресовать «под кувертом Санкт-Петербургского почт-директора, чтобы и в управляемой мною почтовой конторе не была приметна переписка моя с Вашим Сиятельством» [6, л. 22–23, 46–47, 64, 65, 67–67 об., 90–90 об.].

В начале 1836 г. встал вопрос об открытии перлюстрационного пункта в Одессе. Одновременно И. П. Яковенко из Бухареста донес, что заметил «особое внимание [дипломатических] агентов Англии и Франции к своей переписке». Он предлагал установить наблюдение за перепиской «сих лиц и ряда бояр», а «в особенности за перепискою Господаря», и просил, чтобы российский генеральный консул выделил ему в помощь чиновника, знающего языки. А. Н. Голицын обсудил это предложение с вице-канцлером

К. В. Нессельроде. Тот отметил, что «переписка тех агентов» идет через австрийские почтовые конторы; что «задержки в раздаче писем и пакетов вызывают подозрения у обывателей» и они начнут «пересылку писем другим способом». Поэтому вице-канцлер предложил организовать перлюстрацию при российской почтовой конторе в Константинополе. Заметим, что между Одессой и Константинополем существовало регулярное пароходное сообщение и 30 июня 1831 г. были утверждены правила перевозки почтовой корреспонденции между этими городами.

8 марта эта ситуация обсуждалась во время всеподданнейшего доклада. А. Н. Голицын доложил государю, что в секретной экспедиции Петербургского почтамта нет свободных чиновников для перлюстрационного пункта в Одессе и сообщил о предложении К. В. Нессельроде. Он представил справку, что Константинопольская контора отправляет корреспонденцию лишь в Молдавию, Валахию и Россию, а письма в европейские государства отдаются австрийской почте. Он также указал, что российский посланник в Османской империи А. П. Бутенев в письме Новороссийскому и Бессарабскому генерал-губернатору М. С. Воронцову от 20 мая 1835 г. обращал внимание на то, что «командировка почтового чиновника в Константинополь для присутствия при отправлении и получении писем представляет некоторые неудобства» по нескольким причинам: почти постоянно свирепствует чума, невозможность принимать необходимые предосторожности.

В свою очередь, А. Н. Голицын, поддержав предложение К. В. Нессельроде, предложил обойтись без учреждения перлюстрации в Одессе; наблюдать переписку одесских консулов в Радзивилове, куда командировать чиновника со знанием английского и итальянского языков; производить прием и раздачу корреспонденции в Константинопольской почтовой конторе, направив в Константинополь одного чиновника. Николай I дал на все это «высочайшее согласие» [7, л. 95–106]. В Константинополь был направлен коллежский регистратор А. Ф. Маснер, специалист перлюстрации во втором поколении, «знающий весьма хорошо производство сего дела». Чтобы исключить «всякое стороннее любопытство», была осуществлена «операция прикрытия»: А. Ф. Маснер был уволен из Почтового Департамента, причислен к Азиатскому Департаменту МИДа и направлен в Константинополь [8, л. 2–4 об.]. Заметим попутно, что А. Ф. Маснер, который всю жизнь занимался перлюстрацией, был официально возвращен в Почтовое ведомство с 4 апреля 1863 г. [9, л. 251]. Одновременно А. П. Бутеневу была направлена обширная инструкция, предлагавшая русскому дипломату «блести за перепискою, приходящую в почтовую вверенной Вам миссии экспедиции и отходящую чрез оную в Молдавию, Валахию и Одессу».

Министр иностранных дел К. В. Нессельроде рассчитывал в результате на ознакомление с перепиской турецких сановников, сотрудников ино-

странных миссий, польских эмигрантов и всех других потенциально враждебных Российской империи лиц. При этом русскому послу отводилась важная роль: по инструкции он должен был в реестре всех писем отмечать подлежащие вскрытию, затем, просмотрев их, указывать Маснеру, «с которых необходимо снять копии или сделать выписки». В ответ А. П. Бутенев выдвинул серьезные возражения, напомнив, что миссия на срок от шести до восьми месяцев покидает Стамбул, переезжая из Пера (Бейоглу) в район резиденции султана Бююк-дере (Бююкдере), и быстрая связь с почтовой конторой будет невозможна; что на эти занятия нет времени ни у него, ни у его чиновников. В результате из Петербурга поступило уточнение ограничиться в особенности надзором за перепиской иностранных посольств, в особенности французского и английского с их агентами в Одессе или в княжествах Валахии и Молдавии.

Через год А. П. Бутенев вновь доложил директору Азиатского департамента К. К. Родофиникину, что опыт перлюстрации на протяжении четырех месяцев показал: «нигде не оказалось ни политических, ни каких-либо других суждений особой важности». Тем не менее, А. Ф. Маснер оставался в Константинополе до начала Крымской войны в 1853 г. [8, л. 1–2, 5–10, 12–16а, 26, 38–40, 101].

Таким образом, на протяжении десятилетий сохранялось ведомственное и персональное сотрудничество Особой канцелярии МИДа с «черными кабинетами» Главного управления почт и телеграфов, а также с чиновниками III Отделения, а затем Департамента полиции. Занимавшиеся перлюстрацией чиновники цензуры иностранных газет и журналов при Санкт-Петербургском почтамте П. Х. Витте, М. М. Михайлов, Ф. Ю. Ульрихс, Э. К. Цирлейн, А. О. Чиколени одновременно многие годы служили секретарями и переводчиками в Министерстве иностранных дел. [10, с. 273, 274].

Список используемых источников

1. Архив внешней политики Российской империи (АВПРИ). Ф. Департамент личного состава и хозяйственных дел. Оп. 481. Д. 293.
2. Севастьянов Ф. Л. Между Тайной экспедицией и III Отделением: От тайного сыска – к политическому розыску. СПб. : МИЭП, 2008. С. 65–66.
3. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ). Ф.1467. Оп. 1. Д. 1002.
4. Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф. 1284. Оп. 241. Д. 244.
5. АВПРИ. Ф. 133. Оп. 469. Д. 147. 1841 г.
6. АВПРИ. Ф. 161. Оп. 233. Д. 1. Ч. I.
7. РГИА. Ф. 1284. Оп. 241. Д. 238.
8. АВПРИ. Ф. 161. Оп. 233. Д. 3.
9. РГИА. Ф. 1284. Оп. 241. Д. 246.
10. Адрес-календарь. Общий штат Российской империи. 1860–1861 год. Ч. I. СПб., 1861.

УДК 659.4
ГРНТИ 19.71

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ, КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ ПОЛИТИКА

Е. И. Кузнецова, Д. В. Шутман

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Из-за технологического прогресса, появления на рынке широкого ряда цифровых носителей и разнообразных гаджетов, каналов для коммуникации и передачи информации становится все больше. Задачей PR-специалиста в новых условиях является поиск методов эффективного использования этих новых каналов. Все больше политиков не просто присутствуют сегодня в онлайн-пространстве, но и активно продвигают или конструируют свой имидж в сети, получают и налаживают обратную связь со своими избирателями, а также анализируют деятельность конкурентов. В статье обосновывается актуальность исследования процесса продвижения имиджа политика в социальных сетях. Представлен анализ программы действий, реализация которой поможет достижению высоких показателей эффективности коммуникационной стратегии. Все рассмотренные аспекты процесса продвижения имиджа политика в социальных сетях должны быть органично учтены при разработке общей стратегии рекламной и PR-деятельности.

политический лидер, социальные сети, реклама, связи с общественностью.

В современных условиях использование ресурса сети для продвижения имиджа «нового» или «старого» кандидата является инструментом связей с общественностью. В общепринятом смысле под имиджем «понимается совокупность свойств, приписываемых объекту обществом, целенаправленный формируемый образ, выделяющий определённые ценностные характеристики объекта, призваны оказать эмоциональное психологическое воздействие, в целях популяризации, пропаганды, рекламы» [1].

Технологии связей с общественностью в политической сфере направлены на формирование положительной репутации политического лидера среди целевых групп и выгодного для этого лидера общественного мнения. Формирование имиджа политика может происходить стихийно, или же осознано, когда отслеживаются особенности восприятия людей, разрабатывается стратегия и тактика создания благоприятного образа.

Политическая среда носит предельно персонифицированный характер. Для политика очень важен его внешний вид, голос, манера поведения, стиль общения, его личностные и профессиональные качества. Должна быть индивидуальность, своего рода уникальность, как у товара, который предлага-

ется пользователям. Политическая персона должна вызывать интерес у общества. И прежде чем продвигать кандидата, необходимо создать ему тот самый положительный и отличающий его от всех остальных образ. Люди всегда, в первую очередь, обращают внимание на внешность, а затем уже оценивают и всё остальное: выполняемую работу во властных структурах, самопрезентацию, предлагаемые программы и прочее.

При создании имиджа политика «с нуля» необходимо отследить уже существующие и широко распространённые образы политических лидеров. Если же политический лидер уже давно известен, то при продвижении через социальные сети есть возможность показать другую и может быть лучшую сторону его личности. При создании образа политика основной акцент нужно делать на формирование позитивного личностного имиджа. Имидж закрепляется в сознании людей, то есть существует набор желаемых характеристик, которые удовлетворяют основную часть населения. При формировании образа необходимо учитывать и создавать фон для самопрезентации, который устанавливает благоприятное начало в восприятии политика. Начинать нужно с установления доверия с аудиторией и признания его весомости и статуса, компетентности в политической сфере. Чтобы завоевать доверие аудитории, важно акцентировать внимание на положительных поступках, которые совершил политический лидер и что привнёс качественно нового для целей общественного развития. Негативным фактам аудитория верит больше, но не имеет смысла придумывать отрицательную информацию о себе. Дело в том, что если аудитория верит одному факту, то она переносит доверие и на другие факты и элементы сообщаемой информации.

Создание нового имиджа политика начинается с разработки стратегии, а именно с легенды. Легенда может носить положительный и отрицательный характер. Она помогает делать политического лидера узнаваемым и популярным. Легенда может выходить из самой биографии лидера или же из поступков, которые характеризуют его. При продвижении через социальные сети, пользователей будут интересовать все жизненные события, позиции политического лидера. И чем актуальней и интересней будет преподноситься информация, тем более активно будет идти развитие сетевых сообществ, посвящённых политическому лидеру.

Для лидера важны его установки, то есть социальная позиция в обществе. Установки политика помогают людям выбрать того или иного кандидата и ассоциировать его с определённым слоем общества. Он должен показать, что «он – свой человек». Основные позиции по различным вопросам должны отражать насущные проблемы общества.

При формировании нового имиджа политика, стратегия выбирается заблаговременно. При выдвижении кандидата на выборах необходимо руководствоваться структурными элементами при проведении кампании продвижения политического лидера, которые могут быть следующими:

имиджевые, коммуникативно-личностные, культурно-деятельные, лидерско-авторитетные [2]. На выборе этих элементов основывается стратегия проведения избирательной кампании для кандидата. Важно избегать стигматического имиджа, то есть складывающегося под воздействием случайной информации. У людей очень быстро сложится негативное впечатление, которое будет сложно искоренить. Поэтому нужно формировать целенаправленный и проработанный образ. Политический лидер или же кандидат на выборах, должен чётко понимать, что он из себя представляет, какими мотивами руководствуется, важны также его политические убеждения и стиль принятия решений. Обычно выделяют определённые факторы, которые должны быть присущи политическому лидеру, а именно:

- 1) Личность, то есть харизма, интеллект, потенциал политика;
- 2) Отношение к конкурентам, стране, обществу;
- 3) Поведение и деятельность.

Биография политического лидера не должна быть похожа на биографии других. Индивидуальный имидж и особые характеристики политического лидера должны закрепиться в массовом сознании аудитории. Формирование имиджа требует от политика развития своих специфических коммуникативных умений. Со временем имидж должен корректироваться, но без радикальных изменений, люди привыкают к определённому образу. Кардинальные изменения могут повлечь обратную реакцию общества, может возникнуть отторжение и неприятие нового образа и придется всё создавать «с нуля».

При продвижении имиджа политика через виртуальные социальные сети сначала необходимо определиться, в какой именно сети стоит его продвигать. Социальные сети в отличие от Интернета в целом, обладают преимуществами, а именно низкими затратами на продвижение, доступностью, возможностью выхода на целевые аудитории. Они отличаются своей направленностью, различными возможностями и интерфейсом. Под интерфейсом понимается «аппаратно-программные средства, обеспечивающие графическое отображение, обмен информацией между человеком и компьютером» [3]. При проведении кампании по продвижению политического имиджа важно обращать внимание на предоставляемые возможности социальной сетью, а также учитывать особенности аудитории и общения в сети. В социальных сетях практически сразу можно увидеть реакцию пользователей на сообщение, при необходимости проанализировать его и скорректировать в дальнейшем курс общения.

Итак, реклама и связи с общественностью выступают одним из распространённых способов донесения темы политической кампании, политических образов, смыслов, символов до населения. Основную роль рекламы и связей с общественностью в формировании имиджа политического лидера в социальной сети можно определить, как воздействие на человека с целью

достижения определенного результата, необходимого для политика. Также реклама и связи с общественностью способствуют восприятию информационного посыла в нужном ракурсе. Эта роль имеет важное значение для политической сферы, так как без воздействия крайне сложно управлять общественным сознанием и внедрять все политические целевые установки в практическую плоскость.

Список используемых источников

1. Пономарев Н. Ф. Политические коммуникации и манипуляции М. : Наука, 2017. 129 с.
2. Китчен Ф. Паблик рилейшнз: принципы и практика. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 454 с.
3. Шмелева Е. В. Политический имидж: «секреты» манипуляции массовым сознанием. СПб. : ГЦРОС, 2015. 167 с.

УДК 316
ГРНТИ 04.51.25

КОММУНИКАТИВНО-СЕТЕВАЯ ФОРМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА

А. Е. Мальчёнкова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье анализируются вновь возникающие коммуникационные системы информационного общества. Особое внимание уделяется коммуникационным отношениям в сетевой среде Интернета, как возникшей в новых условиях форме существования социального пространства.

социальное пространство, сетевое общество, киберпространство.

Современная социология особо пристальное внимание обращает на изучение вновь возникающей в информационном обществе социальной реальности, появившейся под влиянием взаимодействия социальных субъектов в сети Интернет. Научные изыскания социологов, исследующих социальное пространство, чаще всего, обращены к исследованию социальных проблем, которые возникают при взаимодействии в киберпространстве. Исследование социального пространства, образованного в результате взаимодействия в Интернет-среде, имеет своей целью сформировать наиболее

точное и глубокое понимание социальных факторов, определяющих существование и функционирование современного социума и коренным образом влияющих на преобразование его социального пространства.

Следует заметить, что подобная стратегия исследования должна решать не только теоретические общесоциологические проблемы, но и практические задачи, связанные с изменениями в повседневной жизни людей. Социологи, изучающие вновь возникшую социальную реальность, стремятся выяснить основания, лежащие в основе взаимодействия социальных субъектов, представленных в разных сообществах, функционирующих в сети Интернет и определяющих строение и основные принципы функционирования новой социальной структуры. Сейчас уже ясно, что новый социальный опыт, возникший в процессе сетевого взаимодействия, опирается, в первую очередь, на собственные смыслодержающие представления о структурных особенностях функционирования общества. Социальная среда, сформировавшаяся в процессе взаимодействия в сети Интернет, существует как особая социальная реальность в специфических социально-пространственных формах.

Несмотря на существование многих достаточно серьёзных исследований и накопленного научного аналитического материала, границы информационного общества в социально-пространственном смысле до сих пор чётко не определены. Для социологического научного сообщества бесспорным является тот факт, что социальное пространство информационного общества возникает, функционирует и развивается на основе информационных коммуникаций и взаимодействия в сети Интернет. И, тем не менее, лишь в начале нашего века это явление стало предметом самого пристального внимания как со стороны практикующих социологов, так и теоретиков. В настоящее время уже мало кто из социологов, разрабатывающих проблемы становления и развития социального пространства в сфере виртуальной реальности, сомневается в том, что его возникновение определяется информационными технологиями. Долгое время информационные технологии изучались как явления, связанные с хранением и передачей информации. И только, возникшие на основе этих технологий, новые формы социального взаимодействия, переместившись в сетевую социальную среду Интернет, способствовали созданию новых методов исследования, возникающего социального пространства, в мире виртуальной реальности.

Интенсивное использование обществом информационных технологий привело к серьёзным преобразованиям в сфере социальной жизни, в результате чего общество стало называться «информационным». И всё-таки необходимо осознавать, что информационное общество возникло не на основе информационных технологий, а в результате перемещения социального взаимодействия социальных субъектов в сеть Интернет, которое впоследствии сформировалось как сетевая коммуникация. К настоящему времени сетевые

коммуникации на базе информационных технологий глобализировались и проникли во все сферы функционирования общества. Следует признать, что наиболее функциональной моделью виртуальной реальности в киберпространстве стала сетевая модель. Многократно увеличившаяся интенсивность обмена информацией в социальном мире заставила искать такие формы, которые акцентируют внимание на новых способах общения [2]. Новые формы общения, возникшие в социуме, появились, прежде всего, вследствие многократно увеличившейся интенсивности обмена информацией. На основе использования новых информационных технологий сформировалось киберпространство как новая форма социальных отношений, связей и взаимодействия социальных субъектов.

Возникновение киберпространства привело к серьёзным изменениям и представлениям о социальном пространстве. Основным направлением анализа сетевого общества становится децентрализация взаимодействий в глобальной социальной сети. Становление новых технологий стало основным фактором возникновения и самоорганизации социальных общностей, отличных от тех, которые традиционно существовали в социуме. Эти общества не только «отказались» от использования традиционных иерархических отношений, которые были основой сложившейся социальной структуры, но и стали опираться на новые основания при формировании социальных сообществ в виртуальной среде киберпространства. Многочисленные исследования новых коммуникативных технологий позволили прийти к выводу, что формирование социальных общностей может проходить не только на основе объективно сложившихся признаков (национальность, пол, возраст, уровень богатства), но и на основе общности жизненных и культурных ценностей, установок, потребностей и других факторов личностного сознания. Традиционные, постоянные отношения в социуме замещаются постоянно меняющимися связями. Общество принимает новую модель существования и становится структурой коммуникативных сообществ.

Подобная трансформация социальных связей в обществе, происходящая параллельно со сменой символической и знаковой структур коммуникаций, неизбежно приводит к трансформации социального пространства. Трансформация социального пространства происходит ещё и потому, что в социуме, одновременно с указанными изменениями, происходит виртуализация отношений, расширение социальных полей существования личности, совершенствование индивидуальной культуры социального субъекта, его ассоциативных связей, а также возможности существовать в инвариантных пространственно-временных структурах.

Разрабатывая систему анализа поведения человека в социуме, П. Бурдье разделил социальное пространство на два структурных уровня – «объективный» и «субъективный». Поведение социального субъекта на объективном уровне формирует социальное пространство как реально

действующую структуру. На субъективном уровне социальное пространство актуализируется через различные способы восприятия, которое Бурдьё определил, как «габитус» [3]. Габитус определяет существование различных социально-сетевых образований, что по сути формирует социальное пространство как виртуальную, во многом символическую реальность, как способ взаимодействия носителей различных социальных культур. В этих условиях социальные общности идентифицируются, прежде всего, на основе схожего, общего для членов группы габитуса.

Становление и развитие общества как новой информационной структуры всё чаще делает человека составной частью виртуальной среды, актуализирующейся как система знаков и символов. На этом уровне взаимодействие социальных субъектов, сетевые взаимодействия в киберпространстве осуществляются на основе собственных специфических способов интеграции. Общение и взаимодействие в виртуальном сетевом пространстве, чаще всего, выступает как символическое взаимодействие, как способ символизации. В этом случае, возникшие формы символизма определяют не только сущность и содержание социальных процессов, но и формирование ценностных ориентаций и мировоззренческих позиций составляющих их субъектов.

Взаимодействие в интернет-среде, основанное на выработанной символике и связанное со специфической формой идентификации, проявляется как своеобразная модель социального пространства, характерная для социальной реальности [4].

Анализ коммуникаций, возникающих в сети, даёт возможность рассматривать информационное общество как итог не существовавших прежде общественных связей. Основная роль в этом принадлежит структурам, которые связаны с принципиальными установками функционирования общества в сетевых структурах электронной среды Интернет. Это определяет исследование вновь возникших тенденций развития социума, построение моделей социального пространства на новой концептуальной основе. На первый план в исследовании общественной жизни выдвигается проблема, связанная с решением противоречия между глобализацией социальных явлений в современном мире и настойчивым стремлением сохранить собственную идентичность, культуру и традиционные ценности. Проблема заключается в том, что изменение способов взаимодействия при переходе к информационному обществу меняет традиционные формы идентификации личности. До становления в обществе новых форм организации социального пространства культурная самобытность личности рассматривалась как основа творческого склада и считалась фактором прогрессивного развития общественной жизни. Киберпространство вызвало к жизни новые способы взаимодействия людей, которые осуществляются вне пространственных границ в традиционном понимании и вне временного ограничения.

Подобная практика стирает различия в сложившихся национальных нормативных системах и приводит к неустойчивости в общественных отношениях. Обесценивание национальных принципов и стандартов общения в различных сферах социальной жизни не только меняет восприятие реальности, но и отвергает накопленный человечеством опыт.

При этом противоречия и сложности взаимодействия в социуме на всех уровнях оцениваются не на основе культурных и социальных ценностей общественных структурных образований (этнических, половозрастных, профессиональных, территориальных), а на основе вновь возникших, размытых до крайней неопределённости нормативов глобальной коммуникации. Оценивая складывающуюся ситуацию М. Кастельс считал, что только сетевая организация социального пространства способна создавать структурированные социальные общности из неструктурированных социальных явлений общественной жизни, сохраняя при этом разнообразие связей в обществе. Кастельс был уверен в том, что именно неструктурированность общества определяет человеческую деятельность и лежит в её основе [5].

Постмодернизм поставил под сомнение возможность и необходимость использования классической социологии в новых условиях жизни общества. Вместе с тем представители постмодернизма первыми указали на особенности виртуального взаимодействия и попытались объяснить явления отчуждения в киберпространстве, виртуализацию социального пространства, обратив внимание на символизацию взаимодействия и на сложности процессов социализации и идентификации личности.

Изменение форм существования социального пространства, вызванное развитием интернет-коммуникаций, значительно преобразует социальную жизнь. Виртуальная реальность сети Интернет коренным образом меняет социальные процессы и в реальной жизни. Исследования основополагающих принципов функционирования информационного общества позволили зафиксировать глубокие сдвиги, сложившиеся в социологии и других социальных науках, в представлении о социально-пространственных отношениях в обществе. И всё же необходимо чётко осознавать, что новые представления о социальном пространстве не должны, как это принято в постмодернизме, отрицать укоренившиеся в социальных науках формализованные модели социального пространства. Любой новый опыт имеет право на существование только при сохранении незыблемости социального бытия, не зависимо от того находит оно своё отражение как в традиционных, так и инновационных моделях социального пространства.

Список используемых источников

1. Лукина Н. П., Нурголеева Н. В. Аксиологический и идеологический статус сетевого общества в информационном социальном пространстве: постановка проблемы // Гуманитарная информатика: междисциплинарный сборник статей. [Электронный ресурс]. URL: http://huminf.tsu.ru/jurnal/vol2/lnp_nlv_aks_ideolog_status/ (дата доступа: 17.11.13).

2. Исаев А. Н., Шишко О. В. Медиакультура, политика и социум: материалы международного симпозиума «Pro8jcontra» // Электронные библиотеки. 2001. Т. 4. Вып. 3.

3. Бурдые П. Начала Choses dites: Пер. с фр. / пер. Н.А. Шматко. М. : Socio-Logos, 1994. 288 с.

4. Мальчёнков И. Е, Мальчёнкова А. Е. Идентификация личности в киберпространстве // Девятые Ковалевские чтения / Материалы научно-практической конференции «Социология и социологическое образование в России» 14-15 ноября 2014 г. / Отв. редактор: Ю. В. Асочаков. СПб. : Скифия-принт, 2014. С. 574–576. 1694 с.

5. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура / пер. с англ. под науч. ред. О. И. Шкаратана. М. : ГУ ВШЭ, 2000. 608 с.

УДК 379.9
ГРНТИ 13.15.55

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЕ

Т. В. Молчанова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время создание проектов в различных областях приобретает самую широкую направленность. В качестве приоритетных областей проектной деятельности в настоящее время можно выделить политическую, социальную, художественную, экологическую и спортивную сферы. Создание успешного проекта подразумевает проведение серьезной аналитической работы, определение проблемной ситуации и разработки грамотного бизнес-плана.

социально-культурная деятельность, проектная деятельность, сфера культуры, бизнес-планирование.

Характеристика «человека культурного» проявляется прежде всего в его способности преобразовывать реальность. Особую актуальность представляет собой разработка проектов в области культуры, где в качестве объекта проектирования выступают две подсистемы: социум и культура.

Преимущества технологии проектирования по сравнению с другими методами целенаправленных социокультурных изменений заключается в том, что она сочетает в себе нормативный и диагностический подходы, характерные для программирования и планирования. При разработке программы акцентируется нормативная сторона изменений, т. е. образ «должного» доминирует над реальной ситуацией.

Таким образом, *социокультурное проектирование* – это специфическая технология, представляющая собой конструктивную, творческую деятельность, сущность которой заключается в анализе проблем и выявлении причин их возникновения, выработке целей и задач, характеризующих желаемое состояние объекта (или сферы проектной деятельности), разработке путей и средств достижения поставленных целей [1].

Важнейшей частью технологии проектной деятельности является научное обоснование обозначенной проблемы. Специалист в области социально-культурного проектирования должен уметь анализировать выбранную область культуры, видеть реальные проблемы функционирования отдельных ее элементов (например, культуры региона, среды и условий жизнедеятельности личности, социальной группы и т. д.) [2]. Одновременно с этим создавать абрис идеального состояния объекта, определять методы и средства оптимизации состояния социально-культурной среды.

Именно культура является условием и средством решения социальных проблем. Проекты такого типа в качестве своей конечной цели предполагают оптимизацию процессов жизнедеятельности (человека, социальной группы, региона и т.д.), а культура выступает в качестве средства, условия такого совершенствования.

Практические мероприятия служат основным инструментом реализации целевой установки проекта. Они фиксируют начало и этапы реализации проекта; определяют направления, виды, формы и содержание деятельности; привлекают дополнительные ресурсы, необходимые для реализации целей и задач каждого этапа.

Практические мероприятия могут быть направлены непосредственно на решение проблемы, а могут обеспечивать дополнительные средства осуществления проекта. Например, в содержании проекта предусматриваются виды деятельности, напрямую не связанные с целями и задачами проекта, но необходимые для его финансового обеспечения (благотворительные вечера, аукционы, платные услуги и т. д.), формирования благоприятного общественного мнения населения и средств массовой информации по отношению к проекту (презентации, пресс конференции и др.). Для корректировки содержания проекта по ходу его реализации, активизации участия населения могут планироваться опросы общественного мнения.

В основе технологии социально-культурного проектирования лежит проблемно ориентированный анализ ситуации. Учитывая, что и территориальные, и целевые проекты и программа представляют собой относительно самостоятельную, законченную и логически выстроенную последовательность мероприятий и акций, ориентированных в конечном счете на разрешение (или оптимизацию) проблем, характерных для определенных социальных группы или территории в целом, первым шагом в цепочке задач,

решаемых в процессе разработки проекта, является анализ проблем, содержание которых в дальнейшем определяет всю логику проектирования. Поэтому доминирующим принципом разработки любого типа программ, независимо от их характера и радиуса действия, является проблемно-целевая ориентация [1].

Для реализации успешного социально-культурного проекта необходимо подготовить бизнес-план, который будет включать в себя разработку целей и задач, оценку творческого и экономического состояния, анализ рынка и потребителей [3]. В нем дается оценка ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. Он устанавливает выгодность и реалистичность проекта для заинтересованных сторон, прописываются возможные проблемы и способы страхования.

Разделы бизнес-плана:

1. Резюме – разъясняет цели проекта, показывает культурные и финансовые прогнозы; содержит актуальность выбранные мероприятий и форм реализации.

2. Идея проекта – должна звучать кратко, четко и убедительно; подразумевает конкретизацию миссии проектной деятельности.

3. Аудитория – четкая социально-психологическая конкретизация участников.

4. Конкуренция – подразумевает объективную оценку аналогичных мероприятий и подчеркивает выгодные преимущества представляемого проекта.

5. Стратегия маркетинга – характеризует рыночные условия реализации социокультурного проекта и обосновывает маркетинговые стратегии.

6. План реализации – призван доказать потенциальным партнерам и спонсорам осуществление проекта в нужные сроки и в полном объеме. Особое внимание стоит уделить формам социокультурного проектирования [4].

7. Организационный план – расписывает функционально-должностные обязанности сотрудников и участников проекта, в том числе внешних.

8. Юридический план – включает в себя правовое обоснование проекта, перечень нормативно-правовых актов, на основе которых будет реализовываться мероприятие.

9. Оценка риска и страхование - особое внимание стоит уделить возможным творческим, коммерческим и политическим рискам, а также продумать стратегию страхования в соответствии с ранжированием несостоятельности отдельных частей плана.

10. Финансовый план – ориентирован на конкретизацию себестоимости проекта, дополнительных расходов и основных источников финансирования.

В настоящее время большую популярность приобретают технологии по сбору дополнительных средств на реализацию проекта. Речь идет о фандрайзинге, краудфандинге и краудсорсинге [5].

Состав, структура и объем бизнес-плана определяется спецификой социокультурной сферы и целью составления. В зависимости от этого, те или иные разделы могут составляться с различной долей конкретизации.

Список используемых источников

1. Марков А. П., Бирженюк Г. М. Основы социокультурного проектирования: учеб. пособие. СПб. : СПбГУП, 1997. 263 с.
2. Проектная деятельность как способ развития личности студентов и их профессиональной подготовки: методические указания / сост. Е. А. Булатова. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. 32 с.
3. Уткин Э. А., Котляр Б. А., Рапопорт Б. М. Бизнес-планирование: курс лекций / ред. А. И. Кондакова. М. : ЭКМОС, 2002. 320 с.
4. Проектная деятельность в туризме: региональный опыт: учебное пособие / Сост. Е. М. Берестова, Т. И. Оконникова. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 116 с.
5. Баханькова Е. Р., Даушев Д. А., Клецина А. А., Кудаков Е. С., Смирнова (Шматко) А. В., Суходольская Н. А. Привлечение частных пожертвований в НКО: учеб. пособие. СПб. : Центр РНО, 2013. 233 с.

УДК 94(47).083.4
ГРНТИ 03.23.55

УЧАСТИЕ ФЕЛЬДЪЕГЕРЕЙ В РУССКО-ЯПОНСКОЙ ВОЙНЕ 1904-1905 ГГ.

В. И. Мосеев, И. А. Цверинашвили, А. В. Яковлев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

С момента образования в 1796 году фельдъегерского корпуса России в биографию этой службы вписано множество героических страниц, связанных с военной историей Отечества. Одну из них иллюстрируют некоторые эпизоды из деятельности фельдъегерей в период Русско-японской войны 1904–1905 гг.

военная история, фельдъегерский корпус, Русско-японская война 1904–1905 гг.

8 (26) февраля 1904 года Россия вступила в войну с Японией. С началом боевых действий заведующий Фельдъегерским корпусом генерал-майор А. В. фон-Витт обратился с рапортом к начальнику Главного штаба, в кото-

ром просил усилить штат корпуса, добавив к существовавшей тогда численности корпуса еще 16 офицеров и 10 фельдъегерей, доведя общую его численность до 80 человек.

15 февраля 1904 года император Николай II одобрил ходатайство, отметив при этом, что офицерским составом корпус будет укомплектовываться постепенно, по мере производства фельдъегерей в офицерские чины. Однако заведующий корпусом, не дождавшись резолюции императора, взял на себя всю ответственность, и «в виду исключительной особенности службы чинов корпуса в предстоящей кампании» издал 7 февраля 1904 года приказ, определяющий новый штатный состав фельдъегерей и офицеров [1]. И вместе с этим, он четко отметил принципы выбора кандидатов для несения службы в данном районе.

Ввиду тяжелых условий дальневосточного климата фельдъегери должны были обладать крепким здоровьем, помимо высоких морально-деловых качеств. Фон-Витт лично руководил отбором кандидатов для командировки в Действующую армию. Вакансии распределились следующим образом: к штабу Главнокомандующего были прикомандированы: капитан Самохвалов; штабс-капитаны: Петухов, Петров 1-й, Потте; подпоручики: Зенович, Кальм, Петров, Торганевич; старший фельдъегерь Кузнецов; младшие фельдъегеря: Твердянский, Лио и Коленда; в Полевое управление армии: капитаны Орлов 1-й, Орлов 2-й; штабс-капитан Ширяев; поручик Касель; младшие фельдъегеря: Дьяков и Каргельс [2]. Частично этот личный состав представлен на фото (рис.).



Рис. Офицеры и фельдъегери перед отправкой в Действующую армию в начале Русско-японской войны

В период отбора кандидатов, командованием Фельдъегерского корпуса использовалась концепция взаимозаменяемости, которая показала свою целесообразность уже на раннем этапе командировок.

С целью доставки правительственной корреспонденции и особых грузов, адресованных в действующую армию, назначались самые опытные офицеры. Уже в начале марта первым на Дальний Восток в служебную командировку был отправлен капитан Колла [1], благодаря которому была доставлена корреспонденция, адресованная главнокомандующему войсками на Дальнем Востоке генералу от инфантерии Куропаткину, заместителю в Порт-Артуре адмиралу Алексееву, командующим Маньчжурскими армиями. С ним же были доставлены посылки в их адрес, направленные от императора, членов императорской семьи и иных высочайших особ.

С похожим грузом чуть позже был отправлен из столицы в Действующую армию подпоручик Рейзенер, а в конце апреля – штабс-капитан Державин. Грузовые отправления, которые сопровождались фельдъегерями в Дальневосточную армию, были совершенно разнообразными. Например, в адрес начальника штаба Главнокомандующего генерал-лейтенанта Сахарова был направлен пакет с экземпляром шифра министра путей сообщений для его использования в служебной переписке, которая предполагала частый обмен телеграммами с управлением водными путями Амурского бассейна [3]. Также в наиболее опасный район боевых действий фельдъегеря доставили палатки и топографические карты из Военно-топографического управления Главного штаба, телефонные аппараты с завода Лоренца и другое [2].

Помимо этого, фельдъегеря осуществляли доставку в Дальневосточную армию наиболее ценных грузов. 1 ноября 1905 года в командировку направляется помощник заведующего Фельдъегерским корпусом полковник Родендорф, который доставляет знамена для их вручения восьми Восточно-Сибирским и 19-му Сибирскому стрелковому полкам, а также ящик с золотыми наперсными крестами военным священникам от Духовного ведомства.

Безупречная служба фельдъегерей в Русско-японскую войну не раз выделялась в приказах Главнокомандующего войсками. Вот несколько из таких примеров: «Подпоручик Фельдъегерского корпуса Твердянский, состоявший при канцелярии штаба Главнокомандующего войсками на Дальнем Востоке, в ночь с 19 на 20 апреля 1904 года во время бомбардировки крепости Порт-Артур находился в означенном городе. 22 февраля 1905 года, будучи командирован из г. Тьемна в г. Мукден со служебными поручениями, Твердянский на пути к этому городу утром 23 февраля у 97-го разъезда в течение более 4-х часов оставался под огнем неприятельских орудий, обстреливающих у разъезда наши войска» [1].

«Во время боев под Мукденом с 13 по 25 февраля 1905 года, все состоявшие к тому времени при канцелярии штаба Главнокомандующего налицо чины Фельдъегерского корпуса находились в Мукдене до вечера 20 февраля, а подпоручик Лио оставался в названном городе до ночи с 24 на 25 февраля, в течение же 25 и 26 февраля он находился при колонне обозов, отступавшей на север, причем между деревнями Пухэ и Тава подвергся обстрелу артиллерийским и оружейным огнем, а 27 февраля прибыл в Тьемин на присоединение к находящимся там чинам корпуса...» [2].

Усердие и мужество, преданность родине, проявленные фельдъегерями за все время Русско-японской войны 1904-1905 годов, были оценены по достоинству. Лучшие из них были награждены орденами. Орденом Св. Владимира 4 степени награжден подполковник Орлов, а его однофамилец капитан Орлов получил ордена: Св. Анны 2 степени и Св. Станислава 2 степени. Семь офицеров Фельдъегерского корпуса были отмечены орденом Св. Анны 3 степени и 13 чинов корпуса – орденом Св. Станислава 3 степени. Все участники военных действий были отмечены светло-бронзовыми медалями «В память Русско-японской войны»; значительная часть «за подвиги человеколюбия» получила медали Российского общества Красного Креста [1]. Помимо этого, стоит отметить, что 11 подпоручиков из числа прикомандированных на дальневосточный театр военных действий по личному приказу императора Николая 2 были повышены в воинском звании [2].

Русско-Японская война вышла неудачной для России. Тяжёлое поражение, понесенное Русским флотом и армией, привело за собой волнение первой русской революции и оказалось первым шагом новых политических и военных реформ [4]. Однако, невзирая на огромное потрясение в русском обществе, вызванном заключением Портсмутского мира, фельдъегеря и офицеры Фельдъегерского корпуса могли прямо и честно смотреть в глаза соотечественникам, они в полном объеме и с честью выполнили задачи, которые были поставлены перед ними, сохранив при этом верность славным традициям корпуса и присяге.

Список используемых источников

1. Бураков А., Каревский А. А. Фельдъегеря на Дальнем Востоке // Военно-исторический журнал «Рейтар». 2006. № 29. С. 127–132.
2. История Российской фельдъегерской связи: исторический очерк / Авт. коллектив под рук. Г. А. Корниенко. М. : Государственная фельдъегерская служба Российской Федерации, 2006. 469 с.
3. Трифанов М. А. Фельдъегерская связь России. М. : АО "Панас-Аэро", 1994. 238 с.
4. Айрапетов О. Р. На пути к краху. Русско-японская война 1904–1905 гг. Военно-политическая история. М. : Торговый дом "Алгоритм", 2014. 496 с.

УДК 94(47).084.8
ГРНТИ 03.23.55

ТБИЛИССКАЯ СТРАНИЦА ИСТОРИИ ЛИИС 1942–1945 гг.

В. И. Мосеев, О. А. Яковлев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Одной из страниц 90-летней истории нашего вуза стала эвакуация института в Закавказье в годы Великой Отечественной войны. На основе архивных документов рассматриваются некоторые особенности эвакуации ЛИИС, размещения в городе Тбилиси, организации повседневной деятельности и учебного процесса в 1942–1945 гг.

блокада Ленинграда, эвакуация, размещение в Тбилиси, учебный процесс, филиал ЛИИС.

По решению правительства 13 марта 1942 г. ЛИИС был эвакуирован из блокадного Ленинграда. Для охраны здания и оборудования института остались несколько человек обслуживающего персонала, отряд МПВО и работники учебно-производственных мастерских общей численностью 75 человек. Уполномоченным ЛИИС в Ленинграде был назначен руководитель учебно-производственных мастерских, ранее заведовавший кафедрой технологии металлов, доцент И. Д. Котов [1]. Тогда же весной 17 студентов выпускников, оставшихся по различным причинам в городе, по решению Наркомата связи были трудоустроены на подведомственных ленинградских предприятиях [2]. Следует отметить, что в это время после эвакуации вуза в многочисленных помещениях здания института на наб. Мойки 61 продолжали размещаться штабы военно-восстановительных батальонов Наркомата связи. Здесь же находился отдел специальной связи Ленинградского областного управления НКС, который доставлял секретную корреспонденцию в советские, партийные органы, предприятия и воинские части [3].

С большими лишениями коллектив института прибыл в Кисловодск в начале апреля 1942 г. Во время переезда на Северный Кавказ истощенные ленинградцы погибали в пути следования, среди них было четверо преподавателя вуза: профессор Иванов В. А. – заведующий кафедрой теоретической механики, доцент Харченко Н. А. заведующий кафедрой линейно-кабельных сооружений, Луговая Е. Л. старший преподаватель кафедры иностранных языков, Лозик П. М. ассистент кафедры теоретической радиотехники [4]. От холода и недоедания, в семьях сотрудников заболели и умирали дети [5]. Несмотря на то, что питание в пути следования было лучше, все же некоторым эвакуированным пришлось лечиться от дистрофии в больницах Кисловодска. В течении второй половины апреля и весь

май институт находился в этом городе. Наступление фашистских войск на Северный Кавказ весной 1942 г. вынудило коллектив ЛИИС покинуть Кисловодск. В начале июня вуз эвакуировался в Тбилиси, где приступил к подготовке к началу нового учебного года [4, д. 205, л. 2]. Здесь, в столице Грузии институту пришлось провести более двух лет.

Для организации учебных занятий Наркомат связи Грузинской ССР выделил ЛИИС помещения техникума связи по адресу пр. Руставели 43, в которых обучение студентов вуза должно было проходить во вторую смену, т. к. в первую смену занимался техникум. Преподаватели и сотрудники разместились в общежитиях на пр. Плеханова 44 и на ул. Гогибашвили 40. В числе эвакуированных в Тбилиси было 67 студентов 2, 3 и 4 курсов, кроме того один студент – первокурсник и 8 пятикурсников, по различным причинам не успевшим завершить обучение в институте в начале 1942 г. Их расселили в общежитии на улице Совнаркома д. 1 [4, д. 205, л. 24; д. 206, л. 5].

Важнейшей задачей института после эвакуации был новый набор студентов. Он начался ещё в Кисловодске, когда принимали в ЛИИС в «одиночном порядке» и завершился в Тбилиси. Прием в вузы в этом году был упрощен. Выпускники, окончившие в 1940 и 1941 гг. среднюю школу на «хорошо» и «отлично» зачислялись на обучение без экзаменов. Только на 1 курс в ЛИИС в 1942 г было принято 100 студентов: на факультет радиосвязи и радиовещания – 66, на факультет проводной связи – 34 человека. Всего же приступило к обучению в этом году 167 студентов [4, д. 205, л. 3, 5]. Среди них была небольшая группа инвалидов и демобилизованных участников Великой Отечественной войны.

Процесс обучения в военное время имел свои особенности: в связи с острой нехваткой рабочих рук в стране большинство студентов старших курсов и частично – 1, 2 работало на предприятиях связи; высокой была и текучесть контингента учащихся в связи с возвращением в освобожденные от оккупации родные места и непосещением занятий. В связи с этим институт с разрешения Управления учебными заведениями Наркомата связи (УУЗ НКС) зимой провел новый набор студентов на 1 курс. Одновременно в течение всего года принимались учащиеся на старшие курсы. Это были эвакуированные студенты из других технических вузов. В общей сложности за 1942/43 учебный год пополнение составило 158 человек, вышло из института по различным причинам 167 учащихся [4, л. 8, 10, 11].

Еще одной специфической особенностью учебного процесса в Тбилиси стало введение в вузе в октябре 1942 г. военного обучения. В его программу были включены строевая подготовка, рукопашный бой, гранатометание, штыковой бой, переползание «по пластунски» и т. д. По линии ОСО-АВИАХИМа были созданы кружки по изучению военных специальностей, которые готовили истребителей танков, автоматчиков, пулеметчиков, медсестер.

В августе 1943 г. в Баку на базе местного техникума связи был создан филиал ЛИИС. В столице Азербайджана был проведен набор студентов, туда же на обучение была переведена группа учащихся 1 курса из Тбилиси.

При проведении практических занятий преподавателям вуза не хватало лабораторного оборудования, учебно-методической литературы, что объяснялось тем, что учебно-лабораторная база техникума не соответствовала требованиям вуза. В связи с этим занятия часто проводились на базе других учебных заведений: лабораторные по химии, электрическим машинам в Грузинском государственном индустриальном институте им. С. М. Кирова, по физике – в Тбилисском государственном университете, по технологии металлов – в ремесленном училище. Были и трудности бытового характера. Аудитории техникума были слабо освещены, не хватало столов, стульев; в зимнее время здание не отапливалось [4, л. 12, 13]. Студентам не доставало бумажно-письменных принадлежностей, которые в это военное время распределялись по вузам по минимальным нормам.

Определенные затруднения вызывало отсутствие квалифицированных научно-педагогических кадров по специальным дисциплинам, так на проводном факультете было только два кандидата технических наук: Г. И. Атабеков – теория связи по проводам, Х. И. Черне – дальняя связь и междугородные станции. Это привело к объединению кафедр и широкому совместительству. Например, были совмещены кафедры теоретической электротехники и физики, кафедры радиовещания и радиоприемных устройств, кафедры механики и начертательной геометрии и черчения. Всего же в штате преподавателей института на 1 ноября 1942 г. насчитывалось 30 человек [4, д. 212, л. 36–38]. Хуже всего, обстоял вопрос с преподаванием по курсу телеграфии. Для восполнения недостающих кадров приглашались местные работники-телеграфисты [4, л. 16]. Несмотря на сложности учебного процесса, требовательность к студентам оставалась высокой. Студенты, сдавшие сессию на три и более неудовлетворительные оценки, отчислялись, за два несданных экзамена оставались на второй год [4, д. 204, л. 9]. В тоже время за хорошие показатели в учебе и высокую дисциплину учащиеся поощрялись дополнительным питанием.

К проблемам преподавания в условиях эвакуации добавлялись трудности повседневного быта: в общежитии студентов протекала крыша, постельным бельем студенты были обеспечены только на одну смену, вследствие чего во время стирки они спали без белья, преподаватели самостоятельно отапливали место своего проживания, снабжение одеждой осуществлялось по карточкам. (С 1943 г. студентов разрешили снабжать по нормам для рабочих) [4, л. 12, 13]. Все же, одним из главных преимуществ, пребывания вуза в Тбилиси было то, что эвакуированные ленинградцы теперь не голодали: первые месяцы блокадников обеспечивали по повышенным нормам, кроме того при техникуме открыли столовую закрытого типа для питания

сотрудников и студентов. Вузу также поставлялись нефондируемые продукты: овощи, фрукты, субпродукты, картофель, заготовленный в децентрализованном порядке, коммерческий хлеб. Определенным подспорьем стал собранный урожай помидоров с институтского огорода (700 кг) [4, л. 25, 26]. Необходимо отметить и теплое, дружеское отношение к эвакуированным местного населения. По воспоминаниям Н. Р. Апполонской, преподавателя иностранного языка «...с первых же дней мы почувствовали заботу о себе и сочувствие всему, нами пережитому. Нас оделяли дополнительными пайками; в нижнем этаже здания техникума связи организовали столовую с трехразовым питанием, где мы познакомились с блюдами грузинской кухни и душистыми приправами из трав. ...привозили виноград из совхозов. Жители города были очень приветливы, приглашали к себе...») [5].

В Ленинграде в условиях блокадной зимы из-за дистрофии сотрудников и студентов были вынуждены прекратить свою работу партийная (из 75 коммунистов вуза в 1941 г. через год на партийном учете в Тбилиси осталось только три человека), комсомольская и профсоюзная организации. После эвакуации в столицу Грузии их деятельность со временем оживилась и в начале 1943 г. коллектив ЛИИС вызвал на социалистическое соревнование Московский институт инженеров связи (МИИС), эвакуированный в Ташкент [4, д. 223. л. 1–3].

Находясь в Тбилиси, сотрудники вуза не прекратили свою научную деятельность. Их интеллектуальный потенциал был востребован также, как и в Ленинграде. Преподаватели М. П. Долуханов, А. Д. Кратиров, Л. Б. Слепьян, И. Н. Фомичев, Х. И. Черне, Г. К. Серапин решали задачи, поставленные военными организациями и командованием Закавказского фронта. За выполнение одного из особо важных заданий, исполненных под руководством профессоров А. Г. Гаврилова и Л. Б. Слепьяна, участники были награждены медалью «За оборону Кавказа») [5]. Ассистент кафедры телефонии Х. И. Черне провел работу, связанную с организацией связи по уплотненным линиям в условиях боевой обстановки. При штабе Закавказского фронта по инициативе института из представителей вуза и военных связистов был создан Научно-технический совет по радиосвязи. Преподавателям ЛИИС также приходилось неоднократно выступать в частях Красной армии, на сборах повышения квалификации командного состава. Только в 1943 г. ими было прочитано 12 лекций и проведено 16 консультаций [4, д. 224, л. 66]. С докладом «Современное учение о распространении радиоволн», вызвавшим большой интерес, в Академии наук Грузинской ССР выступил доцент кафедры радиовещания и акустики М. П. Долуханов. Причем в самом институте практиковалось открытое заслушивание сообщений преподавателей о результатах научных исследований, на которые для обмена опытом приглашались воентехники и инженерно-технический персонал предприятий связи.

За период эвакуации в Тбилиси преподавателями вуза было защищено три кандидатских – С. Б. Враским, Г. К. Серапиными, Х. И. Черне и две докторских диссертации – профессором А. А. Пистолькорсом и доцентом Г. И. Атабековым. Свои научные исследования смог продолжить профессор А. Г. Гаврилов. Они проводились совместно с крупным ученым в области математики и механики академиком АН СССР Н. И. Мухелишвили – первым президентом Академии наук Грузинской ССР. По итогам научной работы за 1943 г. Ученым советом института за сборник работ по теории дифракционных антенн профессор А. А. Пистолькорс был представлен на соискание Сталинской премии [4, д. 224, л. 66].

Наряду с этим сотрудники института проводили работу по популяризации вуза среди местного населения, выступив с лекциями не менее чем в тридцати школах Тбилиси.

Признанием заслуг преподавателей ЛИИС в защите Отечества стали награды правительства. Указом президиума Верховного Совета СССР от 18 мая 1943 г. «За образцовое выполнение заданий правительства в деле обеспечения обороны страны всеми видами связи» профессор А. Ф. Гаврилов был награжден орденом Трудового Красного знамени. Профессорам института А. А. Пистолькорсу и Л. Б. Слепяну были вручены ордена «Знак Почета». Заместитель директора вуза по научной и учебной части И. Н. Фомичев был удостоен медали «За трудовое отличие» [6].

В сентябре 1943 г. в Ленинграде был открыт филиал ЛИИС, а после полного освобождения Ленинграда войсками Красной армии от вражеской блокады, 24 мая 1944 г. последовало распоряжение СНК СССР о реэвакуации института [4, д. 237, л. 49]. Возвращение студентов, преподавателей и работников вуза из Тбилиси началось в августе 1944 и закончилось летом 1945 года [4, д. 258, л. 32; д. 276, л. 23].

Список используемых источников

1. ЛЭИС к 50 летию Советской власти. Ленинград: ЛЭИС. 1967. 250 с.
2. Смирягин А. Г. Отчет о работе предприятий связи г. Ленинграда и области за 1942 год // Связь в Ленинграде в годы Великой Отечественной / Сост.: Н. А. Борисова, Н. И. Лосич, О. В. Фролова и др. Военные страницы истории связи (из фондов Центрального музея связи имени А. С. Попова). СПб. : Центральный музей связи имени А. С. Попова, 2010. Вып. 1. С. 96.
3. Трифанов М. А. Фельдъегерская связь в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. М. : Скорина, 1995. 208 с.
4. ЦГА СПб. Ф. 4799. Оп. 1. Д. 223. Л. 15–17.
5. Все воплотила участь Ленинграда / Студенты и работники университета о блокаде. СПб. : СПбГУТ. 2018. 96 с.
6. Подвиг народа. URL: <http://podvignaroda.ru/?#id=1560711914&tab=navDetailDocument>.

УДК 502.3
ГРНТИ 87.05.33

ЕВРОПЕЙСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

А. В. Неровный, Б. К. Резников

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Исторически сложилось так, что Европа является одним из мест на планете, где деятельность человека особенно активна. Здесь сосредоточены крупные города, развитая промышленность и большое население. Следствием этого стали серьезные экологические проблемы, на борьбу с которыми уходят немалые силы и средства. Для создания целостной картины экологической ситуации в Европе, данная статья включает иерархическую структуру взаимодействия, краткую периодизацию природоохранной деятельности, основные современные вызовы в области экологии и действующие в рассматриваемой сфере органы, организации и объединения.

экология, природопользование, устойчивое развитие, партнёрство, европейское сотрудничество.

В 60–70-х гг. XX в. во многих странах Европы начались поиски новых концепций природопользования, путей совершенствования экологической политики, что было связано с существенным ухудшением экологической обстановки в регионе. Государственное участие выразилось в первую очередь в создании и имплементации новых природоохранных законов – как общих (законы об охране природы), так и относящихся к отдельным направлениям (охрана воздуха, вод, лесных, земельных и других видов ресурсов). Основополагающим стал принцип: «Платит тот, кто загрязняет». Траты на НИОКР в области охраны окружающей среды со стороны властей были существенно увеличены. Стал наблюдаться постепенный рост расходов частного капитала – в первую очередь на создание очистных комплексов и сооружений. Значительно активизировались и различные общественные движения. Партии «зеленых» приобрели большой политический вес во многих странах.

Первоначально независимые и хаотичные действия отдельных государств Европы стали складываться в четкую иерархичную структуры, где прослеживались связи между конкретными природоохранными активностями. Эти структуры состоят из следующих уровней взаимодействия:

1. Первый уровень – районный. Инициативы по защите окружающей среды и природопользованию закреплены в рамках локального законодательства и реализуются местными исполнительными органами. В качестве

примера можем взять землю Северный Рейн – Вестфалия в ФРГ, где была осуществлена масштабная природоохранная программа, по которой было модернизировано более 2 000 промышленных объектов, представляющих в большинстве своём «грязные» производства.

2. Второй уровень – государственный. Тут можно обозначит, что все страны Европы приняли собственные версии природоохранного законодательства. По степени их строгости особо выделяются Швеция, Норвегия, Финляндия и ФРГ. В этих странах область экологии уже давно перестала быть вынужденной необходимостью, направленной на борьбу с негативным воздействием человека на природу, а приобрела статус обыденной индустрии, в которой заняты десятки тысяч специалистов государственных органов и частного сектора, включая малый и средний бизнес.

3. Третий уровень - международный. В 1974 г. 13 стран Старого Света подписали Конвенцию по предупреждению загрязнения Северного моря, а в 1992 г. 15 государств региона приняли аналогичный документ по Северной Атлантике. В качестве наглядного примера в данном пункте следует привести охрану морских акваторий. В 1976 году 17 стран средиземноморья подписали долгосрочную Конвенцию об охране Средиземного моря от загрязнения, которая также известна как «Голубой план» (англ. *Blue plan*). Проведено немало международных конференций по проблеме экологической безопасности Балтийского моря. К этому же иерархическому уровню следует, очевидно, отнести и соглашения о международных реках Европы, т. к. вопрос загрязнения ресурсов пресной воды для властей многонаселенного промышленного региона стоит особенно остро [1, с. 60–61].

Также стоит отметить, что ряд специалистов помимо трёх базовых уровней выделяют ещё два - региональный (например, Северная Европа) и общеевропейский (в рамках единого европейского пространства). Однако практика показывает, что чаще всего эти типы сводятся к разновидностям вышеупомянутого международного уровня, т. к. сейчас концепция взаимодействия «государство-государство» встречается крайне редко и все решения проводятся в рамках моделей регионального (например, Арктический совет) или всеевропейского (ЕС) масштаба. К тому же, пятиступенчатая классификация не оставляет места для всё более набирающего силу общемирового сотрудничества, что делает её подверженной критике.

Началом проведения общей экологической политики со стороны Евросоюза стал 1973 году, когда страны-участницы интеграционного объединения приступили к реализации первой совместной программы по охране окружающей среды. Главным законодательным актором в этой сфере сейчас выступает Совет Европейского Союза (англ. *Council of the European Union*), издающий обязательные для всех стран-участниц директивы, общее

число которых на начало 1990-х гг. значительно превысило 120 (охрана воздушного бассейна в части содержания свинца в бензине, охрана водных ресурсов, сохранение биоразнообразия и т.д.) [1, с. 61–62].

Практика проведения экологической экспертизы стала использоваться уже с середины 1980-х гг. Это помогает получать данные по состоянию различных природных и созданных людьми объектов. Возьмем для примера городскую среду: принято уже более 50 показателей, характеризующих состояние экосистемы (воздух, вода, почвы, грунт, превышение допустимого уровня шума, объемы отходов, коэффициент озеленения), в соответствии с которыми проводятся инвентаризации городов [2, с. 312].

Разработанные за последние 30 лет меры по улучшению экологической ситуации в Европе дали несомненный положительный результат: снизилась концентрация двуокиси серы и пыли в воздушном пространстве городов, выбросы различных соединений серы сократились более чем на 1/3, уменьшилась радиоактивность атмосферы и вод, улучшилось качество потребляемых питьевых водных ресурсов, снизилась концентрация тяжелых металлов в почве и воде, восстановилось рыболовство в ряде акваторий и многое др. Уровень загрязнения Средиземного моря если и не снизился, то по крайней мере стабилизирован. Наиболее сложной экологической обстановкой продолжает оставаться в странах Центрально-Восточной Европы. Решения этой проблемы заключается в переходе от индустриальной к постиндустриальной экономике, в уменьшении доли «грязных» производств, во внедрении современных технологических процессов [1, с. 63].

При этом экологическая безопасность европейского региона, всё ещё находится под серьёзной угрозой. Главным виновником этого является жизнедеятельность и само существование человека. Стремительный рост технологий и промышленности последних лет губительно сказывается на природе, получившей серьёзный удар несколько сотен лет назад, ещё во времена ранней индустриализации. Основой практически всех европейских экологических проблем на данный момент являются следующие факторы:

1. Высокая плотности населения. Данная тенденция приводит к интенсификации всех типов антропогенного загрязнения (световые, шумовые и т. д.). Зарубежная Европа считается одним из густонаселённых районов земного шара. При среднем показателе планеты в 55 ч/км², в Европе он равен 69,3 ч/км². При этом распределение людей практически по всей площади региона отличается равномерностью – незаселённых или малонаселённых мест практически нет. Проживающих в городской черте гораздо больше, чем в сельских поселениях, что делает её зоной повышенной опасности.

2. Высокая хозяйственная нагрузка на территории. Концентрация более чем 40 развитых и развивающихся государств с собственными промышлен-

ными предприятиями, сельскохозяйственными угодьями и дорогами не может не отражаться на экологии. В результате целостного земляного покрова практически не осталось, воздух засоряется. Морские заливы и побережья забиваются отходами жизнедеятельности человека.

3. Экологические издержки, необходимые для жизнеобеспечения человека. В первую очередь это относится к сооружениям, преграждающим естественное жизнеобеспечение объектов флоры и фауны. К ним могут относиться следующие комплексы: водохранилища, электростанции, полигоны отходов и т. д. [3].

Конечно же, не будем пессимистами - положительный сдвиг ощутим. Государства Европы на рубеже 80–90-х гг. XX века внедрили достаточно эффективные экологические программы. Но не стоит думать, что проведенных десятилетия назад мер достаточно для устранения текущих и грядущих проблем. Одной из главных препон в реализации амбициозных задач по улучшению экосистемы Европы является недостаток денежных средств. Помощь в данном вопросе осуществляет Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, англ. *Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD), которая предоставляет субсидии и кредиты на осуществление экологических проектов в развивающихся странах региона.

Межгосударственными акторами мирового масштаба в борьбе за европейскую экологию выступают такие организации как Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК, англ. *United Nations Economic Commission for Europe*, ECE) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ, англ. *World Health Organization*, WHO).

К основным регуляторам природоохранной деятельности общеевропейского уровня можно отнести Совета Европы (СЕ, англ. *Council of Europe*), Институт европейской экологической политики (англ. *Institute for European Environmental Policy*, IEEP), Европейское агентство по окружающей среде (англ. *European Environment Agency*, EEA), Международном институте прикладного системного анализа (МИПСА, англ. *International Institute for Applied Systems Analysis*, IIASA).

К числу региональных организаций, имеющих интересы в сфере устойчивого природопользования, отнесём Совет Баренцева / Евроарктического региона (СБЕР, англ. *Barents Euro-Arctic Council*, BEAC), Арктический совет (англ. *Arctic Council*), Северный совет (англ. *Nordic Council*), Совет государств Балтийского моря (СГБМ, англ. *Council of the Baltic Sea States*, CBSS), Хельсинкская комиссия (англ. *Helsinki Commission*, HELCOM) и др.

Кроме международных межправительственных органов и объединений немаловажный вклад в дело охраны окружающей среды вносят неправительственные некоммерческие организации и движения. Названия многих из них нам хорошо знакомы: Всемирный фонд дикой природы (англ. *World*

Wildlife Fund, WWF), Гринпис (англ. *Greenpeace*), Европейская дикая природа (англ. *European Wildlife*), Зелёный пояс Европы (англ. *European Green Belt*) и т. д. [4].

На данном этапе все европейские государства уделяют экологическим вопросам пристальное внимание. Вышеуказанные акторы оперируют широким спектром инструментов для внедрения природоохранных инициатив: начиная со встреч на уровне глав государств до местных экологических акций. В широком масштабе проводится ежегодное планирование профилактических мероприятий и других мер по охране окружающей среды. К числу передовых проектов в борьбе за экологию можно отнести пропаганду электрического и велотранспорта, а также расширение территорий под национальные парки. В промышленность активно внедряются технологии энергосбережения и системы фильтрации вредных выбросов [5].

Невозможно переоценить значение работы в сфере природоохраны для европейской части материка. Учитывая географическое положение, историческую освоенность и тесное соседство государств, глобальный характер экологических проблем, затрагивающих вопросы изменения климата, уменьшения биологического разнообразия, загрязнения воды, почвы и воздуха, трудно представить эффективное решение описанных задач вне взаимовыгодной коллаборации на международном уровне [6, с. 188].

Список используемых источников

1. Максаковский В. П. Географическая картина мира. Пособие для вузов. Книга 2: региональная характеристика мира. М. : Дрофа, 2009. 480 с.
2. Матвеева Е. В. Экологическая политика Евросоюза // Международные отношения. Политология. Регионоведение. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2010. № 6. С. 311–317.
3. Тарасов А. Экология Европы [Электронный ресурс] // Туристический портал *Visasam.ru*. URL: <https://visasam.ru/emigration/vybor/ekologiya-evropy.html#i-7> (дата обращения: 20.02.2020).
4. Яценко Е. А. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды // Ученые записки Тамбовского отделения РoCМУ. 2019. № 14. С. 187–194.
5. Экологические проблемы Европы // ECOPORTAL. URL: <https://ecoportal.info/ekologicheskie-problemy-evropy/> (дата обращения: 22.02.2020).
6. Сухина Т. С. Экологические проблемы современности и экономики: взаимодействие России и ЕС в области экологии // Проблемы современной экономики. Экономика и экология. 2016. № 3 (59). С. 186–188.

Статья представлена и.о. заведующего кафедрой ИРВ СПбГУТ, кандидатом исторических наук, доцентом А. Б. Гехтом.

УДК 81'38+070:004.738.5
ГРНТИ 16.21.27

ПОЛИТИЧЕСКИЕ БЛОГИ ИНТЕРНЕТ СМИ КАК НОВАЯ ФОРМА ПОЛИТИЧЕСКОЙ КОММУНИКАЦИИ: ЖАНРОВЫЕ И ЯЗЫКОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

М. И. Парамонова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются журналистские блоги политической направленности, представленные в Интернет СМИ. Анализируется специфика данного вида блогов в аспекте тематики, коммуникативной цели, коммуникативного будущего, образа автора и языкового оформления. Сделан вывод о том, что политические блоги Интернет СМИ являются особой жанровой разновидностью. В качестве примера описываются языковые и жанровые особенности политического блога веб-версии британской газеты The Guardian.

интернет СМИ, политический журналистские блог, жанровые параметры, веб-версия газеты.

В настоящее время с растущей ролью электронной коммуникации в современном обществе растет и популярность сети Интернет среди участников политической коммуникации. Новая информационная среда создает новые публичные пространства, дает возможность оптимизации политических и журналистских технологий. Таким образом, появляются новые виды и формы политической коммуникации, что приводит к изменению жанровой сферы политических текстов, трансформации политического текста в целом.

В широком смысле выделяют институциональный политический дискурс, включающий тексты, созданные политическими деятелями, и любые другие материалы политической направленности, тексты, в которых рассматриваются общественно значимые проблемы. Жанровая палитра политических текстов разнообразна. Классификация жанров, основанная на функциональной направленности политических текстов, включает ориентационные (конституция, указ, предвыборная программа, указ, договор, доклад), ритуальные (инаугурационная речь, приветственное слово, ежегодное послание), агональные (листовка, лозунг, дебаты, выступление на митинге) и информативные (публикация в СМИ, пресс-конференция, интервью) жанры [1].

Политический Интернет дискурс является результатом взаимодействия собственно политического дискурса и Интернет дискурса и характеризуется сочетанием свойств и функций данных дискурсов. Так, политический сетевой дискурс приобретает такие характерологические свойства Интернет дискурса, как гипертекстуальность, интерактивность и мультимедийность. Особый интерес вызывают политические тексты в медийном Интернет пространстве, поскольку они обладают наибольшим потенциалом с точки зрения реализации функций убеждения и воздействия, которые являются ключевыми функциями политического текста. Это обусловлено изменениями, затрагивающими структуру и языковые особенности политического текста, что наиболее заметно в медийной сетевой среде. Политический медиатекст создается по законам журналистского текста – как правило, новостного. Данному типу текста свойственны высокая информативность, динамичность, низкая дистанцированность, нарративность, значительные структурные изменения, высокая степень семантической вариативности.

Изменения в виртуальном пространстве, а также стремительное развитие блогосферы привели к возникновению нового журналистского жанра – блога, который активно используется Интернет изданиями. Как известно, блог – это интернет-сайт, содержащий регулярно добавляемые записи-посты, изображения или мультимедийные материалы с возможностью публикации комментариев как самого автора, так и посетителей. С лингвистической точки зрения блог определяется как общедоступный, публичный, открытый, нелинейный, динамичный, полифоничный гипертекст, создающийся с участием автора и читателей [2].

В целом жанр блога отличается высокой степенью внутренней разнообразности. Поскольку политический журналистский блог обладает особыми жанровыми характеристиками, его можно отнести к отдельной жанровой разновидности электронных дневников. Для описания жанровых параметров политических блогов используется модель жанра, предложенная Т. В. Шмелевой [3, 4], которая включает коммуникативную цель, образы автора и адресата, тип событийного содержания, образы коммуникативного прошлого и будущего, а также языковое оформление. Для анализа специфики журналистских блогов политической направленности релевантны такие черты, как тематика блога, коммуникативная цель, образ автора, образ коммуникативного будущего, языковое оформление.

Так, данный вид блога имеет ограниченную тематику, определяется профессиональной принадлежностью автора. Образ коммуникативного будущего связан с таким обязательным композиционным компонентом блога, как комментарии. Говоря о коммуникативной цели данного жанра, следует отметить, что блог политической направленности в электронных СМИ – важная составляющая политического поля. Это информативно-интерактив-

ная форма политической Интернет коммуникации, используя которую, автор (в данном случае – журналист) ставит две основные задачи – информирование и установление обратной связи с широкой аудиторией с целью выявления общественного мнения по важным политическим событиям, а также с целью агитации и пропаганды [5]. Помимо этого, блоггер решает аналитическую задачу (мониторинг и отслеживание тем дискуссий, характер комментариев), коммуникационную задачу (модерация обсуждений политических событий, повышение к ним интереса) и исследовательскую задачу (инициация новых он-лайн дискуссий, выявление реакции аудитории на те или иные сообщения). При этом блог дает возможность обсуждать и анализировать общественно-значимые проблемы сквозь призму личности автора. Именно пользуясь жанром блога, журналист имеет больше свободы в выражении собственного мнения и оценки, в сравнении с традиционными медийными жанрами. Поэтому оценочность рассматривается как важная составляющая в характеристике коммуникативной цели политического журналистского блога.

Сочетание публицистического и разговорного стилей является специфической языковой особенностью блога Интернет СМИ, включая и блоги политической направленности. Это обусловлено тем, что язык блога – это соединение языка СМИ, разговорного языка и языка сетевого общения. В данном виде блогов наблюдается упрощение грамматических структур; большое количество политической и экономической терминологии, оценочной лексики, неологизмов, фразеологизмов, сравнений, языковых клише, типичных для публицистики; экспрессивные синтаксические конструкции; неканонические синтаксические структуры.

В системе профессиональной Интернет журналистики выделяется несколько типов блогов по их функциональной направленности: аналитический блог, дискуссионный блог, блог нишевых новостей, блог новостных сериалов, а также имиджевый блог [6]. Наиболее частотным является аналитический блог, содержащий авторскую интерпретацию событий и комментарии. Основной целью дискуссионного блога является обеспечение обратной связи и создание блог сообществ. Блог нишевых новостей отличается узкой, специализированной тематикой. Блог новостных сериалов также имеет узкую тематику, однако ориентирован на развернутое во времени освещение событий. Такая продолженная, незавершенная форма дает возможность долго удерживать внимание аудитории. Имиджевый блог создается популярными журналистами, для которых он выступает в качестве публичной трибуны. При этом отличительной особенностью такого вида журналистского блога является фактор бренда. Среди блогов на политическую тему наиболее распространены аналитический, дискуссионный и имиджевый типы.

Одним из первых инновационных проектов в сфере Интернет журналистики стал проект по созданию блогов, разрабатываемый британской газетой *The Guardian*.

На данный момент политический блог веб-версии этого издания (<https://www.theguardian.com/politics/blog/>) имеет две основные рубрики. Первая, представленная авторскими материалами Э. Спэрроу (*Politics live with Andrew Sparrow*), а также статьями группы журналистов, является информационно-аналитической, имеет черты аналитического и имиджевого блогов. Авторы описывают и интерпретируют основные события политической жизни страны, высказывают собственное мнение о происходящем. Вторая рубрика (*Politics Live – readers' edition*) имеет черты дискуссионного блога, представлена краткими записями журналистов о значимых текущих событиях. Основной целью этой рубрики является инициация дискуссии по заданным блоггерами темам, создание читательского форума.

Цели данных разделов политического блога *The Guardian* определяют степень использования интерактивных возможностей сети. Аналитическая рубрика обладает меньшей интерактивностью, практически отсутствует эксплицированная заинтересованность автора в комментариях.

Особенности стилового оформления рассматриваемого блога продиктованы стремлением авторов к приданию своей точке зрения большей объективности, а также отсутствием жесткого формата. Так, в аналитической рубрике активно используются цитаты, ссылки на другие Интернет-ресурсы, причем в качестве гиперссылок часто используются достаточно объемные фрагменты текста, что редко встречается в онлайн статьях газеты. Практически отсутствуют средства письменной передачи устной речи, характерные для Интернет коммуникации, что обусловлено предельной близостью стиля данного вида блога к публицистическому в силу профессиональной принадлежности авторов.

Рассматриваемый блог содержит достаточно широкий спектр языковых средств, используемых авторами для выражения оценки: слова и словосочетания с оценочным значением, а также с отрицательными или положительными коннотациями (*massively negative consequences, unique, discrimination* и др.); идеологически-модальная лексика (*rebels, terrorist, freedom fighter* и др.); сравнения и метафоры (*kaleidoscope of political opinions, political climate, shadows of the Cold War* и др.); вопросительные предложения, изменение порядка слов в предложении. К синтаксическим особенностям данного блога относится также большое количество вставочных и присоединительных конструкций.

Таким образом, политический журналистский блог является жанровой разновидностью электронного дневника. Жанровые и языковые особенности данного вида политического текста делают его эффективным средством политической коммуникации в масс-медийной Интернет среде.

Список используемых источников

1. Чудинов А. П. Дискурсивные характеристики политической коммуникации // Политическая лингвистика. 2012. Вып. 2 (40). С. 53–59.
2. Новикова Е. Г. Языковые особенности организации текстов классического и сетевого дневников: автореф. дис. ... канд. фил.наук: 10.02.01 / Новикова Елена Геннадьевна. Ставрополь, 2005. 21 с.
3. Шмелева Т. В. Модель речевого жанра // Жанры речи: сб. науч. ст. / Под ред. В. Е. Гольдина. Саратов: «Колледж», 1997. Вып. 1. С. 88–99.
4. Фокина М. А. Жанровые и языковые особенности блогов политиков // Политическая лингвистика. 2014. Вып. 4 (50). С. 187–192.
5. Морозова О. Н. Политическая интернет-коммуникация: ее роль, функции и формы // Политическая лингвистика. 2011. Вып. 1 (35). С. 156–161.
6. Кожемякин Е. А., Попов А. А. Блоги как средство журналистской коммуникации // Научные ведомости БелГУ. Сер. Гуманитарные науки. 2012. № 6 (125). Вып. 13. С. 148–155.

УДК 111.83
ГРНТИ 02.31.55

Μάθημα ПЛАТОНА И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЛОСОФИИ

В. Л. Селиверстов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Наука и философия в Античности не имели строгого жанрового различия. В статье автор предлагает познакомиться с опытом практической работы в стенах СПбГУТ на примерах разбора классических текстов философской традиции, которые имеют значение и для истории математики.

история философии, история науки, античная математика, число, диалектика Платона, платонизм.

Преподавание гуманитарных дисциплин в техническом вузе имеет определенную специфику. В частности такой предмет, как философия не считается основным для подавляющего числа специальностей в нашем вузе. Тем не менее она входит в состав базовых фундаментальных дисциплин, касающихся интеллектуальной сферы деятельности человека в целом. Поскольку восприятие философии в развернутой историко-культурной форме, как правило, для аудитории затруднено по причинам ограниченности времени и психологической неготовности слушателей к полноценному погружению в предмет, преподаватель оказывается перед сложным выбором конкретного тематического материала, который был бы наиболее

презентабелен в таком случае. В статье автор предлагает познакомиться с опытом практической работы в течение двух десятков лет в стенах СПбГУТ на конкретных примерах разбора классических текстов философской традиции.

Первое знакомство с философским способом мышления весьма успешно проходит на материале диалогов Платона, в которых слушателям предлагается по-новому взглянуть на сущность математической предметности и математики в целом вне прикладного значения числовых рядов и проч. [1]. Хорошо известно, что творчество великого Платона, как и всей последующей философской и античной научной традиции, было сопряжено с математическими началами. Не случайно перед входом в первую платоновскую Академию красовалась надпись «не геометр да не войдет».

Так, в диалоге «Пир» помимо богатства историко-культурного материала содержится множество суждений о началах математических понятий «числа» и «множества» как таковых [3]. Причем подробно рассматриваются свойства четности и нечетности первых целых чисел. Оказывается, что понятие «многого» требует по Платону диалектической пары – понятия «одного». Эту связку удобно рассмотреть на примере другого диалога «Парменид», названного так по имени великого элейского метафизика V века до н. э., с которым по легенде имел возможность беседовать будущий учитель Платона Сократ. Понимание сущности числа как первой идеальной парадигмы онтологии мира возможно по Платону только потому, что наша способность к познанию может быть математически выверенной. Античное понятие «матема» в значении «точного знания» участвует в формировании гносеологической программы познания мира [2].

В нашей современной школьной программе нет существенного различия между собственно алгебраическим (математическим) и геометрическим. Но, как известно из истории науки, так было не всегда. Пожалуй, первая сложность в понимании различия природы того и другого, называемая сейчас проблемой «несоразмерности» сторон квадрата и его диагонали, была зафиксирована еще в пифагорейской школе. Число в идеальном виде оказывается не применимым к решению практических геометрических задач. В этом одна из причин, почему современная средняя школа не обращает большого внимания на античную математику в целом и сущность числа в частности. В итоге рядовой выпускник школы вообще с трудом понимает разницу между понятиями «число» и «количество». В первом приближении в багаже остаточных школьных знаний присутствует примитивное суждение о том, что «число» есть производимая в уме абстракция, взятая от наличия «количества». Прикладное использование числовых последовательностей для определения количественных характеристик чего-либо и в частности пространственных измерений затмевает математическую сущность числа как такового. Тем не менее Альберт Эйнштейн с уважением

относился к апориям Зенона Элейского, в которых указывалось на трудность мыслить одновременно непрерывность движения и дискретность пространства.

Платон в позднем диалоге «Тимей» показывает, как следует различать единство идеального мира и пространственные реалии мира как вмещающего материального «многого». По Платону переход от идеального к материальному сопряжен с появлением «хоры» (перевод термина $\chi\acute{o}\rho\alpha$ довольно сложен, так как не точно совпадает с обыденным пониманием пространства визуальной предметности [4]), «впускающей» нечто иное и несоприродное самому мышлению. Но само по себе геометрическое пространство оказывается иерархически ниже единства идеального ряда числовой последовательности, а потому не точно соответствует свойствам чисел и числовых пропорций. Таким образом «многое» как бы «материализуется» и становится доступным чувственному восприятию. При этом сущность «многого» не поддается однозначному определению и может приводить к логически противоречивым выводам на свой счет, о чем предупреждает Парменид юного Сократа в одноименном диалоге Платона.

Сказочный персонаж Иван-царевич, оседлав Серого волка, летит навстречу судьбе со скоростью мысли, что, очевидно, несколько быстрее скорости 3/4/5G, предлагаемой операторами мобильной связи. Не исключено, что не только именитого физика Гейзенберга, знакомого с греческим текстом «Тимея», но и кого-либо из наших современников встретит Платон в конце подобного «путешествия» мысли.

Список используемых источников

1. Платон. Сочинения в четырех томах. Т. 2–3 / Под общ. ред. А. Ф. Loseva и А. Ф. Asmusa; пер. с древнегреч. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та; Изд-во Олега Абышко, 2007.
2. Зеннхаузер В. Платон и математика. СПб. : Издательство РХГА, 2016. 614 с.
3. Селиверстов В. Л. Число Эрота. Диалектика числа, или математика любви в «Пире» Платона // Вестник РХГА. 2013. Т. 16. Вып. 3. С. 61–68.
4. Бородай Т. Ю. «Тимей» // Античная философия: энциклопедический словарь. М. : Прогресс-Традиция, 2008. С. 733–738.

УДК 81-25
ГРНТИ 17.82.32

О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕВОДА ХУДОЖЕСТВЕННОГО ТЕКСТА

С. Г. Серебрякова¹, Т. В. Серебрякова²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

²Северо-Западный институт (филиал)

Московского государственного юридического университета им. О. Е. Кутафина (МГЮА)

В эпоху глобализации и сближения культур возрастает роль переводной художественной литературы, что актуализирует вопросы теории и практики ее перевода на разные языки мира. Процесс перевода художественного текста детерминирован его жанровыми особенностями, индивидуальным авторским стилем и манерой, и мастерством переводчика. Современная теория перевода содержит много концепций и подходов к осмыслению процесса перевода и взаимоотношений автора, художественного текста, переводчика и читателя в рамках этого процесса. Особое место отводится тексту перевода и, особенно, вопросам оценки его качества. Рассмотренные теоретические концепции и предлагаемые критерии апробируются и иллюстрируются на примерах перевода англоязычного художественного текста на русский и немецкий языки.

deskриптивный подход, адекватность перевода, эквивалентность перевода, «динамическая эквивалентность», «функциональная эквивалентность», «понятность перевода», динамическая модель, коммуникативный эффект, коммуникативная установка.

В современном глобализированном мире с тенденциями стремительного сближения культур и народов все большую роль играет мировая художественная литература, а значит, и проблемы её перевода на разные языки. Благодаря переводу многие шедевры мировой художественной литературы стали достоянием человечества. К сожалению, или к счастью, высокие цифровые и иные технологии в обозримом будущем не смогут вытеснить из сферы переводческой деятельности высоко профессионального специалиста, обладающего образным мышлением, информированностью о традициях, нравах и обычаях страны, языковой грамотностью, стилем художественного перевода и т. п. В настоящей работе мы обозначим особенности художественного текста, которые необходимо учитывать при переводе художественного произведения, а также некоторые, относящиеся к теме аспекты теории перевода, а в заключение рассмотрим варианты перевода рассказа Роальда Даля «The Landlady» с английского на русский и немецкий языки.

Художественных тексты отличаются от всех остальных образностью и имплицитностью, присутствием, образа и позиции автора, композиционным разнообразием, национально-культурной и временной обусловленностью, самодостаточностью и направленностью на эстетическое восприятие и активность, вовлеченность читателя [1].

Отношение автора к перечисленным особенностям художественного текста и составляет его индивидуальный стиль и манеру. Умение передать эту авторскую самобытность и индивидуальность является главной задачей переводчика, а сам процесс перевода представляет собой создание нового текста, основанного на оригинале. Этот новый текст еще раз передаёт содержание, мысль оригинала, но уже с помощью других языковых средств, организованных в собственную систему и подчиненных её собственным законам. Таким образом, хороший переводчик, в определенной мере, является соавтором художественного произведения.

Для современной теории художественного перевода характерно смещение акцентов: во-первых, с текста-оригинала на перевод, во-вторых, с оценочного подхода на дескриптивный и, в-третьих, с текста как единицы языка на функцию перевода как часть культуры языка перевода [2]. Говоря об оценке качества художественного перевода, исследователи отводят ему промежуточное место между художественно-неполноценным, но точным и художественно-полноценным, но далеким от оригинала. Совместить дословную точность и художественность на практике не представляется возможным, так как для выражения одной и той же мысли, ситуации, явления в разных языках используют совершенно разные средства. Критериями качества перевода художественного текста принято считать адекватность и эквивалентность перевода. Понятие адекватности перевода предполагает полную передачу идеи автора, художественно-эстетическую направленность переводимого произведения, оценку возможных реакций «одноязычных» и «однокультурных» с автором оригинала читателей. Адекватность перевода достигается за счет точной и наиболее полной передачи содержания и языковой формы оригинала, а также правильности языка перевода. Эквивалентность означает достижение точности и равноценности перевода оригиналу путем лексико-фразеологических, грамматических и стилистических замен. Умелое использование замен свидетельствует о мастерстве переводчика [3].

В.В. Сдобников считает, что именно из этих двух взаимосвязанных компонент складывается качество перевода. Адекватность означает воспроизведение в переводе функции исходного сообщения, а эквивалентность, которая может устанавливаться на разных уровнях (языковых знаков, высказывания, сообщения, описания ситуации и цели коммуникации), предполагает максимальную лингвистическую близость текстов оригинала и перевода. Отношения эквивалентности устанавливаются на том уровне,

на котором это необходимо и достаточно для реализации цели коммуникации. А поскольку достижение цели коммуникации при переводе означает его адекватность, эквивалентность оказывается категорией, подчиненной и второстепенно значимой относительно адекватности. В случае художественных текстов (особенно поэзии) может иметь место адекватность перевода, но не эквивалентность на уровне отдельных сегментов текста [1].

В контексте оценки качества перевода не в плане формального соответствия текста оригинала тексту перевода, а с точки зрения того, как понимаются соответствующие тексты носителями языка оригинала и носителями языка перевода, употребляются введенные Ю. Найдой понятия «динамической эквивалентности», «функциональная эквивалентность» и «понятности перевода». Под динамической моделью понимается такая модель перевода, при которой исходное сообщение передано так, что реакция иноязычного читателя в целом соответствует реакции читателя на исходном языке [4]. Эта реакция включает как понимание текстовой информации, так и коммуникативный эффект, то есть восприятие экспрессивной и других функциональных характеристик текста. Основным оказывается критерий получателя. В этом контексте адекватным считается перевод, который отражает коммуникативную установку автора оригинального текста. Реакция читателя текста перевода должна максимально соответствовать, во-первых, коммуникативной установке и, во-вторых, реакции читателя текста на родном для него языке [5].

В заключительной части нашей работы мы попытаемся рассмотренные теоретические концепции и позиции проиллюстрировать на примере переводов рассказа Р. Даля «The Landlady» на немецкий и русский языки. Роальд Даль – всемирно известный британский писатель, автор романов, сказок и новелл, поэт и сценарист. Его рассказы содержат элементы мистики и фантастики, полны парадоксальных ситуаций, гротеска, неожиданных поворотов сюжета и развязок. Написаны они в стиле черного юмора и читаются «на одном дыхании». Дело в том, что проза Р. Даля представляет собой постоянную игру с читателем: игру скрытыми смыслами при обмене репликами между персонажами, композиционными приемами построения текста, проблемами морали, добра и зла, игра на развитии событий. Благодаря этому особому авторскому стилю текст произведения с первой минуты вовлекает читателя в коммуникацию и не отпускает до конца прочтения. Суть этого взаимодействия читателя с текстом состоит в реакциях читателя через предположения, выводы, прогнозы, эмоции и т. д., которые представляют собой заключительную стадию и итог коммуникации текст-читатель. Р. Даль прибегает к стратегии намека, чтобы на заключительном этапе «игры в текст» подвести читателя к однозначному, хотя и допускающему некое сомнение в собственной истинности, выводу [6].

В какой мере и какими средствами удастся отобразить этот особый авторский стиль Р. Даля – его игру скрытыми смыслами с читателем – мы рассмотрим на примере одного пассажа из переводов на русский и немецкий языки рассказа «The Landlady». Герой рассказанной от 3-го лица истории приезжает из Лондона в город Бат в командировку. В поисках пристанища он попадает в пансион, где его очень тепло и радушно встречает хозяйка. Здесь и начинается игра с читателем, которому предстоит декодировать завуалированный смысл текста и заполнить открытую концовку содержательно и эмоционально – ужаснувшись или «по-черному» усмехнувшись. Задача автора и переводчика – вовлечь читателя в эту игру и привести к такому финалу. Это будет означать, что идея, коммуникативная установка автора воспринята читателем. Если же произведение читалось в переводе – значит перевод оказался адекватным, чему способствовал тот факт, что переводчику удалось добиться его эквивалентности на соответствующих необходимых уровнях. Рассмотрим следующий пассаж из англоязычного оригинала и два его перевода (на немецкий и русский языки):

He pressed the bell. Far away in a back room he heard it ringing, and then at once - it must have been at once because he hadn't even had time to take his finger from the bell-button -the door swung open and a woman was standing there. Normally you ring the bell and you have at least a half-minute's wait before the door opens. But this dame was like a jack-in-the-box. He pressed the bell -and out she popped! It made him jump [7].

Er läutete. Die Glocke schrillte in irgendeinem der hinteren Räume, und gleichzeitig – es musste gleichzeitig sein, denn er hatte den Finger noch auf dem Knopf – sprang die Tür auf und vor ihm stand eine Frau. Wenn man läutet, dauert es gewöhnlich mindestens eine halbe Minute, bevor die Tür geöffnet wird. Aber diese Frau war wie ein Schachtelmännchen: Man drückte auf den Knopf, und schon sprang sie heraus! Geradezu unheimlich war das [8].

Он нажал на кнопку и услышал, как звонок прозвенел в какой-то дальней комнате, но тотчас же — в ту же самую минуту, он не успел даже оторвать палец от звонка — дверь распахнулась, а за нею стояла женщина... Точно фигурка, выскочившая из ящика. Он нажал на звонок — и вот она! Билли даже вздрогнул [9].

Сравнивая оригинал и его перевод на немецкий язык, мы должны признать высокую степень лингвистической близости при передаче как смыслового содержания, так и эмоциональной выразительности, и словесно-структурного оформления. Иными словами, здесь речь идет о высокой степени эквивалентности перевода. Что касается перевода на русский язык, то уже при поверхностном взгляде видно, что он короче, чем оригинал. Незначительное расхождение перевода на русский язык с оригиналом в плане объема текста обусловило использование синонимов *тотчас же* и *в ту же*

самую минуту. Эта трансформация позволила усилить художественный эффект, сделать текст привлекательнее, но лишила эту часть пассажа модальности, имеющей место в оригинале (*must*) и переводе на немецкий (*musste*). Заметим, что эта замена не оказала существенного влияния на смысл ни на уровне данного пассажа, ни текста в целом, ни на авторскую интенцию, заложенную в этом пассаже. Дело в том, что предложение оригинала и немецкого перевода с модальным глаголом и русский вариант без модального глагола, различающиеся лишь чуть большей или меньшей степенью уверенности высказывания, представляют собой комментарий-рассуждение рассказчика. Функционально комментарий в такого рода текстах всегда предназначен для восстановления непосредственной коммуникации автора с читателем. В чем суть этой коммуникации? Какую игру затевает автор с читателем? В чем заключается скрытый смысл? Наличие такого смысла подсказывает темпоральный дейктик *at once*, выделенный у Р. Даля курсивом (у нас жирным курсивом), а в рассматриваемых переводах – это *gleichzeitig* и *тотчас же*. При более пристальном рассмотрении мы понимаем, что курсив в сочетании с комментарием отвлекает внимание читателя от вопроса – почему так быстро открыли дверь? Значит, ждали? – и концентрирует его на удивлении.

В заключение еще раз подчеркнем, что критерии адекватности и эквивалентности перевода взаимосвязаны, они определяются и оцениваются на уровне всего художественного произведения.

Список используемых источников

1. Сдобников В. В., Петрова О. В. Теория перевода: (учебник для студентов лингвистических вузов и факультетов иностранных языков). М. : АСТ: Восток – Запад, 2007. 448 с.
2. Фурсова И. Н. Специфика перевода художественного текста. <https://www.alba-translating.ru/ru/ru/articles/2015/fursova.html> (дата обращения 20.01.2020).
3. Ахмедова С. Н. к. Особенности перевода художественных текстов // Филология и литературоведение. 2014. № 8 [Электронный ресурс]. URL: <http://philology.snauka.ru/2014/08/888> (дата обращения: 24.01.2020).
4. Nida E. A., Taber C. R. The Theory and Practice of Translation/ Leiden, 1982. 218 p.
5. Васильева Е. А. Единица перевода и коммуникативный эффект // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 9. 2007. Вып. 1. Ч. 2. С. 51–54.
6. Серебрякова С.Г. Скрытые смыслы и игра с читателем в рассказе Р. Даля “The Landlady” // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 9. 2007. Вып. 1. Ч. 2. С. 37–43.
7. Dahl R. Collected Short Stories. London, 2001.
8. Dahl Roald. Die Wirtin. URL: <https://libcat.ru/knigi/fantastika-i-fjentezi/uzhasy-i-mistika/172109-roald-dahl-k-sschen-k-sschen-elf-ungew-hnliche-geschichten.html#text> (дата обращения: 22.01.2020).
9. Даль Р. Дорога в рай: рассказы / Пер. с англ. И. Богданова. СПб. : Азбука-классика, 2004. 768 с. URL: <http://lib.ru/INPROZ/DAL/dal3.txt> (дата обращения: 22.01.2020).

УДК 372.881.1
ГРНТИ 14.35.09

К ВОПРОСУ О КОММУНИКАТИВНОМ ПОДХОДЕ К ИНОЯЗЫЧНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В ПРАВСТВЕННО ВОСПИТЫВАЮЩЕМ АСПЕКТЕ

Ю. М. Соколова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена использованию коммуникативно-деятельностного подхода к иноязычному образованию в нравственно воспитывающем аспекте. Описаны особенности организации условий для самореализации и социализации студентов средствами нравственно воспитывающего иноязычного образования в высшей профессиональной школе.

лингводидактика, обучение иностранным языкам для специальных целей, английский язык для специальных целей, изучение иностранных языков, нравственное воспитание, воспитывающее обучение.

Современная высшая профессиональная школа призвана осуществлять как профессиональную, так и социально значимую подготовку студентов. Выпускники вуза в будущем не только работники, но и отцы, и матери своих семейств, граждане страны, жители планеты. От того, насколько хорошо молодые люди подготовлены к жизни, зависит устойчивость общества и государства, перспективы развития мира и Вселенной.

Необходимость обеспечения условий для осуществления студентами самореализации и адаптации в обществе закреплено на законодательном уровне в статье 69 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 06.02.2020) «Об образовании в Российской Федерации», согласно которой целью высшего образования является подготовка «высококвалифицированных кадров по всем основным направлениям общественно полезной деятельности в соответствии с потребностями общества и государства, удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии, углублении и расширении образования» [1].

Можно утверждать, что университет должен обеспечить реализацию имеющегося потенциала творческих возможностей молодежи во благо самого студента и общества. Такой же точки зрения на основную задачу университетского образования придерживается профессор Ноам Хомский, который заявляет о долге современного университета открывать молодым людям, стоящим на пороге самостоятельной жизни, их «горизонты будущего», а не сводить образование к подготовке некоего «продукта» для рынка

труда. Более подробно проблема смыслов, сути и современного формата университетского образования изложена в лекции профессора в университете штата Аризона «Воспитание. Для кого и для чего. 2012» [2].

Однако анализ требований федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) РФ свидетельствует, что столь высокая миссия вуза не находит в них своего полного отражения, так как согласно им профессиональная школа сосредотачивается на подготовке прежде всего будущих производственников, обладающих соответствующими профессиональными качествами.

Тем не менее, в стандарте имеется указание на необходимость создания условий для обеспечения подготовки профессионалов, отличающихся также социально значимыми личностными качествами. Например, согласно требованиям, сформулированным в обще-профессиональной компетенции (ОПК-6) ФГОС ВО РФ для студентов бакалавриата, обучающихся по специальности «реклама и связи с общественностью», предполагается формирование «способности и готовности к социально ответственному поведению» в профессиональной деятельности. Потребность в подготовке к социально ответственной деятельности, таким образом, актуализирует профессионально ориентированное обучение в воспитательном аспекте по всем учебным дисциплинам и, прежде всего, по дисциплинам гуманитарного профиля.

Главной площадкой для ее обеспечения личностного роста студента должны стать языковые профессионально ориентированные учебные дисциплины, среди которых обучение иностранному языку имеет потенциал выполнять ведущую и стыкующую роль в силу того, что иноязычное образование реализуется с применением коммуникативно-деятельностного подхода. Коммуникативно-деятельностный подход создает условия для приращения как профессиональных, так и личностных качеств обучающихся в организованных педагогом условиях.

Однако в случае отсутствия должным образом организованного образовательного процесса результат эволюции личности средствами учебной дисциплины «иностраный язык» не всегда оказывается положительным. Он может быть и нейтральным, и даже негативным. Чтобы избежать стихийности в образовательном процессе обучение и воспитание (последнее в педагогике принято разграничивать на самореализацию личности и ее социализацию) должно носить целенаправленный и управляемый характер. Педагог должен также суметь диагностировать и оценить результаты обоих взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов. Проблемной является диагностика результатов образования в связи с тем, что считается, что ее результат имеет отложенный во времени характер. Однако с примене-

нием принципа продуктивного обучения на основе коммуникативно-деятельностного подхода диагностирование и оценивание воспитанности осуществляется на основе герменевтического принципа [3, с. 353–359].

Необходимо уточнить, что воспитание студентов вуза в соответствии с их возрастными особенностями носит имплицитный (неявный) характер, что соответствует этическим и психологическим требованиям обучения. Обеспечению имплицитного характера воспитательного процесса способствуют как использование инновационных игровых технологий обучения иноязычной коммуникации, так и профессионально ориентированная тематика ситуаций общения. Именно контекстное обучение языку для специальных целей открывает уникальные перспективы не только для «приращивания» иноязычной профессионально ориентированной коммуникативной компетенций, но и для приобретения студентом опыта нравственного поведения в контексте изучаемой производственной тематики, что является неотъемлемым основополагающим элементом овладения социокультурной компетенции.

Условием реализации учебных программ по иностранному языку с применением коммуникативно-деятельностного в вузе является его осуществление с соблюдением принципов, отражающих интересы всех заказчиков обучения [3, с. 67–92].

В целях достижения поставленных целей обучения ИЯ в воспитательном аспекте, преподаватель организует и управляет учебной деятельностью студента организуемой на интегративной основе. В случае обучения практическим языковым дисциплинам интеграция имеет три уровня, интенсифицирующих (усиливающих) учебный процесс. Трехуровневая интеграция обучения языку подразумевает междисциплинарную интеграцию (контекстное обучение), межаспектную (например, обучение в воспитательном аспекте) и внутродисциплинарную межаспектную интеграцию (обучение видам речевой деятельности).

Выводы

Суть воспитания в вузе – это создание педагогических условий для развития, самосовершенствования, самовоспитания ценных качеств личности у студентов-бакалавриантов и студентов-магистрантов, причем самовоспитания нравственных качеств является одновременно и целью, и результатом воспитания студентов.

В силу того, что студентам свойственно стремление к самосовершенствованию, саморазвитию, к потребности к самовоспитанию у себя высоко нравственных качеств личности, темы самоопределения и осознания себя как творца своей судьбы их интересуют прежде всего. Применение коммуникативных методик создает педагогические ситуации для обучения иноязычной речи и одновременной работы над личностным развитием.

Список используемых источников

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 06.02.2020) "Об образовании в Российской Федерации", ст. 69 параграф 1.
2. <https://www.youtube.com/watch?v=oj9VqXtg1cg> (дата обращения: 31.03.2020).
3. Хуторской А. В. Педагогика. СПб. : Питер, 2019. 608 с.

*Статья представлена заведующим кафедрой ИЯ СПбГУТ,
кандидатом культурологических наук, доцентом А. С. Алёшиным.*

**УДК 504.03
ГРНТИ 34.35.51**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ДАНИИ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

В. А. Соловьева, И. А. Цвериганашвили

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящий момент представляется важным изучение опыта отдельных стран и регионов мира в деле реализации и развития энергетической политики в рамках рационального экологического подхода. Опыт Дании, ведущей экологической североевропейской державы, в этом вопросе может выступать очень успешным примером. Уже в 1990-х гг. в стране происходит отход от традиционной ископаемой энергетики к солнечной энергетике, ветроэнергетике, гидроэнергетике и пр. Развитие альтернативных источников энергии позитивно сказывается на экологической ситуации в стране. Использование традиционных источников уменьшилось в Дании на треть по сравнению с концом XX в. Развитие возобновляемых источников энергии способствует уменьшению выбросов углекислого и других парниковых газов, а также снижению количества опасных для окружающей среды отходов.

Дания, экология, энергетика, устойчивое развитие.

Производство и потребление энергии оказывает значительное влияние на экологическую ситуацию во многих государствах. Среди европейских стран Дания является одним из лидеров по показателям развития энергетике. Но из-за возможных экологических проблем, возникающих из-за использования невозобновляемых источников энергии, в XXI в. Дания принимает политику по переводу энергетике на безвредные для окружающей среды виды топлива и источники энергии. В стране все еще остаются традиционные виды энергии, которые составляют 28 % от всей вырабатываемой энергии. С 1972 г. в Дании ведется добыча нефти,

а с 1993 г. государство стало её экспортером. Начиная с 2008 г., Дания начала уменьшать темпы использования нефти в качестве источника энергии, ввиду развития политики по увеличению возобновляемых источников энергии. В 2019 г. на нефть приходилось 3 % от всей получаемой энергии [1].

В 2017 г. добыча нефти на территории Дании сократилась на 8 %, в сравнении с 2016 г. Решение о сокращении было принято связи с заявлениями экспертов о том, что при современных темпах добычи нефти, до 2030 г. запасы нефти в Дании закончатся не только для экспортной торговли, но и для внутреннего потребления. Подобная ситуация приведет не только к экономическим проблемам, но и к экологическим, т. к. опустошение ископаемого топлива, такого как нефть и газ, может привести не только к изменениям в грунте, но также будет являться одним из факторов, способствующих изменению климата. Поэтому в 2018 г. Датское агентство по энергетике заявило о том, что даже при сокращении добычи нефти, начиная с 2020 г. Дания будет вынуждена импортировать нефть у других стран [2], что определенно негативно отразится на экономических показателях страны, но окажет положительный эффект на экологическую ситуацию.

Помимо уменьшения запасов нефтяных залежей, которое также приводит к долгосрочному ухудшению экологической ситуации, добыча нефти становится причиной ущерба для экологии моря. В качестве примера следует рассмотреть случай 28 марта 2001 года, когда произошел крупнейший разлив нефти в водах Дании, между островами Мон, Фальстер и Южной частью Зеландии. В результате столкновения двух судов 2 700 т нефти вылилось в море. Благодаря оперативным действиям морских служб последствия разлива нефти были устранены за сутки. Тем не менее, данный инцидент имел определенные последствия, так как в Балтийском море на несколько дней были приостановлены рыболовные суда. В течение последующего месяца на береговой территории Дании было найдено более 200 мертвых птиц, со следами нефти на оперении. По заявлениям экспертов, данный инцидент мог отразиться на дальнейшем развитии рыб, членистоногих и иных представителей морской фауны в районе разлива нефти. В 2019 г. нефть добывается на 16 месторождениях в датском секторе Северного моря, в которых расположены 42 платформы и 281 скважина. В процессе бурения нефтяных скважин, а также в процессе их дальнейшей эксплуатации, происходит загрязнение окружающей среды. Так как все 16 месторождений нефти находятся в море, то добыча нефти ежедневно ведет за собой изменения и ухудшения в экологической среде Северного моря.

На современном этапе на газ отводится около 11 % всей получаемой энергии. Считается, что при сжигании газ вырабатывает меньше углекислого газа, чем другие виды полезных ископаемых. Поэтому газ

считается одним из переходных вариантов энергии к возобновляемой энергетике. Тем не менее, в 2017 г. количество выбросов от использования и добычи газа составило 287 тыс. т CO₂ [3]. На сегодняшний день Дания ежегодно производит около 17 млн т углекислого газа в год, при этом 2,5 млн т углекислого газа приходится на производство энергии. Хотя стоит отметить, что выбросы углекислого и других парниковых газов от интенсивности потребления энергии снизились с 2000 г. на 26 % [4], объем углекислого газа, вырабатываемый каждый год ухудшает качество воздуха на территории Дании. 14 % энергии приходится на использование угля, но, несмотря на большой процент от общего количества потребляемой энергии, Дания заинтересована в том, чтобы отказаться от использования угля. Во-первых, потребление и производство угля экологически опасно, так как влечет за собой выбросы парниковых газов. Во-вторых, используемый уголь импортируется из Германии и Великобритании, вследствие чего это экономически не выгодно. В соответствии с энергетической стратегией Дании, к 2050 г. страна должна полностью отказаться от использования нефти, газа и угля [5].

Ввиду того что традиционные источники энергии оказываются слишком опасными для окружающей среды, все больший интерес королевство проявляет к альтернативным видам получения энергии, с связи с чем на ее территории постепенно развиваются такие направления как ветроэнергетика, гидроэнергетика и солнечная энергия. Данные способы получения энергии являются полностью безопасными для окружающей природы, так как они не выделяют парниковые газы или другие опасные для окружающей среды отходы. 4 % от общего потребления энергии приходится на отходы [6]. Вопрос использования отходов в качестве источника энергии регулируется не только Департаментом энергетики Дании, но также и Министерством сельского хозяйства и питания. Так как Департамент энергетики следит за соблюдением правил, касающихся уничтожения опасных отходов, и правилами, касающимися мусоросжигательного сектора. Датское агентство по охране окружающей среды управляет экологическим регулированием территории отходов, правилами обращения, классификацией, предотвращением попадания опасных отходов в сектор энергетики, также следит за качеством соблюдения поставок отходов импорта и экспорта.

Ветроэнергетика является наиболее развитым видом альтернативного получения энергии в Дании. Ввиду того, что в стране преобладает равнинный ландшафт, а также имеется длинная береговая линия, то данные факторы позволяют установить большое количество ветряных электростанций, которые будут работать от морских ветров. В 2017 г. энергия, получаемая от ветряных мельниц, составляла 37,6 % от общего числа получаемой энергии, то в 2018 г. этот показатель увеличился до 40 %.

В соответствии с энергетической политикой Дании к 2020 г. данные показатели должны увеличиться до 50 %. Также отмечается, что энергия, полученная от ветрогенератора, мощностью 1 МВт снижает ежегодный выброс в атмосферу парниковых газов, таких как углекислый газ и оксида азота, до 1,8 млн т [7]. Следовательно, переход от традиционных источников энергии к ветроэнергетике смог бы снизить уровень парниковых газов в стране примерно на 37 % от общего поступления парниковых газов.

В 2018 г. солнечная энергия составила 2 % от общего объема производимой энергии. В сравнении с другими альтернативными источниками энергии этот показатель является крайне низким. Это может быть обусловлено тем, что энергия, получаемая от солнечной энергии в 2018 году для Дании, составила 960 ГВт.ч, при этом для энергии, получаемой от ветряных мельниц этот показатель равен 2500 ГВт.ч [8]. Поэтому для получения большего количества энергии, требовалось бы увеличить количество солнечных батарей, что не входило бы в рамки политики Дании по использованию территории страны. Также, несмотря на то, что данный способ получения энергии безопасен для экологии страны, он не распространён в Дании, и по причине климатических особенностей: общее количество солнечных часов в Дании за год не превышает 2 000 часов. Из чего следует, что в те года, когда количество солнечных дней было бы меньше среднего, страна бы не получала необходимого уровня энергии. На современном этапе в Дании используется два вида получения солнечной энергии. Оба варианта безопасны для окружающей среды, а их различие заключается в способах преобразования солнечной энергии. Первый – солнечные батареи на основе фотоэлемента – используются для производства электроэнергии, преобразовывая солнечную энергию в электричество. В 2017 г. датские фотоэлектрические станции произвели электричество, эквивалентное 1,8 % от общего потребления электроэнергии в Дании. Второй вид – гелиотермальные энергоустановки, принцип работы которых заключается в преобразовании солнечной энергии в тепловую энергию. Такие установки используются для обогрева зданий и для централизованного теплоснабжения.

На гидроэнергетику приходится 12 % от общей получаемой энергии в Дании. Несмотря на экологическую безопасность данного способа получения энергии, из-за недостаточного количества водных ресурсов, гидроэнергетика используется не в таких объёмах, как на территории Гренландии и Фарерских островов. Начиная с 2005 г. в Королевстве Дания активно развиваются альтернативные источники энергии, что, несомненно, позитивно сказывается на экологической ситуации. Использование традиционных источников уменьшилось в Дании на 37 %. А развитие возобновляемых источников энергии способствует уменьшению выбросов

углекислого и других парниковых газов, а также снижению количества опасных для окружающей среды отходов. Благодаря данной политике с начала XXI в. количество выбросов CO₂ в Королевстве Дания уменьшилось на 15 %.

Список используемых источников

1. Olie i Danmark. Energistyrelsen [Электронный ресурс]. URL: <https://ens.dk/ansvarsomraader/beredskab/olieberedskab> (дата обращения: 21.01.2020).
2. Wittrup S. Nu er det slut: Danmark er ikke længere selvforsynende med olie [Электронный ресурс] // Teknologiens Mediehus. URL: <https://ing.dk/artikel/nu-slut-danmark-ikke-laengere-selvforsynende-med-olie-214129> (дата обращения: 22.01.2020).
3. Drivhusgasregnskab (i CO₂-ækvivalenter) efter emissionstype [Электронный ресурс] // Danmarks Statistik. URL: <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/SelectVarVal/saveselections.asp> (дата обращения: 12.01.2020).
4. Greenhouse gas emissions [Электронный ресурс] // Eurostat: your key to European statistics. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/climate-change/data/database> (дата обращения: 21.01.2020).
5. Energistrategi 2050 – fra kul, olie og gas til grøn energy. Sammenfatning [Электронный ресурс] // Statsministeriet. URL: http://www.stm.dk/multimedia/Energistrategi_2050.pdf (дата обращения: 14.01.2020).
6. Energistyrelsen og affaldsområdet. Energistyrelsen [Электронный ресурс]. URL: <https://ens.dk/ansvarsomraader/affald/energistyrelsen-og-affaldsomraadet> (дата обращения: 11.01.2020).
7. Energi Fyns vindmøller [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energifyn.dk/privat/groen-omstilling/vindmoeller/energi-fyns-vindmoeller> (дата обращения: 15.01.2020).
8. Larsen B. L. 2018 satte rekord i solenergi [Электронный ресурс] // Dansk Energi. URL: <https://www.danskeenergi.dk/nyheder/2018-satte-rekord-solenergi> (27.02.2019).

Статья представлена заведующим кафедрой ИРВ СПбГУТ, кандидатом исторических наук, доцентом С. А. Лосевым.

УДК 94(44,47)“1939-1945”
ГРНТИ 03.09.55

ФРАНЦУЗСКИЕ ПЕЧАТНЫЕ СМИ О БИТВЕ ЗА МОСКВУ

Е. А. Терентьева

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Освещение битвы за Москву во французской прессе дает четкую картину существовавшего спектра точек зрения на советско-германскую кампанию. С одной стороны, существовала активная прогерманская позиция прессы, поддерживавшаяся официальными властями в обеих оккупационных зонах. С другой стороны, агрессивные

антибольшевистские настроения существовали во Франции и до начала немецкой оккупации, и такая позиция сохранилась и с ее началом. Противоположный полюс составляли просоветские и антигерманские взгляды, которые могли быть озвучены только в подпольной прессе движения Сопротивления. Тем не менее, существовала очень ограниченная группа разрешенных изданий, стремившихся по возможности сохранять взвешенный подход к публикации новостей с русского фронта.

вторая мировая война, Великая Отечественная война, битва за Москву, Франция, пресса, СМИ.

Французская пресса в период Второй мировой войны по большей части остается вне сферы интересов отечественных историков. Во французской науке в ее изучении также остаются значительные лакуны. Между тем сравнительный анализ позиций различных органов печати одной страны в сложные периоды истории дает интересные результаты. Судьба французской печати той эпохи отражает судьбу всего французского общества [1].

«Русская» кампания Гитлера с самого своего начала приковала внимание европейцев. Одновременно началось и ее освещение в СМИ. Анализ сообщений о битве за Москву во французских периодических изданиях особенно интересен потому, что ее ход был неравномерным: сначала отступление советских войск (30.09.41–4.12.41), затем переход Красной армии в контрнаступление (5.12.41–7.12.42) и, наконец, успешное наступление (7.01.42–30.03.42), – и именно в ее ходе стал окончательно очевиден срыв блицкрига [2, 3].

С началом немецкой оккупации французские газеты разделились на три группы. Две – легальные и подлежащие цензуре службы пропаганды немецкого командования: коллаборационистская периодика зоны оккупации и периодика «свободной» зоны, подконтрольной правительству Виши. Третью составила подпольная периодика Сопротивления [1, 4].

Коллаборационистская пресса зоны оккупации – наиболее радикально пронацистская группа изданий; в их числе были еженедельник «Же сюи парту» [5], ежедневник «Матен» [6] и ежедневник «Пари-суар» [7]. По характеру публикаций четко выделяются хронологические периоды московской битвы. Октябрьские и ноябрьские выпуски пестрели сообщениями о крахе СССР, победоносном шествии немецких армий и неминуемом падении Москвы. В декабре тон и интенсивность публикаций постепенно изменялись, и к январю коллаборационистские газеты заговорили о катастрофических для Европы последствиях, которые имела бы победа СССР, и плачевном положении населения Союза. Одновременно внимание газет переключилось на Тихоокеанский театр военных действий. В феврале – марте обе эти тенденции сохранились, а к концу последнего этапа битвы за Москву любые упоминания о Восточном фронте исчезли со страниц газет зоны оккупации. Кроме того, с конца осени 1941 г. газеты зоны оккупации начали высмеивать надежды противников Германии на помощь русской

зимы. В период контрнаступления советских войск идея о «генерале Зиме» была переосмыслена и стала обоснованием замедления продвижения немецких армий. Вплоть до наступления весенней распутицы говорилось о том, что победоносное шествие вермахта продолжится, как только утихнут снежные бури и сойдут снега, а пока Германия готовит этот весенний натиск. Наконец, с зимы 1940–41 гг. газеты этой группы начали публиковать обширные тенденциозные статьи об идейных основах марксизма и бесчеловечности большевистского правления, а также о героизме немецкой армии, сражающейся в нечеловеческих условиях русского климата и советской разрухи [5, № 532. Р. 1].

Пресса свободной зоны сходна с коллаборационистской прессой зоны оккупации, но обладала собственной спецификой и была менее идеологически однородной: до введения оккупационного режима на юге существовала номинальная свобода слова. Три ежедневных издания из этой группы накануне войны входили в четверку крупнейших ежедневных изданий Франции: «Пти паризьен» [8], «Журналь» [9] и «Пти журналь» [10]. «Пти паризьен» была ближе всего к коллаборационистской северной печати и часто перепечатывала материалы «Матен». Для «Пти паризьен» полностью верно все сказанное о ежедневных газетах оккупационной зоны. «Журналь» и «Пти журналь» отличались от «Пти паризьен» более нейтральным тоном публикаций, в которых отсутствовали антисоветская истерия и откровенная юдофобия. Главной особенностью обеих газет стала практика публикации различных точек зрения – выдержек из немецких и советских официальных коммюнике, что создавало иллюзию независимости вишистской прессы. К весне 1942 г. в вишистских газетах стали проявляться те же тенденции, что и в прессе зоны оккупации: все меньше внимания уделялось событиям советско-германского противостояния, с января Москва перестала упоминаться, и все больший акцент делался на событиях в Тихоокеанском регионе.

Пресса Сопротивления стала единственным неподконтрольным цензуре голосом французского народа [11, 12]. Среди изданий этой группы – еженедельник «Либерасьон» [13], ежемесячник «Франк-тирор» [14], а также нерегулярные «Дефанс де ля Франс» [15] и «Комба» [16]. В период битвы за Москву пресса Сопротивления еще мало писала о советской кампании. Сообщения о событиях на Восточном фронте были проникнуты восхищением СССР как державой, воплощающей идеалы коммунизма и стойко противостоящей Германии, а также идеей принципиальной возможности победы над Рейхом. Именно газеты Сопротивления заговорили о крушении немецкого блицкрига под стенами Москвы.

По изданиям ни одной из трех перечисленных групп невозможно было составить близкого к действительности представления о реальной расстановке сил и передвижениях войск, особенно начиная с декабря. Реальные

итоги и значение битвы за Москву в ходе войны в целом верно, но предельно схематично излагались в печатных органах Сопротивления, а по сообщениям вишистской прессы вдумчивый читатель мог сделать лишь самые общие выводы. Газеты же зоны оккупации, в оборонительный период битвы за Москву отражая ход событий относительно верно, даже с публикацией карт смещения линии фронта на восток, после начала декабрьского контрнаступления советских войск полностью перестали соотносить публикуемые сведения с настоящим состоянием дел.

Освещение битвы за Москву во французской прессе дает четкую картину существовавшего спектра точек зрения на советско-германскую кампанию. С одной стороны, существовала активная прогерманская позиция прессы, поддерживавшаяся официальными властями в обеих зонах. С другой стороны, агрессивные антибольшевистские настроения существовали во Франции и до начала немецкой оккупации, и такая позиция сохранилась и с ее началом. Наконец, противоположный полюс составляли просоветские и антигерманские взгляды движения Сопротивления.

Печатные СМИ оккупационной зоны были почти идентичны с точки зрения подачи информации. В свободной зоне в 1941–1942 гг. существовали как минимум две группы периодических изданий – одна полностью прогерманская, вторая – стремящаяся демонстрировать непредвзятость оценок. Наконец, подпольная пресса французского Сопротивления лишь частично освещала события на фронтах, уделяя большее внимание необходимости борьбы с нацистами во Франции.

Список используемых источников

1. Histoire générale de la presse française / Sous dir. de C. Bellanger, J. Godechot, P. Guiral, F. Terrou. En 5 vols. Tome IV. De 1940 à 1958. Paris: Presses Universitaires de France, 1975. 486 p.
2. Великая Отечественная война 1941–1945 годов. В 12 т. Т. 3. Битвы и сражения, изменившие ход войны. М. : Кучково поле, 2012. 864 с.
3. Гланц Д. Советское военное чудо 1941–1943. Возрождение Красной Армии. М. : Эксмо, 2008. 640 с.
4. Терентьева Е. А. «Свой» и «Чужие»: советские войска в сражениях Великой Отечественной войны глазами французских журналистов // «Свой» / «чужой» в кросс-культурных коммуникациях стран Запада и России: коллективная монография. СПб. : Алетейя, 2019. 498 с. С. 471–490.
5. Je suis partout // Retronews.fr [Site]. URL: <https://www.retronews.fr/> (requested 09.03.2020).
6. Le Matin // Retronews.fr [Site]. URL: https://www.retronews.fr (requested: 09.03.2020).
7. Paris-soir // Retronews.fr [Site]. URL: <https://www.retronews.fr/> (requested: 09.03.2020).
8. Le Petit Parisien // Retronews.fr [Site]. URL: https://www.retronews.fr (requested: 09.03.2020).

9. Le Journal // Retronews.fr [Site]. URL: <https://www.retronews.fr> (requested: 09.03.2020).
10. Le Petit Journal // Retronews.fr [Site]. URL: <https://www.retronews.fr> (requested: 09.03.2020).
11. Michel H. La presse clandestine; expression de la pensée la Résistance? // Bulletin de la Société d'Histoire moderne. Mars-avril 1956. Pp. 7–15.
12. Pemjean L. «Le Petit Parisien» sous l'occupation allemande. S.N.E.P., 1950. 52 p.
13. Libération. Organe du Directoire des forces de libération françaises. [S.l.], 1941–1942 // Gallica [Site]. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb32806584q/date&rk=42918;4> (requested: 09.03.2020).
14. Le Franc-tireur: mensuel dans la mesure du possible et par la grâce de la police du Maréchal. [S. l.], 1941–1942 // Gallica [Site]. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb327771964/date&rk=42918;4> (requested 09.03.2020).
15. Défense de la France. [S. l.], 1941–1942 // Gallica [Site]. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34419180r/date&rk=21459;2> (requested 09.03.2020).
16. Le Combat: organe du Mouvement de libération française. [S. l.], 1941–1942 // Gallica [Site]. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb34501455d/date> (requested: 09.03.2020).

УДК 316.7
ГРНТИ 13.31.91

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ БИБЛИОТЕЧНОЙ СЕТИ В БРИТАНИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Е. А. Терентьевой, Е. В. Хоменко

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Основное содержание статьи сконцентрировано на анализе цифровой инфраструктуры библиотек Великобритании, которая является технологией для реализации недавних стратегических целей, поставленных Департаментом по вопросам цифровых технологий, культуры, СМИ и спорта (DCMS).

В ходе работы рассматривается как цифровое преобразование может поддерживать публичные библиотеки в Соединенном Королевстве. Цель заключалась в рассмотрении проблемных аспектов онлайн-платформы для публичных библиотек, для чего она может использоваться и как такое предложение может вписаться в существующую библиотечную экосистему.

Библиотеки могут быть цифровыми лидерами в своих сообществах, демонстрируя потенциал новых технологий и предоставляя обществу изучать, тестировать и исследовать свои возможности и творчески использовать их.

библиотеки, библиотечная сеть, цифровая инфраструктура, цифровые технологии, Великобритания.

С начала 1990-х годов цифровые технологии необратимо изменили потребление печатных и аудиовизуальных носителей, коренным образом изменили привычки потребителей и характер межличностного общения. То, как люди используют Интернет для потребления, постоянно меняется, и перспективная цифровая платформа для библиотек должна быть в состоянии реагировать на последние тенденции в цифровом потреблении, предлагая услугу, которая не только отражает, но и учитывает потребности пользователей, использующих цифровые технологии [1].

Библиотеки в Великобритании принадлежат большому глобальному библиотечному сообществу, и совершенно очевидно, что обновленное и скоординированное цифровое предложение могло бы более прочно укрепить связи между публичными библиотеками по всей территории Соединенного Королевства, а также предоставить потенциал для создания, построения и укрепления отношений с высшим образованием, национальными и юридическими библиотеками.

Актуальность библиотек в современном глобализированном обществе переосмысливается. Базовая модель библиотеки или исследовательского «сервиса» развивается. Инновации, цифровая информация, социальные сети, кодирование и в целом растущая потребность в цифровых навыках означают, что способы взаимодействия с информацией и библиотекарями существенно меняются.

Поэтому ключевой вопрос, который необходимо исследовать – это уже не только то, чем оснащены публичные библиотеки, но как они предоставляют доступ и для кого, и как их информация и сервис взаимодействуют с другими платформами.

Профессиональные навыки библиотечных и информационных специалистов в сочетании с институциональными ценностями доверия, подлинности и инклюзивности необходимы больше, чем когда-либо прежде. Публичные библиотеки всегда предлагали доступ к вещам, которые находятся в дефиците: если раньше речь шла о доступе к книгам и газетам, то сегодня библиотеки предлагают гостеприимные некоммерческие пространства, надежный Wi-Fi, 3D-печать, тихое учебное пространство, мероприятия для всех возрастов и интересов; все то, что до сих пор недоступно для многих.

За последние 30 лет Интернет и другие цифровые технологии упростили и расширили доступ пользователей к надежным и авторитетным знаниям, информации и идеям.

Многие библиотечные пространства быстро развиваются, чтобы облегчить различные и разнообразные виды деятельности и обмена знаниями. Библиотеки все чаще используются и ценятся как безопасное, надежное и гибкое гражданское пространство для работы, учебы, дискуссий и творчества. Современная библиотека в Великобритании представляет собой целостную библиотеку, в которой печатные, физические

и традиционные материалы представлены рядом с оцифрованными виртуальными услугами. Количество книг и активное членство уже не являются основными показателями успеха и эффективности.

Как подчеркнул Deloitte в своем отчете о цифровых данных 2018 года, потребители все чаще ожидают, что информация будет доступна для всех устройств с доступом в Интернет [2]. Широко признано, что пользователи теперь руководствуются гибкостью и удобством, оценивая услуги, которые позволяют им потреблять информацию, когда и где они хотят. Тем не менее, качество и оригинальность информации также является ключевым компонентом привычек потребления пользователями.

Предприятия, общественные организации и правительства вкладываются в охват и привлечение «цифрового» потребителя. Это в равной степени относится и к библиотекам. Простое в использовании цифровое пространство, внимательное к потребностям пользователей разных возрастов, может стать значительным катализатором в расширении использования публичных библиотек.

В то время как в библиотечном секторе существует широкий консенсус в отношении того, что цифровые услуги, ориентированные на пользователя, могут быть значительно улучшены, нет единого видения того, как это может выглядеть. Это усугубляется сложностью существующей системы, в которой работают более 200 органов публичных библиотек в Англии, Уэльсе, Шотландии и Северной Ирландии.

Рост потребления онлайн и цифровых коммуникаций совпал в последние годы с растущей озабоченностью по поводу использования персональных данных. Осознание злоупотребления личной информацией организациями, предприятиями и политическими группами резко возросло в 2018 году после дебатов в Cambridge Analytica и после принятия Общего регламента Европейского союза о защите данных. Опрос Consumer Insights, проведенный PWC в 2018 году, выявил значительную обеспокоенность в отношении предприятий, собирающих личные данные [3]. Это также подтверждается выводами Deloitte, которые предполагают, что потребители требуют большей прозрачности от онлайн-сервисов, когда дело доходит до использования данных. Тем не менее, оба отчета также показывают, что это не нарушает договоренности, поскольку пользователи по-прежнему готовы предоставлять доступ к своим данным в обмен на дополнительные услуги, персонализацию и улучшение взаимодействия с пользователем. Эти исследования показывают, что на рынке существует значительный пробел в отношении этических, прозрачных и надежных услуг, которые используют персональные данные для увеличения стоимости, создания интуитивно понятных и персонализированных услуг и предоставления пользователям полной автономии в использовании этих данных. Современные

британские библиотеки имеют все возможности для удовлетворения этого спроса, устанавливая новые стандарты использования этических данных.

Быстрое развитие искусственного интеллекта, робототехники и машинного обучения поставило библиотечное сообщество Великобритании на грань экспоненциального роста интеллектуальной автоматизации.

Голосовые интерфейсы для новостей и книг становятся все более интеллектуальными и синхронными. Эти системы используют семантическую и естественную обработку языка, наряду с пользовательскими данными, чтобы предвидеть действия пользователя. Это поднимает актуальные вопросы для библиотечно-информационного сектора, особенно касающиеся происхождения и достоверности информации. Обязанность публичной библиотеки как специалистов в области информации - критически осмыслить роль, которую библиотеки могут или должны сыграть в оснащении исследователей и учащихся всех возрастов инструментами и навыками, которые им могут понадобиться для навигации по этому новому информационному ландшафту. Кроме того, важно изучить, как эти инновации могут работать в библиотеке будущего вместе с профессионалами, но не вместо них.

Адаптация библиотек к миру искусственного интеллекта аналогична тому, как технология RFID (RFID – способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках) привела к увеличению числа машин самообслуживания и увеличению продолжительности рабочего дня, когда наиболее разумной формой баланса может быть объединение автоматизации транзакционных услуг с предоставлением услуг, профессиональных навыков и опытных предложений от специалистов библиотеки.

Таким образом, эти тенденции указывают на растущую роль публичных библиотек как хранителей надежных и авторитетных гражданских данных. Одной из ролей для «единого цифрового присутствия», которое требует дальнейшего рассмотрения, может быть предоставление гражданам Великобритании центра данных или, по крайней мере, удобной точки доступа к хранилищам данных, которые находятся в Британской библиотеке (*the British Library*), Национальной библиотеке Шотландии (*the National Library of Scotland*), Национальной библиотеке Уэльса (*the National Library of Wales*), Северной Ирландии (*Libraries NI*) и других.

Список используемых источников

1. Essential Digital Infrastructure for Public Libraries in England: 2015 // [librariesconnected.org.uk](https://www.librariesconnected.org.uk) [Сайт]. URL: https://www.librariesconnected.org.uk/sites/default/files/Essential%20Digital%20Infrastructure%20for%20Public%20Libraries%20in%20England_0.pdf (дата обращения: 05.04.2020).

2. Deloitte Insights, Digital Media Trends Survey: A New World of Choice for Digital Consumers. USA, 2018.

3. PWC, Consumer Insights Survey 2018 [Электронный ресурс]. URL: www.strategybusiness.com/feature/Competing-forShoppers-Habits?gko=e65db&utm_source=itw&utm_medium=20190108&utm_campaign=resp (дата обращения: 05.04.2020).

4. Corporate report Libraries Deliver: Ambition for Public Libraries in England 2016 to 2021 – Updated 28 September 2018 // gov.uk [Сайт]. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/libraries-deliver-ambition-for-public-libraries-in-england-2016-to-2021/libraries-deliver-ambition-for-public-libraries-in-england-2016-to-2021#the-outcomes-libraries-deliver-for-their-communities> (дата обращения: 02.04.2020).

УДК 37.02
ГРНТИ 14.35.09

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

О. М. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена использованию компьютерных игр в обучении иностранному языку. Включение интернет-технологий в образовательный процесс рассматривается в данной работе как мотив к качественному освоению иностранного языка студентами технических факультетов. В статье дается определение терминов «игра», «компьютерная игра». Рассмотрено положительное и отрицательное влияние компьютерных игр на личность студента.

интернет-технологии, обучение иностранному языку, мотив, компьютерная игра, игра, студент технического факультета.

Переход к обществу, которое характеризуется явным повышением роли интернет-технологий является важнейшей особенностью нашего времени. Интернет-информация выходит на передний план и является приоритетной ценностью во всех областях знаний, в связи с этим перед каждым преподавателем стоит задача сформировать специалиста, способного быстро ориентироваться в нескончаемом потоке данных, находить нужное и грамотно применять полученную информацию.

От преподавателей требуется переосмысление существующих форм и методов обучения и воспитания студентов. Подразумевается, что современный преподаватель готов к педагогическим инновациям и стремится использовать инновационные подходы в учебном процессе. Считается, что современная концепция высшего образования состоит в переходе от знание-ориентированного к компетентностному подходу. Одной из основных целей

обучения иностранным языкам является развитие информационной компетенции, включающей в себя умение ориентироваться в современной информационной среде, умение искать, отбирать и критически анализировать ресурсы интернета, умение общаться с помощью современных средств коммуникации.

На наш взгляд, информационная компетенция непосредственно связана с включением интернет – технологий в учебную деятельность, что является не только ещё одним методом обучения, способным разнообразить учебный процесс, но и мотивом к качественному освоению иностранного языка студентами технических факультетов.

Процесс формирования мотива начинается с возникновения потребности обучающегося. Далее происходит актуализация психологических образований личности (интересов, склонностей, ценностей, установок и т. д.), обеспечивающих обоснованный выбор способа удовлетворения потребности. Заканчивается формирование мотива возникновением намерения и побуждения к достижению цели.

Е. П. Ильин выделяет следующие представления о сущности мотива:

- 1) мотив как потребность;
- 2) мотив как цель;
- 3) мотив как побуждение;
- 4) мотив как намерение;
- 5) мотив как устойчивые свойства;
- 6) мотив как состояние;
- 7) мотив как формулировка;
- 8) мотив как удовлетворенность.

Хотелось бы остановиться на формулировке «мотив как состояние» – «мотивом является любое состояние организма, которое имеет влияние на его готовность к началу или продолжению определенного поведения» [1]. Доказано, что существует прямая взаимосвязь мотивов и эмоций. На возникновение мотива влияют как положительные, так и отрицательные эмоции. При использовании интернет-технологий в обучении иностранному языку, студенты технических факультетов погружаются в знакомую среду, а, следовательно, они испытывают положительные эмоции, что способствует лучшему изучению материала.

Примером интернет-технологий является компьютерная игра. Компьютерные игры повышают заинтересованность студентов в изучении иностранного языка, как с помощью преподавателя, так и самостоятельно.

Следующие зарубежные и отечественные авторы, проводили исследования в сфере дидактики игровых технологий и методики компьютеризации процесса обучения: Д. Диксон, Р. Халед, С. Детрединг, М. А. Китайгородская, Д. Б. Эльконин, А. Марцевски, Ю. П. Олейник, Д. Дичева и др.

Под термином «Игра» будем понимать «деятельность, в которой воссоздаются социальные отношения между людьми, такое воссоздание человеческой деятельности, при котором из нее выделяется ее социальная, собственно человеческая суть – ее задачи и нормы отношений между людьми» [2].

Обратимся к словарям и определим понятие и роль компьютерной игры.

Белавина И. Г. под компьютерной игрой понимает «компьютерную программу или часть компьютерной программы, служащую для организации игрового процесса, связи с партнерами по игре или саму выступающую в качестве партнера» [3].

Энциклопедический словарь относит компьютерную игру к «одному из основных и массовых применений микропроцессорной вычислительной техники, относящейся к досугу, воспитанию и образованию» [4].

Соответственно, компьютерная игра – компьютерная программа, имитирующая реальные ситуации с помощью компьютерных технологий, и предназначенная для активизации учебного процесса. Различие между компьютерной игрой и обычной игрой состоит в создании искусственной среды и определения индивидуальной траектории обучения иностранному языку. Студенты технических факультетов в процессе компьютерной игры вынуждены принимать самостоятельные решения для успешного ее прохождения, что способствует развитию личности студентов.

Эффективными для изучения иностранного языка можно назвать те игры, в которых акцент сделан на общение между героями, а сюжет – это увлекательная история с проработанными персонажами.

Компьютерные игры имеют следующие особенности:

- профессионально озвученные диалоги на иностранном языке с субтитрами;
- наличие большого объема текста в виде различных записей, инструкций, писем, дневников и т. д.;
- продолжительность игры, позволяющая привыкнуть к особенностям текста, голосам, произношению персонажей;
- вовлечённость игрока в процесс. Студенту интересно знать, о чём говорят главные герои, как будут разворачиваться события, чем закончится история;
- возможность игрока повлиять на дальнейшее развитие сюжета, иногда от его решений напрямую зависят судьбы героев и развязка истории.

Выделяется три типа компьютерной игры:

- игра с видом «из глаз» компьютерного героя, способствует быстрой идентификации студента с персонажем, полное вхождение в роль, погружение в виртуальную реальность игры;

– игра с видом извне на «своего» компьютерного персонажа. Играющий видит «себя» со стороны, управляя действиями этого персонажа;

– руководительская игра. В этих играх игроку предоставляется возможность руководить деятельностью подчиненных ему компьютерных персонажей (командир отряда спецназа, главнокомандующий армиями, глава государства и т. д.). При этом студент не видит на экране своего компьютерного героя, а сам придумывает себе роль.

Рассмотрим преимущества использования компьютерной игры в процессе обучения студентов иностранному языку:

– успешное завершение задания вызывает у студента положительные эмоции и мотивирует к продолжению игры и, как следствие, дальнейшему изучению иностранного языка;

– обогащение лексического запаса, быстрое запоминание новой лексики из-за частого повторения;

– интерактивность игры. Происходит постоянное взаимодействие с другими персонажами: следование их указаниям, выбор строчки в диалоговых ветках;

– разнообразие игр (средневековые конфликты, футуристические войны, детективные расследования и т. д.).

Если затрагивать вопрос о месте компьютерной игры на занятии иностранного языка, то необходимо отметить, что игру необходимо проводить на завершающей стадии изучения иноязычного материала, так как студенты должны знать все необходимые слова, речевые обороты и грамматические конструкции. Использование компьютерной игры предполагает предварительное усвоение языкового материала в тренировочных упражнениях и развитие соответствующих умений и навыков. Компьютерные игры можно использовать при закреплении материала, или в качестве контрольного среза при проверке умений использовать языковые единицы в речевых ситуациях. Компьютерные игры, как и фильмы можно рекомендовать студентам в качестве материала для аудирования. При недостаточно развитых навыках аудирования, предлагается опора на субтитры, которые есть в каждой игре. Кроме того, действует закономерность: чем увлекательнее произведение, тем более замотивирован студент в прохождении игры до конца, что способствует эффективному изучению нового иноязычного материала.

Нельзя не упомянуть и об отрицательной стороне компьютерных игр. С каждым днем игры становятся все реалистичнее и нужно признать, что они очень сильно могут повлиять на личность студента. В компьютерной игре студент не пассивный зритель, а активно действующее лицо, подчиняющееся подчас жестким, иллюзорным законам. Чем больше студент играет, тем больше он подвержен зависимости от компьютерных игр.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) во время 72-й сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения постановила считать «игровое расстройство» болезнью. Человек считается игроманом, если игры начинают негативно воздействовать на его жизнь, перекрывая прочие жизненные интересы, а также вызывают нарушения в профессиональной, социальной или иных сферах деятельности.

Постоянный контакт с компьютером заставляет студента отдалиться от окружающего мира: родных, друзей, коллег. Для таких людей игра становится заменой реального мира. Также студенты, имеющие симптомы компьютерной зависимости, быстро переутомляются, часто имеют боли в ногах и суставах пальцев рук, у них отмечаются ухудшение зрения, повышенная возбужденность и бессонница.

Таким образом, нет однозначного мнения о положительном или отрицательном влиянии компьютерных игр на студентов. Однако, как известно, когда дует ветер перемен необходимо ставить не стены, а паруса. Только при правильном подходе компьютерные игры с использованием иноязычного интерфейса будут способствовать совершенствованию знаний иностранного языка. Компьютерные игры можно рассматривать как дополнительно мотивирующий инструмент при обучении иностранному языку, но только при соблюдении баланса между традиционным академическим подходом (групповые, индивидуальные занятия, выполнения различных видов упражнений и т. д.) и развлекательным.

Список используемых источников

1. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2006. 512 с.
2. Евтюгина А. А. Деловое общение: от стиля к жанру // Социокультурное пространство России: общество, образование, язык. 2013. Вып. 2. С. 59–70.
3. Белавина И.Г. Восприятие ребёнком компьютера и компьютерных игр // Вопросы психологии. 1993. № 3. С. 62.
4. Большая электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vedu.ru/BigEncDic/> (дата обращения: 26.01.2020).

УДК 94 (4)
ГРНТИ 03.91

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «КОРОЛЕВСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЕЛЕГРАФНОЙ КОМПАНИИ» ШВЕЦИИ

И. А. Цвериянашвили

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается формирование и деятельность компании Televerket, которая была основана в середине XIX в. как «Королевская электрическая телеграфная компания» - будущее ведущее телекоммуникационное предприятие и государственный монополист в области связи в королевстве Швеция. Достижения научно-технического прогресса, такие как появление электрического телеграфа и телефонии, а также широкая поддержка со стороны правительства, позволили компании в короткие сроки стать монополистом в сфере услуг связи, что фактически продолжалось до 1990-х гг. Пройдя ряд технических и организационных изменений, сегодня данная компания является частью финско-шведского телекоммуникационного предприятия Telia и играет заметную роль на рынке услуг связи в ряде европейских и азиатских стран.

телеграф, связь, Швеция, телекоммуникации, история связи.

В контексте изучения развития отрасли связи и телекоммуникаций зарубежных стран, представляется важным изучение передового опыта европейских государств, достигших немалых успехов в сфере телекоммуникаций и технологий связи. Опыт Швеции в контексте основания и развития «Королевской электрической телеграфной компании» представляется интересным для изучения того, как создавалось и менялось учреждение, почти 150 лет обеспечивавшее монополию на рынке услуг связи данной скандинавской страны, что и будет проиллюстрировано далее в работе. История будущей компании «Televerket» началась в ноябре 1853 г., когда между столицей Швеции Стокгольмом и университетским городом Уппсала была проложена первая в стране линия электротелеграфа, а само предприятие называлось «Королевская электрическая телеграфная компания» (швед. Kongliga Elektriska Telegraf-Werket) [1]. Электромагнитный телеграф, разработанный Павлом Львовичем Шиллингом (1786–1837) в начале 1830-х гг. и доработанный рядом других учёных, пришел на смену оптическому телеграфу и его модификациям, улучшив скорость и надежность передачи данных. Инфраструктура Королевской электрической телеграфной компании активно развивалась и уже спустя 5 лет Швеция была соединена телеграфной линией с Российской империей, через пограничный финский город Торнио. За год

до этого события телеграфные линии достигли шведской Лапландии в Хапаранде и острова Готланд, который соединился с материком через города Клинтехамн и Вестервик. Важнейшую роль в открытии и развитии первого государственного телеграфного ведомства сыграл инженер, картограф и бывший генерал шведской армии Карл Фредрик Акрелль [2] (1779–1868), ставший его первым директором. Отметим, что в Швеции, в отличие от России, получил широкое распространение английский коммерческий телеграфный аппарат системы Чарльза Уитстона (1802–1875) и Уильяма Кука (1806–1879).

Естественное развитие компании привело к открытию второй телеграфной линии между шведским королевством и Российской империей в 1877 г. – через архипелаг Аландских островов к городу Нюстад на побережье Ботнического залива. К этому моменту название предприятия стало короче и стало называться Королевской телеграфной компанией (швед. Kongl. Telegrafverket). В последней трети XIX в. на рынке связи произошли изменения в связи с началом повсеместного использования телефонии. Телефонное подразделение компании открылось в 1880 г. и начало использовать телефонные аппараты системы Ларса Магнуса Эрикссона [3] (1846–1926), а не более распространенные в Европе и США аппараты Александра Грэма Белла (1847–1922). К началу последнего десятилетия XIX в. стокгольмская телефонная сеть стала крупнейшей в Европе, а сама компания проложила специальную телефонную сеть для нужд национального правительства. К концу века складывается и семичастное районирование Швеции для удобства развития и обслуживания инфраструктуры связи. Районы были названы по находившихся в них крупнейшим городам и географически располагались с юга на север: Мальмё (1-й район), Гётеборг (2-й район), Норрчёпинг (3-й район), Стокгольм (4-й район), Евле (5-й район), Сундсвалль (6-й район), Лулео (7-й район). Уже в начале XX в. Королевская телеграфная компания стала фактически монополистом на рынке услуг связи в стране, и ни одна другая коммуникационная компания не могла соревноваться с ней в охвате и инфраструктурных мощностях. Продолжалось и географическое распространение компании – осенью 1893 г. было установлено постоянное телефонное соединение с Норвегией, в декабре того же года – с Данией. В 1903 г. были протянуты телефонные кабели между Швецией и Германией, соединившие Стокгольм, Норрчёпинг и Эребру с Гамбургом и Любеком, Гётеборг – с Бременом, Штеттином и Штральзундом, а Мальмё и Хельсинборг – с Берлином. К 1918 г. в связи с покупкой Стокгольмской телефонной акционерной компании общего пользования (швед. Stockholms Allmänna Telefonaktiebolag) компания стала абсолютным монополистом на рынке связи страны [4]. На протяжении всего этого времени, компания не только укреплялась экономически, но и не прекращала совершенствовать инфраструктуру, двигая отрасль связи вперед.

Развитие многоканальной связи, начавшееся после Первой мировой войны, в кратчайшие сроки достигло Швеции, и первая подобная линия была введена в эксплуатацию на участке Стокгольм-Мальмё в 1921 г. В этом же десятилетии компания начинает установку в стране автоматических телефонных станций, первое оборудование такого типа было установлено в Стокгольме в 1924 г. В 1953 г. произошло предпоследнее переименование в истории предприятия и Королевская телеграфная компания стала называться Televerket, избавившись от титула «королевский» и став созвучнее актуальным терминам «электросвязь» и «телекоммуникации». В середине XX в. происходит важное событие в истории научного прогресса Швеции – в 1956 г. Televerket открывает первую сеть мобильной связи в стране (швед. Mobiltelefonisystem A), на базе которой будут функционировать все подобные сети и совершенствоваться стандарты сотовой связи. Шведские стандарты сотовой связи MTA, MTB, MTC и MTD, разработанные под руководством профессора Каролингского технологического института Хокана Стэркю (1900–1992), позже лягут в основу общескандинавского стандарта связи NMT, которому позже придёт на смену общеевропейский стандарт GSM. В том же 1956 г. Швеция соединилась с США трансатлантическим телефонным кабелем, что существенно облегчило связь между двумя государствами. Во второй половине 1960-х гг., при поддержке министра транспорта и связи Улофа Пальме (1927–1986), Televerket открывает дочернее предприятие Swedtel, в чью сферу деятельности вошли вопросы оказания консультационных услуг в области связи молодым развивающимся странам, что стали результатом деколонизации в Азии, Африке и т. д. Подобный проект грамотно сочетался и с гуманитарной деятельностью Швеции, её активно нарождавшимся статусом мирной державы-посредника. Деятельность данного предприятия во многом поможет Televerket в 1990-х гг., когда за компанией закрепится имидж надежного партнёра в вопросах телекоммуникаций и связи, активно помогавшему становлению отрасли в Замбии, Эфиопии, Саудовской Аравии, Таиланде, Иране, Ливии, Кении, Уганде, Танзании и прочих странах [5].

В конце XX в. монополия Televerket стала ослабевать в связи с политикой правительства, направленной на либерализацию рынка телекоммуникаций. В 1993 г. произошло ещё одно переименование в истории компании и государственное предприятие Televerket стало акционерным обществом Telia AB [6]. Именно Telia стояла за активным развитием коммерческой интернет-инфраструктуры в Швеции. Объединившись с финской телекоммуникационной компанией Sonera в декабре 2002 г., компания обрела почти законченный вид, уже в 2017 г. целиком отказавшись от бренда Sonera и став использовать название Telia Company. Объединение ведущих финской и шведской телекоммуникационных компаний может также служить

успешным примером региональной интеграции и взаимовыгодного сотрудничества бизнес-структур на севере Европы. На сегодняшний день эта компания широко представлена на рынках телекоммуникационных услуг Швеции, Эстонии, Дании, Финляндии, Норвегии, Литвы, Латвии, Испании, Турции, Молдовы, Узбекистана и других стран. В Российской Федерации компания более 20 лет владела весомой долей акции компании «Мегафон», окончательно продав их в 2017 г.

Таким образом, история предприятия Telia Company, в начале своего пути известного как «Королевская электрическая телеграфная компания», является отражением истории европейского и мирового научно-технического прогресса, активного развития сферы телекоммуникаций, а также отражением истории Швеции.

Список используемых источников

1. Westrin Th. Nordisk familjebok / UGGLEUPPLAGAN. 28. Syrten-vikarna – Tidsbestämning. Stockholm: Nordisk familjeboks förlags aktiebolag, Nordisk familjeboks tryckeri, 1919. 892 s.
2. Hofberg H. Svenskt biografiskt handlexikon. Stockholm: Albert Bonniers förlag, 1906. 815 s.
3. Hemming J. Lars Magnus Ericsson: några biografiska data. Stockholm: LM Ericsson, 1946. 39 s.
4. Halstead A. Important Swedish Telephone Merger // Commerce Reports. 1918. N 213. Pp. 952–953.
5. Geary J., Martin-Löf J., Sundelius C.-G., Thorngren B. The history of Telia [Электронный ресурс]. URL: <http://thorngren.nu/wp-content/uploads/2014/03/The-History-of-Telia.pdf> (дата обращения: 13.01.2020).
6. Kaijser A. När telekriget kom till Stockholm [Электронный ресурс] // Populär Historia, 1999. N 1. URL: <https://populärhistoria.se/teknik/uppfinningar/nar-telekriget-kom-till-stockholm> (дата обращения: 15.01.2020).

*Статья представлена заведующим кафедрой ИРВ СПбГУТ,
кандидатом исторических наук, доцентом С. А. Лосевым.*

УДК 504.75.06
ГРНТИ 87.51

ВЛИЯНИЕ ЕВРОПЕЙСКИХ ЦЕЛЕЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ВЫБРОСОВ СО₂ НА АВТОМОБИЛЬНЫЙ РЫНОК ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

И. А. Цвериганашвили, М. В. Южаков

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Согласно грядущим новым экологическим нормам ЕС, автомобильным производителям предстоит снизить средние выбросы углекислого газа легковыми автомобилями до 95 г/км для 95 % автомобилей к 2020 (для 100 % – к 2021 году), и для всех автомобилей до 59 г/км к 2030 году. Европейские производители, скорее всего, не смогут этого добиться и будут превышать данный показатель на 3-5 г/км в 2020–2021 гг., что приведет к выплате ими многомиллиардных штрафов. Это может значительно изменить баланс сил на автомобильном рынке Западной Европы. Среди экстренных мер европейскими производителями могут быть предприняты увеличение доли ULEV (англ. Ultra-Low Emission Vehicle) автомобилей, гибридизация существующих автомобилей, создание новых электрических автомобильных платформ, облегчение автомобилей за счет повышения долей современных материалов в кузовных деталях и силовой структуре кузова.

автомобильный рынок, сокращение выбросов, экологические нормы, гибридный автомобиль, электрический автомобиль.

Согласно резолюции Европейского Парламента (EU) 2019/631, автомобильным производителям предстоит снизить средние выбросы углекислого газа легковыми автомобилями и фургонами до 95 граммов на километр пути для 95 % автомобилей к 2020, и полностью – к 2021 году [1]. Затем эти цифры ужесточатся еще на 15 % к 2025 году, и на 37,5 % – к 2030 году. Данные ограничения являются беспрецедентными и самыми жесткими в мире. Это может иметь далеко идущие последствия как для европейских автопроизводителей, так и для населения Западной Европы.

Комментируя последствия принятия закона, исследование Euler Hermes выделяет три следующих вызова, для которым автопроизводителям придется искать пути решения [2]:

1) Индустриальный. Пока еще ни один европейский автопроизводитель не довел долю продаж гибридов и электроавтомобилей до 25–30 %, что позволило бы им уложиться в текущие нормы по выбросу углекислого газа.

2) Финансовый. Если бы штрафы из 2021 года ввели бы для автопроизводителей уже в 2018 году, суммарно им пришлось бы заплатить 30 миллиардов евро, что составляет 45 % от их суммарной чистой прибыли. Кроме

того, гибридизация и электризация существующих автомобильных платформ также повлечет за собой многомиллиардные расходы.

3) Спад продаж. Все эти издержки неизбежно повлекут за собой рост цен, и как следствие, падение продаж на 9 % к концу 2020 года и на 18 % к 2025 году. Это снизит ВВП Германии и Франции на 0.1 п.п. и поставит под угрозу 160 000 рабочих мест [2]. Данная оценка является достаточно консервативной и была дана еще до вспышки COVID-2019, которая неизбежно снизит спрос и заставит сократить расходы еще сильнее.

В то время как практически всем азиатским автопроизводителям с большой долей вероятности удастся достичь этого показателя и даже превзойти его, немецкая «большая тройка» автопроизводителей, скорее всего, не сможет добиться необходимого снижения выбросов и будет превышать нормы на 3–5 г/км в 2020–2021 гг., что приведет к выплата ими многомиллиардных штрафов. Это может значительно изменить баланс сил на автомобильном рынке Западной Европы: от взлета продаж авто мобилей японских производителей, таких как Toyota, которые начали массово выпускать гибриды и электромобили задолго до европейцев, до приостановки всеобщего тренда на «кроссоверизацию», перекройки модельного ряда большинства марок и ухода части производителей с европейского рынка.

Говоря о мерах, которые могли бы быть предприняты автопроизводителями, то ещё с начала нулевых годов ведутся непрерывные исследования и разработки, направленные на повышение КПД двигателей и трансмиссий, Тем не менее, предел эффективности традиционного ДВС практически достигнут, и каких-то прорывов в этом направлении ожидать не приходится. Дальнейшее повышение количества передач в КПП (больше, чем 8–10) также не имеет смысла из-за увеличения веса и кратного усложнения механизмов. Сильно влияет на экономичность облегчение автомобилей за счет повышения долей алюминия, композитов и АHS-сталей в кузовных деталях и силовой структуре кузова. Так, доля высокопрочных и сверхвысокопрочных сталей в силовой структуре кузова сопоставимых автомобилей с конца 90-х возросла с 40 до 70 %, доля алюминия в кузовных панелях с практически нуля до 30 %, но инноваций уровня 90-х годов в металлургии ждать не приходится.

Среди экстренных мер европейскими производителями могут быть в первую очередь предприняты прекращение производства наиболее мощных автомобилей, создающих самую большую долю выбросов CO₂. В основном, это коснется премиумных моделей с двигателями V12 [3], которые практически невозможно привести к соответствию ужесточившимся требованиям по выбросам [4]. Данные двигатели окончательно перейдут в разряд роскоши и, скорее всего, на некоторое время останутся только в автомоби-

лях наподобие Maybach и Rolls-Royce, где потребитель готов доплатить заложенный в цену дополнительный экологический «налог на сверхроскошь», прежде чем полностью исчезнут как класс.

Самой эффективной мерой может стать увеличение доли ULEV (Ultra-Low Emission Vehicle, автомобили, выбросы которых составляют < 75 г/км), тем более что каждый из них на данный момент учитывается как два при подсчете среднего количества выбросов. Самый простой подход к созданию гибридов – гибридизация существующих автомобилей с ДВС путем добавления дополнительной силовой установки, включающей в себя 48-вольтовый стартер-генератор, тяговую батарею и устройство для рекуперации энергии при торможении (т. н. MHEV, MildHybrid Electric Vehicle) [5]. Производители имеют разные взгляды на производство полностью электрических автомобилей. В то время как некоторые производители (включая VAG и Daimler AG) создают чисто электрические платформы, некоторые, в частности, BMW, создают интегрированные, которые могут быть оснащены как классическим ДВС с гибридным довеском, так и полностью электрической силовой установкой [6]. В условиях текущей неопределенности, данная стратегия может быть более выигрышной, так как она не требует дорогостоящих инвестиций в переоборудование производств.

Список используемых источников

1. Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO2 emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011 (Text with EEA relevance.) [Электронный ресурс] // URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0631> (дата обращения: 21.01.2020).

2. The View: Economic Research. New CO2 emission regulations in Europe: a perfect storm for car manufacturers? [Электронный ресурс] // URL: https://www.eulerhermes.com/content/dam/onemarketing/euh/eulerhermes_com/erd/publications/pdf/20190524-TheView-CarRegulation.pdf (дата обращения: 21.02.2020).

3. Mercedes-AMG SL 63 Production Allegedly Stops At End Of Month [Электронный ресурс] // URL: <https://www.motor1.com/news/350899/mercedes-sl-63-production-end/> (дата обращения: 21.02.2020).

4. BMW: ‘Incredibly Difficult’ To Keep V12 Alive After 2023 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.motor1.com/news/317530/bmw-7-series-v12-engine/> (дата обращения: 18.03.2020).

5. Mild Hybrid Technology (MHEV) [Электронный ресурс] // URL: <https://www.audi-technology-portal.de/en/mobility-for-the-future/hybrid-vehicles/audi-q8-mild-hybrid-technology-mhev> (дата обращения: 18.03.2020).

6. BMW re-affirms position against electric-only platform [Электронный ресурс] // URL: <https://europe.autonews.com/automakers/bmw-re-affirms-position-against-electric-only-platform> (дата обращения: 18.03.2020).

*Статья представлена заведующим кафедрой ИРВ СПбГУТ,
кандидатом исторических наук, доцентом С. А. Лосевым*

УДК 304.2
ГРНТИ 02.41.41

О БЮРОКРАТИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

С. А. Чернов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

С позиций социальной философии рассмотрена сущность феномена бюрократии как одного из способов коммуникации, власти и управления, а также особенности бюрократизма и канцелярщины в современной российской системе высшего образования. Показано, каким образом необходимое зло бюрократии в общем деле образования и воспитания приобретает вырожденную форму, не только понижающую эффективность совместной деятельности, но и парадоксальным образом препятствующую достижению собственной цели и порождающую одну из форм социального паразитизма.

социальная философия, бюрократия, высшее образование, социальный паразитизм.

Бюрократия, как форма коммуникации, власти, управления, принуждения, контроля и достижения общей цели была изобретена в древневосточных цивилизациях, вместе с государством, письменностью, науками и жреческой, храмовой религией [1, с. 249–256]. В наше время эта невидимая социальная мегамашина универсальна и вездесуща.

Бюрократия – необходимое социальное зло, как тюрьма или армия. Она закономерно и необходимо возникает при расширении и усложнении социальной общности. Избавиться от неё невозможно, однако можно и нужно удерживать её в разумных пределах и противостоять её вырождению в средство насилия, социального неравенства, эксплуатации и паразитизма «праздного класса» [2], вновь созданного в России.

Бюрократия необходима для объединения и подчинения одной цели деятельности множества людей, разъединённых в пространстве и во времени. Бюрократия – власть на расстоянии, опосредствованная коммуникация посредством «документов» и «чиновников».

Бюрократия, как показал М. Вебер, – рациональный элемент в совместной жизни людей [3, с. 261–264], поскольку она объединяет и упорядочивает разрозненную, разнесённую в пространстве и во времени деятельность отдельных людей. Благодаря бюрократии, например, появились стандарты мер и весов, необходимые для обмена товарами. Благодаря безлично-универсальным нормам общение людей становится более упорядоченным, их поступки – более предсказуемыми, что приносит выгоду всем. Ритуалы, учил Конфуций, необходимо для блага общества.

Бюрократия естественно возникает из потребности мобилизовать людей, не знакомых друг с другом, согласовать их деятельность, распределить

работу, определить отдельные функции и операции ради достижения общей цели. Возникает необходимость властвовать (принуждать), управлять, контролировать, наказывать и награждать. Возникают идеи «приказа», «команды», «распоряжения» и других властных актов начальства (руководства) и выполнения их подчинёнными. Смысл бюрократии – в повиновении (в цепочке иерархии или субординации) нижестоящих – вышестоящим, в подчинении многочисленной периферии – одному центру. Каждый человек, как исполнитель, должен действовать как механическая деталь одной большой социальной машины. Каждый винтик и каждая шестерёнка должны быть надлежащей формы, нужного размера, занимать своё место, выполнять свою заранее определённую функцию. Отсюда – необходимость точного воспроизведения приказа, передаваемого по бюрократической иерархии, и точное его выполнение, исключаящее самостоятельность и независимость. Природа бюрократии требует документа (точное воспроизведение приказа), инструкции и отчёта. Личные особенности и способности человека игнорируются, обесцениваются, нивелируются, подчиняются стандартным схемам. Человек становится абстрактным – исполнителем воли вышестоящего, в нём видят и ценят лишь его функцию, его место в социальной машине.

Наиболее полное воплощение идеи бюрократии – армия. Приказ должен быть выполнен беспрекословно, точно и в срок. Все офицеры – чиновники военной бюрократии. Примечательно, что идеал бюрократии воплощён в организации, суть которой – насилие, цель которой – не созидать, а разрушать, не учить и развивать человека, как высшую ценность, а убивать его, как врага. Для идеальной бюрократической системы необходим детально разработанный порядок: только он позволяет и отдавать приказы, и точно выполнять их, и проверять исполнение, и награждать или наказывать. Не случайно фашизм, одна из наиболее совершенных форм бюрократической организации, нашёл самую благоприятную почву в нации, для которой «порядок превыше всего».

Бюрократия хочет контролировать всё и полностью подчинить жизнь людей воле «руководства». Она естественным образом впадает в «регламентационное безумие», по выражению М. Крозье [4, с. 29]. Её идеал – принцип «всё, что не предписано, запрещено». Люди должны делать только то, что приказано, заранее предусмотрено начальством. Умножение, ради «порядка», числа внутренних нормативных актов организации в виде многочисленных «положений» и «инструкций» – очевидный признак усиливающейся бюрократизации. Бюрократический ошейник хотят надеть на каждого, и каждого пытаются вести на поводке. Не поощряется и даже подавляется любое проявление самостоятельности и независимости, не ценятся оригинальность и творчество, не уважается достоинство личности. Величествен-

ные исторические образцы бюрократических машин показывают невероятную способность человека выносить скучное однообразие, подтверждая мысль Достоевского: человек – существо, привыкающее ко всему.

Однако эта объективная тенденция бюрократии имеет свой естественный предел. Страшный опыт того же фашизма, в особенности организации концентрационных лагерей, показал: если человек приучается жить только согласно инструкциям и распоряжениям начальства, он постепенно утрачивает способность самостоятельного существования и погибает, лишаясь тем самым для начальства всякой ценности. Выживали в лагерях только те, кто сумел создать себе хотя бы минимальную сферу автономного, «самозаконного» существования, подчиняясь правилам, свободно установленным самому себе. Другой опыт парадоксальных забастовок усердия показал, что если работники демонстративно делают только то, что положено по инструкции, то деятельность организации полностью парализуется [3, с. 25]. Этот опыт наводит на мысль, что бюрократия может существовать лишь паразитируя на том, что стремится уничтожить – на самостоятельности, творчестве, свободе человека. Опереться бюрократ может лишь на того, кто оказывает ему сопротивление.

Бюрократизм (канцелярщина) – это чрезмерное разрастание и вырождение, деградация бюрократии, социальное извращение, которое начинается с отчуждения администратора от коллектива, создания дистанции между администрацией и работниками. Возникает система власти и привилегий чиновничества, которое ставит себя над обществом как особое сословие. Интересы государства (единства общества) подменяются частными интересами чиновников. Государственные задачи превращаются в бумажно-канцелярские. Реальные проблемы «решаются» на бумаге, в виде отчетов о проделанной работе. Бюрократия начинает обслуживать саму себя, разрушая тем самым свою же собственную основу. Она превращается в огромного социального паразита, обескровливающего социальный организм, ослабляющего и разрушающего его. Впечатляющий пример такого рода – судьба партийной бюрократии в СССР, превратившей живую, сильную, демократичную и творческую партию большевиков в бессильного социального монстра административно-командной системы, настоящего колосса на глиняных ногах.

Другой естественный предел бюрократических устремлений обусловлен неизбежным формализмом бюрократии. Администратор в принципе не может охватить всё многообразие и сложность якобы управляемого и контролируемого им процесса. Поэтому все его усилия сосредоточиваются на форме, а не на самом деле и его содержании. Формальные усилия могут быть полезными, если они налагают на необозримое многообразие деятельности фундаментальные запреты – чтобы свобода одного была совместима со свободой всякого другого. Отрицательный принцип «разрешено

всё, что не запрещено» открывает неограниченные возможности творчества, и тем самым – прогресса, развития, совершенствования. Бюрократ, однако, не знает такого слова. Желание управлять и контролировать, награждать и наказывать, утверждать и демонстрировать свою власть над другими приводит к бессмысленным попыткам положительно определить в виде формальных (в силу некомпетентности) предписаний содержание деятельности. Подобное стремление неизбежно приводит к тому, что некомпетентные в науке и преподавании чиновники предписывают профессионалам, какие компетенции они должны сформировать в студентах. Форма должна быть подчинена содержанию процесса, поэтому определить форму может лишь профессионал, владеющий содержанием. Бюрократ соблюдает форму ради формы (распоряжения начальства) и приносит содержание в жертву очередному циркуляру.

Бюрократия ничего не производит. Администратор не работает, а смотрит, как работают другие. Бюрократизм превращает рядового администратора, обслуживающего реальное дело в качестве одного из его организаторов, во владельца плантации, надсмотрщика или погонщика мулов. Бюрократизм держится на системе приёмов, создающих иллюзию её главенствующего положения в деле как руководителей. Один из таких приёмов, к примеру, – идея «утверждения» документов. В действительности и само дело, и даже документ делают другие. Всё сделали другие, а начальник написал сверху «утверждаю», т. е. якобы не только работал вместе с другими, но даже возглавил весь процесс. Идея позволяет паразитировать на работе других, а добросовестного администратора нагружает бессмысленной механической работой. Там, где администрация не поражена бюрократизмом, документ (рабочую программу дисциплины, например) подписывает внизу только один человек – тот, кто его написал. Автор и несёт за него полную ответственность. Там, где воцарилась бюрократия, рабочую программу подписывает люди, не имеющие к ней никакого отношения, а верховный руководитель учебного процесса «утверждает» и должен подписать тысячи (sic!) никому не нужных единообразных, составленных по шаблону «программ» дисциплин, с которыми он не знаком.

В основе вузовского бюрократизма лежит отношение администратора к преподавателю как объекту контроля и управления, как к подчинённому, которому надо указывать, которым надо управлять, который должен выполнять и отчитываться, и поскольку он не желает делать навязанную ему бессмысленную (вернее, нужную только чиновнику) бумажную работу, он постоянно оказывается виноватым «должником», его следует постоянно проверять и наказывать. Подобное отношение показывает, что университет находится на ложном пути бюрократизации и качество его работы будет лишь падать. Невозможно повысить качество преподавания бюрократическим методом: посредством создания новой бюрократической структуры,

департамента качества, поскольку все его многочисленные сотрудники не работают в аудитории, не пишут учебников, не занимаются наукой, а потому могут лишь мешать преподавателям, требуя от них составления бумаг, не нужных ни студенту, ни преподавателю, не имеющих ни малейшего влияния на реальный учебный процесс. Повысить качество преподавания может лишь тот, кто преподаёт, и только он, как профессионал, знает, чему и как учить студентов. Учёный, квалифицированный преподаватель – царь и Бог университета, как высшего учебного заведения. Задача чиновника, администратора, всех служб университета – обеспечить преподавателю благоприятные условия работы. В аудитории должно быть тепло, светло, чисто, хорошо слышно, аппаратура должна работать, вода – литься из крана, учебный отдел должен правильно посчитать нагрузку, а бухгалтерия – зарплату и т. д. «Контрольное посещение» занятия администратором ещё более нелепо, чем его советы сантехнику, заменяющему смеситель в туалете. Администрация – светофор, регулирующий движение, чтобы автомобили не сталкивались и не давили пешеходов, хотя каждый водитель сам знает и сам определяет, как и куда ему ехать. Преподаватели нанимают администрацию для организации и обеспечения своей работы, и имеют право сменить её, если она ложно понимает свою миссию или плохо выполняет свои обязанности, пытается в качестве «руководства» помыкать преподавателями и паразитировать на их работе.

Распоряжения администрации надо выполнять, но бюрократизм, мешающий работе специалистов, извращающий всё дело обучения и воспитания, надо беспощадно искоренять. Лучшие средства в противостоянии бюрократизации – децентрализация, самоуправление, академическая автономия, демократия. В настоящем университете высшие ценности – профессионализм, научное исследование, истина, свобода, творчество. Бюрократизм, с его примитивным духом казармы, – их прямая противоположность.

Список используемых источников

1. Мамфорд Л. Миф машины. Техника и развитие человечества. М. : Логос, 2001. 416 с.
2. Веблен Т. Теория праздного класса. М. : Прогресс, 1984. 367 с.
3. Вебер М. Хозяйство и общество: очерки понимающей социологии: в 4 т. Т. 1. Социология. М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2016. 445 с.
4. Спиридонова В. И. Западные теории бюрократии и российская действительность // Бюрократия в современном мире: теория и реалии жизни / Под. ред. В. Н. Шевченко. М. : ИФРАН, 2008. С. 7–62.

УДК 316.4.057.2
ГРНТИ 04.51.54

СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОГО НЕРАВЕНСТВА

Ю. А. Черныш

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В статье рассматриваются основные проявления социального неравенства, детерминируемые развитием информационного общества в России. Цифровое неравенство анализируется как трехуровневое явление, связанное с особенностями социальных характеристик потребителей цифровых технологий, наличием у них определенных навыков и компетенций и дифференциацией социальных практик сетевого поведения.

цифровое неравенство, цифровая грамотность, цифровые технологии, информационное общество, межпоколенческое взаимодействие.

Цифровой разрыв, или цифровое неравенство – новая разновидность социального неравенства, обусловленная массовым вовлечением в социальные процессы информационно-коммуникативных технологий. Как таковая, проблема цифрового неравенства становится актуальной с начала XXI века. Однако однозначного понимания самого термина «цифровое неравенство» в социологии до сих пор не сложилось. В статье Д. Добринской и Т. Мартыненко [1] цифровое неравенство рассматривается как сложное явление, имеющее трехуровневую структуру. На первом уровне, который легче всего зафиксировать, неравенство проявляется в неодинаковом доступе к новейшим информационным технологиям, обусловленном экономическими и материальными причинами, т. е. наличием (или отсутствием) специальных устройств для пользования ИТ-ресурсами, а также наличие доступа к интернету, его стоимость, скорость и др. На этой основе формируется второй уровень цифрового неравенства, связанный с различиями в обладаниями навыками, которые нужны в рамках использования информационных технологий. Иными словами, социальные слои формируются по принципу пользовательских компетенций во всех типах коммуникаций, связанных с ИТ-технологиями, и соответственно, дифференциации социальных практик. При этом оценке подлежит не только умение потреблять контент, но и производить его. Как результат, формируется третий уровень цифрового неравенства, на котором оцениваются социальные перспективы и возможности, обусловленные использованием информационных технологий в разных сферах жизни. Нельзя не заметить, что постоянный рост объемов электронной информации и увеличение зависимости от нее делает интернет-

навыки жизненно важным активом. Однако очевидно, что эти навыки распределены в социуме неравномерно, что и ведет к усилению социального неравенства. Таким образом, под цифровым неравенством понимается неравенство социальных и экономических возможностей для разных слоев населения, связанное с разной доступностью для них существующих сегодня информационных технологий.

Каковы же основные проявления цифрового неравенства в России? В статье Т. Шамсутдиновой [2, с. 332] основными факторами, ограничивающими доступ к цифровой инфраструктуре, признаются низкий уровень доходов населения, пожилой возраст, низкий уровень образования и география проживания, с которой связаны различия в доступности мобильной связи и мобильного интернета. Однако, если анализировать динамику прироста пользователей интернета за последние годы, то можно говорить о стремительном сокращении цифрового разрыва на первом уровне. По данным ВЦИОМ, число россиян, пользующихся интернетом практически ежедневно, выросло с 28 % в начале 2011 года до 69 % в начале 2020 года [3].

Возраст как социальная характеристика сегодня является одним из основных факторов цифрового неравенства, поскольку общеобразовательная и профессиональная социализация старшего поколения пришлось на доинформационный этап общественного развития, что не позволило большинству лиц старше 60 лет массово освоить необходимые для ИТ-коммуникаций компетенции. С другой стороны, нельзя не заметить, что в настоящее время удельный вес лиц старше 60 лет, так или иначе пользующихся компьютером или смартфоном, является довольно высоким: по данным ФОМ на 2018 год, 42 % пользовались компьютером и 44 % – смартфоном [4]. Можно выделить несколько причин, по которым люди пожилого возраста осваивают новые технологии и стремятся повысить свою цифровую грамотность, сокращая тем самым поколенческое цифровое неравенство [5]. Во-первых, цифровая компетентность способствует поддержанию прежнего уровня социальных взаимодействий, в то время как офлайновая сеть социальных контактов с возрастом всегда сильно сокращается. Возможность общаться с родными и друзьями в виртуальном формате минимизирует чувство одиночества, а кроме того, является одним из важнейших мотиваторов при освоении новых информационных навыков. Обращает на себя внимание и еще один аспект возрастного цифрового неравенства. Поскольку основными помощниками при изучении цифровых навыков выступают более молодые члены семьи, то в процессе цифровой социализации между поколениями складывается новый формат отношений. По материалам статьи О. Максимовой можно сделать вывод, что использование цифровых технологий на уровне внутрисемейных коммуникаций играет важную и конструктивную роль, усиливая эмоциональную вовлеченность в семейных разновозрастных контактах. Иными словами, компетентность

молодого поколения в цифровых практиках «...выступает в роли ресурса взаимодействия, активизируя эмоциональные межпоколенческие трансферты по восходящей линии, способствуя укреплению связей между младшим поколением ... и поколением «третьего возраста»» [5, с. 108].

Другая причина изучения цифровых технологий старшим поколением – повышение качества жизни. Именно здесь выходит на первый план тот аспект цифрового неравенства, который обуславливает взаимозависимость цифровых практик и улучшение жизненных перспектив и возможностей. Сюда, в первую очередь, нужно отнести услуги государственных учреждений и общественных организаций в режиме онлайн, банковские платежи, применение цифровых технологий в досуговой сфере и расширение возможностей саморазвития. В частности, одним из факторов, сокращающих возможности разнопланового использования интернета, является уровень владения иностранными языками, прежде всего английским. Поэтому возможности онлайн-обучения автоматически расширяют спектр интернет-практик пользователей, например, делая доступными для качественного просмотра интернет-трансляции мировых культурных событий. Отдельно в перечне цифровых технологий, повышающих качество жизни, следует выделить медицинское обслуживание, в том числе возможности телемедицины. Нельзя не заметить, что государство, активно внедряя сегодня цифровизацию медицинской сферы (начиная с электронной записи в регистратуре), тем самым пытается преодолеть имеющийся на данный момент разрыв между технической доступностью интернета и отсутствием у части населения необходимых навыков и знаний для его полноценного использования. Стимулом для освоения цифровых знаний является явное неравенство доступа к медицинским услугам в зависимости от доступности интернет-коммуникаций и практики их применения.

Таким образом, стратегической задачей государства можно считать разработку системы мер по сокращению и предупреждению роста цифрового неравенства. Как уже было сказано, цифровой разрыв первого уровня в России практически преодолен, но сокращение второго и третьего уровней цифрового неравенства является весьма актуальной задачей. Национальный проект «Цифровая экономика», рассчитанный на период с 2019 по 2024 годы, рассматривается как один из важнейших для России на ближайшую перспективу, и по итогам его реализации нужно ожидать смягчения цифрового неравенства в российском обществе.

Список используемых источников

1. Добринская Д. Е., Мартыненко Т. С. Перспективы российского информационного общества: уровни цифрового разрыва // Вестник РУДН. Серия: Социология. 2019. Т. 19. № 1. С. 108–120 DOI: 10.22363/2313-2272-2019-19-1-108-120

2. Шамсутдинова Т. М. Роль и место образования в преодолении цифрового неравенства (по материалам Республики Башкортостан) // Регионология. 2019. Т. 27, № 2. С. 330–353. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.106.027.201902.330-353>.
3. <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=10149> [дата обращения: 23.02.2020]
4. <https://fom.ru/Obraz-zhizni/14122> [дата обращения: 23.02.2020]
5. Максимова О. А. Цифровая грамотность поколения «третьего возраста» как адаптационный ресурс в условиях информационного общества // Logos et Praxis, 2018. Т. 17. № 2. С. 103–110. DOI: <https://doi.org/10.15688/lp.jvolsu.2018.2.10>.

ANNOTATIONS

RADIO TECHNOLOGY COMMUNICATION

Ayedh H. M. M. On the Wavelet Analysis Methods. – PP. 5–8.

The article is devoted to the consideration of the most famous wavelet families, including those presented in the MATLAB package, as well as research on signal analysis methods with their application. Methods are described: Signal compression and decompression, determining information characteristics of the signal, as well as removing noise from the signal.

Key words: wavelets, continuous wavelet transform, discrete wavelet transform, signal compression, noise removal.

Alexandrov A., Polshchikov K., Ukrainsky O. Fire Detectors with Video Channel: Current Status and Development Prospects. – PP. 9–13.

The quality of the fire alarm system is determined by the response time to signs of fire, the absence of false alarms and the ability to accurately localize the fire source. Today, in connection with the development of digital technology, research is being conducted aimed at finding fundamentally new ways to detect fire. The result of research was the creation of fire detectors with a video channel. These are automatic fire detectors based on television cameras that detect signs of fire in the image of the controlled area. The article discusses models of fire detectors with a video channel of different manufacturers and concludes on their development prospects.

Key words: fire detector with video channel, technical requirements.

Andreeva O., Demchev D., Korobov P., Kharchenko V. Improving Sea Ice Drift Retrieval from SAR Images Using Phase and Cross-Correlation Techniques. – PP. 13–18.

A new combination of phase- and cross-correlation techniques for sea ice tracking from sequential synthetic aperture radar images investigated. An operational Python-based sea ice drift algorithm based on this combination from Sentinel-1 images is proposed.

Key words: SAR, sea ice, image retrieval, phase-correlation.

Andronov M., Buchatsky A. Analysis of the Effect of Bit Errors in MPEG-2 Transport Stream Packets on Image Quality. – PP. 18–23.

This report examines the structure of the MPEG-2 transport stream, examines possible errors in the header and payload of transport packages, and analyzes their impact on image quality. To perform this research, bit errors are entered in transport packets that contain information about the video image.

Key words: transport stream, transport packet, elementary stream, PID, I-frame, P-frame, B-frame.

Andropov A., Kuzmin S., Suhanov D. Onboard Low Profile Combined Ring Concentric Antenna Array. – PP. 24–28.

To provide radio communications, compact and low-profile antennas are required, but without limiting functionality. Concentric antenna arrays help solve the problem.

The paper uses design and construction features of a two-band ring concentric antenna array. The data of field measurements are given, which are compared with the results of numerical experiments.

Key words: low profile concentric antenna array.

Anufrenko A., Mirgorodsky R., Navurbiev G. Modeling of the Intermediate Frequency Amplifier by Frequency Characteristic, Time Analysis and Fourier Analysis. – PP. 28–33.

In this article, we will consider the modeling of a frequency converter based on a circuit simulation program. The process of modeling the UHF consists of several stages. At the first stage, the scheme is prepared for modeling. At the second stage, direct modeling of the drawn circuit diagram is carried out, as a result of which transient analysis, calculation of frequency characteristics and analysis of the Fourier transform will be carried out.

Key words: simulation of an intermediate frequency amplifier, calculation of frequency characteristics, Micro-Cap program, time and frequency analysis of transients, Fourier analysis.

Anufrenko A., Rusin I., Shakhverdova E. Communication Network Distribution Level Analysis. – PP. 33–38.

The analysis of the level of distribution of the communication network, its main functions, as well as mechanisms for the implementation of the function of fault-tolerant functioning.

Key words: the level of distribution of the communication network, protective mechanisms, protocols for the reservation of network elements, aggregation protocols.

Aralkin M., Dementiev A., Osipov O. Investigation of Chiral Metamaterials Based on Multi-starting Conductive Elements. – PP. 39–41.

The paper considers mathematical models of chiral metamaterials based on multi-input conductive elements of two types: helix and gammadion. Analytical expressions for the resonant frequencies of the elements are obtained and relations for material parameters are determined taking into account the dispersion of metamaterials. The Maxwell-Garnett model was used to describe the chiral metamaterial. The propagation constants of waves with circular polarizations in the indicated metamaterials are determined. The solution of the problem of reflection of a plane linearly polarized electromagnetic wave from a planar layer of metamaterial, which is a matrix of fine-wire perfectly conducting elements in the form of N mutually orthogonal helices, is considered.

Key words: metamaterial, chiral medium, Maxwell-Garnett model, dispersion, helix, gammadion.

Babaev N., Korotin V., Fedorov A. Review of Wireless Technologies for Realization of Industrial Internet of Things Systems. – PP. 42–47.

Nowadays Internet of Things and Industrial Internet of Things are getting more and more popular. Topic of this article is realization of Industrial Internet of Things systems which are based on wireless technologies like Wi-Fi, NB-IoT, LoRa. The main characteristics, advantages and disadvantages are given.

Key words: Internet of Things, Industrial Internet of Things, wireless technologies.

Baranov S., Ovchinnikov D. Research of the Influence of the Distance of the Spiral Antenna to the Reflector on the Type of Polarization and the Amplification Coefficient. – PP. 48–52.

The article is devoted to flat spiral antennas: the Archimedes spiral and a single-turn spiral antenna. The effect of the reflector on the type of radiation pattern, gain and antenna polarization is investigated. The data are obtained both empirically and results based on mathematical modeling.

Key words: broadband antenna, spiral antenna, Archimedes spiral.

Biryukov A., Kiselev O., Kuzin P., Pankin A., Potapov I. Method of Adaptive Control of Parameters of the Communication Security Control Complex. – PP. 52–56.

The article describes the method of adaptive control of parameters of the communication security control complex, developed on the basis of the application of the theory of radio wave propagation and the mathematical model of relay, which provides decision-making on their management.

Key words: adaptive control; complex control of communication security, efficiency of changing parameters.

Bobrovsky A., Korotin V., Chumak K. Channel Quality Model VLC of Wireless Communication Systems. – PP. 56–60.

Visible Light Communication (VLC) is becoming an alternative for next-generation wireless technology. This technology will be used in a wide range of applications, both indoors and outdoors. However, like other technologies, VLC at the stages of its development faces various difficulties.

The report provides ways to improve technology to ensure stable communication and the required channel quality based on determining the characteristics of light and photodiodes that are significant for achieving the goals. In addition, report develops the basic principles of theoretical and experimental models that describes the nature and degree of influence of these parameters of emitters and receivers on channel quality; a research plan for its implementation is outlined.

Key words: VLC, Li-Fi, optical transmission, LED, photodiode.

Bolshakov N. Introduction of Biological Nutrient Removal Technologies in Blagoveshchensk Wastewater Treatment Plants. – PP. 61–67.

The article considers the experience of modernization of treatment facilities in Blagoveshchensk. It is shown that the transfer of biological treatment facilities from the traditional mode of operation to the mode of operation using the technology of Biological Nutrient Removal technologies allows not only to reduce the discharge of nitrogen and phosphorus compounds, but also to significantly increase the energy efficiency of urban treatment facilities.

Key words: energy efficiency; nitrification; biological phosphorus removal; Biological Nutrient Removal technologies.

Borisov E., Golod O., Egorov S. Indirect Measurement of the Distance to a Source of Radio Emission by Passive One-Position Direction Finder. – PP. 67–72.

The article presents an option for indirectly determining the range to a radio source by a passive three-beam monostatic direction finder. The basic relationships for calculating the distance to the source of radio emission are given. A simulation has been performed to evaluate the accuracy of determining the range of the proposed method. It is shown that the main causes of errors in determining the location of the radar are both the stochastic nature of the received echo signals and the dependence on the current position of the radiation pattern of the antenna of the radiation source.

Key words: passive radar, direction finding, source of radio emission, location estimation, range, location.

Borisova E., Shakhobiddinov A. On Measures of Protection of Population from Electromagnetic Danger of the Radio-Frequency Spectrum of Mobile Communication Systems. – PP. 73–77.

Recent years have been marked by the rapid development of technologies related to the use of electromagnetic fields and radio frequency emissions in production and the environment. These systems, designed to transmit information, are used in various sectors of the economy. Further development of engineering and technology will undoubtedly increase the use of the radio frequency range and, accordingly, the relevance of improving measures to protect the public from radio frequency emissions will increase.

Key words: electromagnetic fields, radiation, radio frequency range, electromagnetic pollution.

Branko A., Fedorov S. Selection Video Content Encoding Options 4K. – PP. 78–82.

Today, video content of the 4K format is very popular. Using the H.264 compression standard to encode does not provide the required digital flow rate, and as a result, file size, making it difficult for users of different applications to exchange video information. The H.265 standard solves the large size problem of the final file, which requires less transmission bandwidth. The report discusses the main differences between H.264 and H.265 standards, their advantages and disadvantages, as well as the selection of optimal parameters for compression of 4K format video information using the H.265 standard.

Key words: H.264, H.265, H.265+, 4K, video compression.

Bulavin E., Gogol A. Automated QoE Estimation in Digital TV Programs. – PP. 82–86.

A brief exposition of the problem of quality measurements in digital TV programs is given, both human visual system's and encoder's peculiarities are observed. An algorithm for automated QoE estimation is suggested based on Mean Opinion score and regression analysis.

Key words: image quality, QoE.

Buchatsky A., Evstafeva E., Rogozinsky G. On Affection of Color in Cognition. – PP. 86–89.

The importance of visual modality with high information overload of the visual analyzer necessitates the search for solutions that are effective in terms of using the visual channel. One of the least developed means to increase perception is color. The paper provides a review of scientific studies on the influence of color on the perception of information, in particular,

the results of studies on the color design of educational materials and its impact on the cognitive abilities of the recipient as a complex of psycho-emotional influences with the aim of increasing the efficiency of student learning. A number of techniques are considered to increase the memorability of materials based on psychological techniques of color design.

Key words: sensing psycho-physiology, color, color forming.

Buchatsky A., Tatarenkov D. Principles of Filling Voids in a Virtual View Restored using a Depth Map. – PP. 89–94.

Depth image-based rendering (DIBR) is used to obtain additional viewpoints in interactive 3D-video systems. However, the most significant problem with DIBR is how to deal with gaps formed in synthesized images. The main reason for their formation is occlusion, when two objects are approximately on the same line, and one object located closer to the virtual camera or viewpoint partially or completely obscures the visibility of another object. To solve these problems in recent years, many algorithms have been proposed. One of the main tasks that must be solved when using DIBR is the elimination of the formed voids and "cracks" in the images of the virtual view. This article discusses some algorithms for synthesizing a virtual view based on a depth map, as well as methods for eliminating defects in the obtained angles, including using the "inpaint" filling method.

Key words: inpaint, DIBR, depth map.

Vasin A., Ryzhkov A., Shakirov E. 5G New Radio Network Data Transfer. – PP. 95–99.

The organization of end-to-end connections for traffic transmission in NR networks is considered. The NR radio access architecture based on virtualization of edge cloud computing nodes is presented. The possibilities of implementing the core of the NR network using the concept of CUPS in existing LTE network structures are discussed. The basic relationships for calculating the throughput of NR networks are given taking into account the transmission of DM-RS signals.

Key words: NR network, edge cloud nodes, CUPS concept, network through-put.

Veresov V., Fedorov S. Digital Broadcasting Ultra HD 4K Quality. – PP. 100–104.

Information on the development of digital television in the country is provided. It is noted that after the transition of the whole country to digital broadcasting, it is necessary to develop this area further. A social survey was conducted to select a development vector. The article presents the results of the survey. The concept of Ultra HD 4K is considered, compared with the next-generation 8K format. The current state of the hardware intended for the formation, encoding and transmission of 4K video content is analyzed. Examples of digital television broadcasting in 4K quality are given.

Key words: UHD, DVB-T2, digital terrestrial broadcasting, ultra-high-definition television, equipment, H.264, H.265.

Volkov V., Shibarova I. Adaptive Object Detection in Remote Sensing Images. – PP. 105–109.

The problem of detecting objects on noisy digital images using several detection algorithms is investigated. The main difficulty in detecting, in this case, is the lack of complete a priori information about objects. The paper used a classic detector with window integration, a detec-

tor with a one-step threshold selection, and a detector with a global threshold was also presented for comparison. Object properties are defined by restrictions on size and geometry. Detection characteristics are obtained via modeling. Efficiency of object detection is validated in real remote sensing imagery.

Key words: detection, adaptive threshold processing, binary accumulation, multi-threshold processing.

Volodyagin A., Povarenkin N. Multifunctional Radar Operator Support by Air Situation Surveillance in Case of Tracking Break High Probability. – PP. 110–115.

The article offers air situation surveillance radar operators actions help in case of uncertain air objects tracking. The automatic, half-automatic and manual methods of additional objects search after automatic tracking stop are described.

Key words: multifunctional radar, automatic tracking, scan field.

Vorobyev O., Dmitriev G., Korotin V. Research of Low-Power Wide-Area Networks Parameters in Conditions of Low-Density Internet of Things Devices. – PP. 115–119.

The paper presents the results of the comparative analysis of various LPWAN radio access systems considering their applicability for organizing a communication channel with IoT devices over a large area. The requirements for the standard of a radio access network in the conditions of low terminal density and the applicability boundary of the technologies under consideration are determined. The main characteristics of various LPWAN systems, their theoretical radius of the coverage area, as well as technical solutions that underlie the standards and allow their application in the studied scenarios, are considered.

Key words: LPWAN, IoT, low-density networks.

Vorobiev O., Islangirieva A. Comparative Analysis of the Bandwidth Dependence on the Parameters of 5G NR Usage Scenarios. – PP. 119–124.

The article contains description of 5G (NR) scenarios and calculations of theoretical uplink and downlink throughput for every scenario. Calculations address the formula described in 3GPP TS 38.306 and 38.101-1. It contains 5G NR physical layer parameters and scenarios' parameters. It also shows change of throughput values depending on changing parameters of every 5G NR scenario. The article contains charts which show dependance between throughput and certain parameters.

Key words: 5G, 5G NR, scenarios for using 5G networks.

Golovinov O., Ponamarev N. Modern Methods of Contraction Underwater Surveillance Systems. – PP. 124–128.

This article observes various methods of the construction underwater surveillance systems on the example of systems which information is in the public domain. The list of reviewed systems includes systems of both foreign and domestic companies engaged in the production of equipment for underwater surveillance.

The main attention of the paper focused on underwater TV cameras. Their parameters given by the developer are considered. The advantages and disadvantages of specific solutions are evaluated.

Key words: TV camera, underwater video surveillance.

Golubeva A., Ryzhkov A. Services Development During the Transition to the 5th Mobile Networks Generations. – PP. 128–134.

LTE networks development in the direction of increasing information transfer rates is discussed. The data on the deployment of public safety networks based on the LTE standard are presented. Trends in the development of Internet of things using LTE-M, NB-IoT and NR networks are considered. Numerical estimates of the throughput in these networks are presented.

Key words: LTE, NR, public safety, Internet of things, network throughput.

Gorobtsov I., Kapralov D., Kirik D. Estimation of the Initial Parameters of the Signal in the Receiver of Meteor–Burst Communication. – PP. 134–139.

The useful signal reflected from a meteor trace is a nonstationary random process, so for the correct operation of the demodulator of the meteor radio station, it is proposed to evaluate the initial values of the signal and noise parameters and make a decision about the presence or absence of a useful signal in the received combination. The paper proposes an approach for solving this problem.

Key words: meteor–burst communication, demodulator, nonstationary random process.

Grekov K., Fedorov Y. Analysis of the Radiation Situation in St.-Petersburg. – PP. 139–142.

The work provides information about organizations that carry out radiation control in St.-Petersburg. In order to obtain information on the degree of changes in the radiation situation and to identify the places of increased radiation background, the data on the radiation situation presented in the reports on the environmental situation in St. Petersburg were analyzed. The data of radiation and hygienic passports of the territories were analyzed. The analysis of changes in the activity of radioactive substances in various environments (soil, atmospheric air, water of open water and water sources of drinking water, as well as food) was performed.

Key words: radiation, environmental monitoring.

Grekov K., Yugay L. About the E-Waste Management System. – PP. 142–146.

The work analyzed the sources of the appearance and the specifics of waste management of electrical and electronic equipment in Russia and St. Petersburg. An analysis of the current legislation of the Russian Federation, as well as the laws of other countries and international agreements and convections, has revealed the most effective mechanisms for managing e-waste. The paper also discusses the main methods of processing e-waste. The need for a waste management system of this kind within the framework of existing environmental legislation has been shown.

Key words: waste of electrical and electronic equipment, waste in Russia, dynamics of WEEE growth.

Grigoriev P., Mihalev O. Development of Methods and Algorithms for Choosing a Spectral Analysis Method. – PP. 147–151.

The article sets the task of developing spectral analysis methods and an algorithm for their automated selection based on the ADALM PLUTO SDR debugging platform. Also, various kinds of spectrum analyzers, their advantages and disadvantages were considered in the article. Based on the advantages and disadvantages of these spectrum analyzers, three methods were proposed for analyzing the spectral region, and an algorithm was developed for their automated selection depending on the input data.

Key words: spectrum analyzer, spectrum, analysis time, spectrum analysis methods.

Guzenko O., Kulikov S., Fedorov S. Optimization of Methods for Monitoring the State of a Single-Frequency Digital Television Network in the Leningrad Region. – PP. 151–155.

In the autumn of 2019, the transition to digital terrestrial television broadcasting in the Russian Federation was finally completed. As a result of this transition, viewers were able to receive 20 obligatory public television programs. For uninterrupted, trouble-free and high-quality signal transmission, constant monitoring of the state of the TV network is necessary. In this article will be discussed the existing methods of monitoring a single-frequency digital television network in the DVB-T2 standard, will be measured the distribution times of signals from the T2 gateway of the regional multiplex formation center to the entrance of digital transmitters in the Leningrad region, and will be identified parameters that clearly indicate a interruption of the single-frequency network.

Key words: DVB-T2, digital television, single-frequency network, SFN, control methods, timestamps.

Gultjaev U., Ivanova L., Kovalchuk V. Video Fire Detection Video System. – PP. 155–160.

The method of determining the smoke and flames in a video sequence frames fire monitoring site color TV camera in the visible range based on the principle of spectral-spatial filtering of the image in turbid media, justified the processing algorithm for the detection of smoke and flame.

Key words: detector, video detector, fire, smoke, flame, image, turbid environment, intra-frame and inter-frame processing, spectral and spatial filtering.

Gumenyuk V., Dobroborsky B., Kulinkovich A. On the Need to Create a Research Laboratory in the Field of Technosphere and Environmental Safety. – PP. 161–165.

Modern science in the field of occupational health, ergonomics and occupational safety is based on the principles of observations and experiments, as a result of which it is impossible to determine metrologically reliable information about the state of technosphere and environmental safety (TEB) and ways to solve it. As a result, the development of hygiene standards is differentiated, in accordance with which the maximum permissible levels or concentrations of some influencing factors are set without taking into account the simultaneous impact of others, and the impact of the factors themselves is evaluated in points that are not regulated metrologically. Thus, compliance of the technosphere and the environment with all the requirements of regulatory documents does not provide real security. In connection with the extreme urgency of solving the problems of providing TEB, it is proposed to organize a research laboratory, whose tasks will be to develop methods for quantitative assessments of various jobs and recommendations for their modernization to improve TEB. The final product of the laboratory should be research in the field of TEB, conducting research on TEB of industrial facilities, performing scientific and technical work to improve the TEB of industrial facilities under state orders of enterprises and institutions.

Key words: health, labor, ecology, safety, technosphere, rationing, hygiene, ergonomics.

Guminskiy O., Myshyanov S. Research and Implementation of Channel Encoder Algorithm for DRM System. – PP. 165–170.

This article presents a study of the channel encoder algorithm in the modern digital radio broadcasting standard-DRM. This algorithm is used to correct bit errors that occur in the channel. The main practical task of this algorithm is to obtain undistorted information (audio, text, etc.) at the decoder output. In the course of work, the DRM system's transmitting path is modeled, containing a scrambler, a channel encoder that works for different modes (4 QAM with different code speeds), a bit interleaver, a block for forming OFDM frame cells, and an OFDM frame cell interleaver. The implementation of the channel encoder algorithm for the DRM system is performed in the MATLAB/Simulink software environment.

Key words: MATLAB, Simulink, DRM, Channel Encoder.

Guminskiy O., Fedorov S. Recognition System of a Human in an Image. – PP. 170–174.

This article examines the possibilities of developing a human recognition system in the MATLAB programming environment. Results of studying the built in MATLAB functions that enable the recognition of a human in an image, as well as the potential of their use in recognizing a moving person with the use of a webcam, are presented.

Key words: MATLAB, human recognition system.

Gureev A., Kuzmin S. Analysis and Prospects of Development of Noise Auto-Compensation Methods in Radio Communication Systems with Antenna Arrays. – PP. 175–181.

This paper deals with the issue of noise immunity of radio communication systems with antenna arrays. Exactly it is a review of the most relevant and rational methods of counteracting and suppressing noise in modern systems. The main object of analysis is methods of space-time signal processing. When analyzing these methods, a comparison of their implementations is made and, as a result of the analysis, the corresponding conclusions are made. The advantages and disadvantages of these methods are listed, as well as the analysis of the possibilities of developing these methods using modern approaches and technologies.

Key words: noise immunity, antenna arrays, auto-compensation, active noise interference.

Grezev V., Davydov A., Kuzin P., Lipatnikov V., Potapov I. Development of the Structure of the Complex for Predicting the Electromagnetic Availability of Radio Monitoring Objects. – PP. 182–185.

The article describes the structure of the complex for predicting the electromagnetic availability of radio monitoring objects under the conditions of exposure to the transmitted signal of ionospheric inhomogeneities.

Key words: radiocontrol; complex prediction of electromagnetic availability, electronic concentration of the ionosphere.

Davydova V., Osipov O. The using of Chiral Metastructures Based on S-Elements to Create Microwave Energy Concentrating Coatings. – PP. 186–189.

In this work we calculate the electromagnetic characteristics of a planar chiral metamaterial based on conductive thin-wire S-elements with obtaining at a given frequency a maximum of electromagnetic energy in the plane of the metamaterial. The Maxwell-Garnett model was used to describe the chiral metamaterial. The dispersion of material parameters was taken into account similarly to the case of an optically active medium. The partial domain method was

used to solve the problem. Relations were obtained for the reflection and transmission coefficients of a plane microwave wave from a chiral metamaterial based on thin-wire S-elements. As a result of mathematical modeling, the frequencies at which energy concentration is possible are determined.

Key words: metamaterial, chiral medium, microwave radiation, energy concentration, S-elements.

Dvurechenskaya N. Overview of Methods for Studying Flexible Screens of Electromagnetic Fields. – PP. 189–193.

Shielding from electromagnetic radiation based on special textile materials are considered. A review and comparison of methods for measuring such materials is given. The best method is selected depending on features of materials structure and application.

Key words: electromagnetic radiation, SHF, shielding, flexible screen.

Dementyev A., Klyuev D., Kurushkin M. The Surface Impedance Method Application for Conformal Cylindrical Microstrip Radiators Electrodynamic Analysis. – PP. 194–198.

The paper describes the method of electrodynamic analysis of conformal cylindrical microstrip emitters based on the method of surface impedances. Analytical expressions for the elements of the matrix of surface impedances of such a structure are presented. Expressions are proposed for the integral representation of the electromagnetic field of the emitter, relating the current density on it and the vectors of the electric and magnetic fields of radiation at any point in space.

Key words: conformal antenna, microstrip antenna, surface impedance method.

Deshina N., Kubalova A., Ryzhikova T. Design of Microstrip Elliptical Filter with Quarter-wave Inverters. – PP. 198–203.

A new method of designing microstrip elliptical filters with quarter-wave inverters has been developed. The article proposes a modified method of designing a narrow-band microstrip EF with inverters, in which the electric length of the filter at the Central frequency was reduced by half.

Key words: elliptical filter, microwave device, quarter-wave inverter, microstrip filter, band-pass filter, approximation.

Dmitriev P. Indoor Location Using Clustering and Machine Learning. – PP. 203–207.

This article discusses a hybrid indoor location algorithm using pre-clustering and machine learning algorithms. The possibilities of solving the problem based on data obtained in Wi-Fi, GNSS networks from MEMS sensors are analyzed. The analysis of clustering algorithms is carried out, with the aim of combining objects (coordinates) into clusters in the areas of their greatest concentration, for subsequent accurate marking and updating the database (DB). Various methods of machine learning are analyzed. It is assumed that when using machine learning to determine the location inside the premises, there will be an increase in the accuracy of positioning in the long term, through training during operation and building up the database. A graphic description of the hybrid algorithm consisting of two phases is proposed.

Key words: clustering, Wi-Fi networks, MEMS, GNSS, machine learning, algorithms.

Egorina A., Loginovskaya A. Winter Recreational Activities in Mountains and Foothills of the South-West Altai. – PP. 207–212.

On the basis of the climatic conditions, the study area revealed the characteristic features of winter recreation and favorable periods for the organization of the winter holidays. On this basis, we determined the optimal location for the ski centers and winter recreation centers. According to such climatic parameters like duration of snow cover, its stability, duration of sunshine, temperature conditions - identify the most optimal place for active winter holidays, is the avalanche zones: ski resorts, recreation centers, ski centers. For example, in the area of the Rudnyi Altai, the favorable period for the winter holidays, lasting more than 200 days a year, in the area of Little Ulba reservoir and resort "Rakhmanov", allows practically year-round vacation workout. The authors identified the main positive factors such as the presence of temperature inversions, average and maximum power of the snow cover, the prevalence of calm weather, physiological indicators of thermal comfort. They all contribute to the development of winter recreation.

Key words: ski touring, steady snow cover, ski trips, recreation factors, mountain ski resort, the ski area.

Zhirokhov A., Yskov S., Fedorov P., Shterzer N., Yashin V. Alternative Approach to Construction of Receiving Horizontal HF Antennas at Stationary Radiocenters. – PP. 212–217.

The use of receiving stationary radio centers for various purposes is one of the main requirements for ensuring stable and reliable HF radio communication. The mast antenna-feeder systems used at stationary radio centers do not fully comply with the requirements for space requirements, routine maintenance, electrical efficiency, and cost-effectiveness.

An alternative approach to the constructive construction of horizontal antennas in the swampy areas of the country is proposed.

Arguments are presented in favor of the use of low-lying dipole antennas, which have a number of advantages in basic parameters compared to standard mast horizontal dipoles.

Key words: receiving stationary radio centers, antenna devices, low directional, mast structures, short-range communications, low-lying antennas, marshland, profitability.

Zarubina A., Svinyina O. Developing Laboratory Exercises for Studying Electrodynamic Loudspeaker Drivers. – PP. 217–222.

Proposal about developing a set of laboratory exercises for studying the characteristics of electrodynamic loudspeaker drivers is presented. The possibility of using a personal computer and a specialized application software as a measuring instrument is considered. Schematic diagram of the laboratory test bench is given. The recommendations for further improvements are made.

Key words: acoustic measurements, electrodynamic loudspeaker, impedance, loudspeaker frequency response, Thiele-Small parameters.

Kirik D., Tretiakov I. Current Trends in the Design of Printing Units Used in Difficult Climatic Conditions. – PP. 222–226.

The article proposes the actual methods of designing printing units that contribute to their heating and reduce the impact of difficult climatic conditions, such as temperature, wind and humidity. The issues of ensuring the required quasi-stationary thermal regime and its influence on the electrical parameters of the printing unit by modeling the structure in HyperLynx are considered. The basic laws required for the calculations and description of the heat flux

function in the system are determined. A brief analysis and conclusions about heat and mass transfer based on the structure of printed circuit boards are also given.

Key words: circuit board, climatic conditions, cold climate, engineering, thermal conditions, heat capacity, conductivity, thermal shock, heat and mass transfer, HyperLynx.

Kirillova N., Svinyina O. Developing Laboratory Exercises for Studying Room Acoustics Measurements. – PP. 226–231.

The standardized methods of room acoustics measurements are examined. The possibility of using a personal computer and a specialized application software as a measuring instrument is considered. Steps for conducting room acoustics measurements in a laboratory are outlined. Recommendations on the laboratory classes organization are given.

Key words: room acoustics, acoustic measurements, reverberation time, room impulse response, Schroeder integral.

Kozlov D., Moshkov V. Web SDR-Based QoS Monitoring System for Wireless Networks. – PP. 231–236.

This article discusses the use of the WebSDR platform, which allows using the software-defined radio (SDR) technology to independently configure the receiver for several users simultaneously. It allows not only listening the sound, but also monitor wireless networks of various ranges (including mobile communication network, broadcasting). This paper describes a monitoring system prototype based on the RTL – SDR broadband radio scanner dongle in relation to the analogue radio broadcasting in the 87,5–108,0 MHz band and. An option of using the developed system in practice is presented.

Key words: SDR, Software-defined radio, WebSDR, Broadcasting, Monitoring system.

Korotin V., Pavlov T. The Refarming Approaches on Behalf of 4G, 5G Mobiles and IoT Resources Allocation. – PP. 236–240.

The article touches upon the legal aspects of refarming procedures, however, the most attention is devoted to the technical component. Based on the existing experience of refarming in Russian Federation and abroad, the overall representation of happening in this sphere and estimated trends for technical solutions are depicted. As a basis and starting point for our investigations the studies of foreign colleagues concerning various forms of GSM and CDMA technologies spectrum refarming on behalf of 4-th generation of mobile communications were taken. First of all, it is the concept of Dynamic Spectrum Sharing and OFDMA and CDMA underlay technology providing OFDMA networks operation within the spectrum allocated to CDMA network.

Key words: refarming, GSM, LTE, M2M.

Kuzmin S., Shopsha A. Study of Systems for Providing Thermal Conditions for Active Phased Antenna Array. – PP. 241–245.

It is necessary to ensure the thermal regime of the system and modules to maintain the operating parameters of the active phased antenna array. Features of the construction of the antenna array are low efficiency field-effect transistors. And also, the need for the location of the emitting components in increments of half-wave length. This results in high power dissipation at a high-density arrangement.

Key words: active phased antenna array, transmit-receive module, thermal mode, heat removal system.

Kulinkovich A., Meshcheryakova I., Sakova N. Evaluation of the Size of Environmental Damage in Chemical Accident. – PP. 246–250.

The presence of a large number of hazardous production facilities in urban areas requires preliminary assessments of possible emergency situations and the development of preventive measures. Man-made accidents cause great material damage to technical means, the population and the environment. The work considers an accident at a chemically hazardous facility in the city of Rybinsk, Yaroslavl Oblast. The calculation of the zone of chemical contamination and the amount of environmental damage.

Key words: chemical accident, chemical contamination zone, environmental damage.

Kulinkovich A., Panikhidnikov S. Analysis of the Hydraulic Unit as an Object-Source of the Increased Ecological Danger. – PP. 251–254.

The article considers the waterworks from the standpoint of potential emerging hazards to the population and the environment if they are destroyed. The analysis of the causes of destruction is given, the consequences of the destruction of various types of dams are described in detail. Examples of emergency situations associated with partial or complete destruction of dams are given. The conclusion is drawn about the need to increase funding in the field of providing hydraulic structures.

Key words: hydraulic structures, dam destruction, technological emergencies, safety system for hydroelectric facilities.

Kulinkovich A., Panikhidnikov S., Sakova N. Problems of the Disposal of Low Active Waste in the Russian Federation. – PP. 254–259.

In many sectors of the economy, sources of ionizing radiation are used. The resulting radioactive waste (RW) is subject to disposal, which is carried out through the system of special plants "Radon". The radiation situation and the state of storage facilities at many special plants do not meet the requirements of modern safety standards. At five special plants, the existing RW storage facilities are close to filling; most burial sites need reconstruction and modernization. In addition, the lack of proper end-to-end continuous monitoring of isotope products in circulation is one of the causes of annually detected cases of localized radioactive contamination, loss of ionizing radiation sources or the presence of unaccounted for radioactive sources.

Key words: sources of ionizing radiation, radioactive waste, special plants "Radon", burial of radioactive waste.

Kurkin E., Osipov O. Electromagnetic Waves Propagation in a Periodically Heterogeneous Chiral Metamaterial with Account for Dispersion. – PP. 260–263.

In this work, the dispersion characteristics of the natural waves of a periodically nonuniform in the longitudinal direction chiral microwave metamaterial consisting of alternating chiral layers with different material parameters are calculated. When solving the problem, the dispersion of the material parameters of the chiral metamaterial was taken into account. The Maxwell-Garnett model was used to describe the chiral metamaterial. The dispersion of material parameters was taken into account similarly to the case of an optically active medium. The partial domain method was used to solve the problem. It is proved that in the metastructure

it is possible to propagate eigenwaves with circular polarizations having non-intersecting windows of transparency and opacity on the dispersion characteristics.

Key words: metamaterial, chiral medium, periodic inhomogeneity, dispersion characteristic, spiral element.

Lazarev V. 3D Models, Methods and Location Accuracy Estimation Metrics for 5G Radio Networks. – PP. 263–268.

Existing location accuracy limits models of radiation sources in most cases use planar metrics, without taking into account the height error, which can lead to significant distortion of radiation source positioning in 5G radio networks for urban dense cases. In this paper, location accuracy estimates of radio emission sources in 3D using the Time Difference of Arrival (TDOA) and / or Angle of Arrival (AOA) positioning method are considered. Various methods for obtaining estimates of location accuracy limits, such as the Cramer-Rao lower bound ellipsoid (CRLB) and Spherical Error Probable (SEP), are demonstrated. A model for determining location accuracy metrics in 3D is proposed, the dependence of location accuracy estimation values on the position of the receiving devices and their number is analyzed, the analysis results are presented in the form of graphs in the MATLAB environment.

Key words: Cramer-Rao lower bound (CRLB), Spherical Error Probable (SEP), Time Difference of Arrival (TDOA), Angle of Arrival (AOA), positioning, location accuracy estimation.

Lazarev V., Fokin G. Positioning Scenarios for Ultra-Dense 5G Radio Networks. – PP. 268–273.

Promising 5G radio networks involve the use of positioning as one of the tools to increase the efficiency of communication services based on the geolocation data of network devices, both base stations and user equipment. The new specifications (3GPP TS 22.261) formulate requirements for location accuracy both vertically and horizontally. In this paper, we consider various scenarios for location accuracy limits estimation in ultra-dense radio networks to verify compliance with specification requirements. A model for assessing and visualizing location accuracy limits for scenarios using stationary and mobile sensors is proposed. As positioning methods, Time Difference of Arrival (TDOA) and Angle of Arrival (AOA) methods are used. The metrics for estimating the location accuracy limits in 3D are the Cramer-Rao lower bound ellipsoid (CRLB) and the spherical error probable (SEP).

Key words: Cramer-Rao lower band (CRLB), spherical error probable (SEP), Time Difference of Arrival (TDOA), Angle of Arrival (AOA), positioning, location accuracy estimation.

Likontsev A., Lyalina A. Modeling of Satellite Channels of the HTS System. – PP. 273–278.

Advances in satellite communications technology in recent years have led to a significant increase in the bandwidth provided by the many new High Throughput Satellite (HTS) systems. HTS systems are a new generation of space stations capable of delivering high throughput compared to conventional satellite systems. The fundamental difference in the architecture of HTS systems is the use of multiple spot beams to cover the desired service area. This article discusses the features of this system, its advantages and disadvantages compared to traditional ones, and also presents the developed model of the satellite channel of the HTS system.

Key words: modeling, satellite communications channel, HTS, DVB-S2X, adaptive code modulation.

Likontsev A., Figueroa J. Managing Devices for Live Television Broadcasts of Presidential Events in Venezuela. – PP. 278–281.

Some difficulties arise when managing live television broadcasts of the movement of the presidential caravan for meetings with residents of Venezuela. Usually, the length of the road exceeds 10 kilometers, and in this case, the difficult thing is to ensure the reliable and stable transmission of the television signal from the caravan to the television transmission center. To solve this problem, along the entire route, the television channel installs repeaters that receive the signal from a moving vehicle in front of the caravan, this vehicle transmits live audio and video. The number of receivers required depends on the length and type of route. After receiving the signal, it is transmitted using a small satellite terminal (VSAT) to a television transmission center. The article discusses ways to implement and optimize device management to perform such transmissions.

Key words: live broadcast, television broadcast, resources management, presidential caravan.

Limanova A., Osipov O. Calculation of the Dispersion Characteristics of a Planar Waveguide Structure Based on a Two-Layer Chiral-Dielectric Metamaterial. – PP. 282–284.

In this work, the dispersion characteristics of a plane waveguide are calculated based on a two-layer chiral-dielectric metamaterial. When solving the problem, the dispersion dependences of the material parameters of the chiral layer were taken into account. The metamaterial was described by the Maxwell-Garnett model. The dispersion of material parameters was taken into account similarly to the case of an optically active medium. The partial domain method was used to solve the problem. In the work, expressions for the vectors of the electromagnetic field in the planar layer of the chiral metamaterial are obtained. It is proved that the dispersion curves of eigenwaves are doublets of waves with elliptical polarizations with a uniform cutoff frequency.

Key words: metamaterial, chiral medium, waveguide, dispersion, eigenwaves.

Manvelova N., Tumakov P. Development of Technical Solutions on the Modernization of Local Cleaning Structures of LMZ. – PP. 285–289.

The galvanic production of machine-building enterprises is a pollutant of water bodies, mainly surface and underground water bodies, due to the formation of large volumes of wastewater containing heavy metal ions, harmful impurities of inorganic acids and alkalis, surface-active substances and other highly toxic compounds. For the cleaning of CB containing ITMs, the most effective are local cleaning systems.

Key words: wastewater, local treatment facilities, water reuse.

Milyutin E., Yaremenko A., Yaremenko Y. The Differences of Aerosol Attenuation Estimation of Visible and Infrared Range Laser Radiation in Atmosphere. – PP. 290–294.

At the present time, there is a development of atmospheric optical transmission systems, which are mainly used to solve the problem of the “last mile”. Their use on routes with a length of more than one or two kilometers is limited by the dependence on the state of the atmospheric optical channel and, mainly, on losses in aerosols. This implies the need to study the characteristics of aerosol losses, the knowledge of which is required to estimate atmospheric optical transmission systems efficiency.

Key words: atmospheric optical transmission systems, estimation of aerosol attenuation.

Nelubova M., Rogozinsky G. The Witch House Music Algorithmic Generation Design. – PP. 294–297.

The paper reviews the approach to generation of music in the witch house style. The algorithm design is based on Csound language code. At the program start, the user enters parameters, which control the melody, durations, and rhythm patterns. The generated content should be as close as possible to the references in stylistic sense.

Key words: algorithmic music, computer music languages, Csound.

Osipov O., Semenchikov D. The Using of Two-Layer Chiral Metastructures for Microwave Energy Concentration. – PP. 298–301.

The work is devoted to the calculation of the electromagnetic characteristics of a two-layer chiral metamaterial in order to concentrate microwave energy in the plane of the structure. The Maxwell-Garnett model was used to describe the chiral metamaterial. The dispersion of material parameters was taken into account similarly to the case of an optically active medium. The partial domain method was used to solve the problem. Expressions for the reflection and transmission coefficients of a plane microwave wave from a planar two-layer chiral metamaterial based on fine-wire perfectly conducting microcoils are obtained. The frequency dependences of the reflection and transmission coefficients are calculated and the frequencies at which energy concentration is possible are determined.

Key words: metamaterial, chiral medium, microwave radiation, energy concentration, Maxwell-Garnett model.

Osipov O., Cilimbaev N. On a Possibility of Optical Energy Concentration of the Infrared Range by Using Chiral Glasses. – PP. 301–304.

The work is devoted to the calculation of the optical characteristics of the reflection and propagation of light waves through chiral glasses, which are optical metamaterials. The Maxwell-Garnett model was used to describe the chiral metamaterial. The dispersion of material parameters was taken into account similarly to the case of an optically active medium. The partial domain method was used to solve the problem. The frequency dependences of the reflection and transmission coefficients are calculated and the frequencies at which energy concentration is possible are determined. It has been proved that the infrared optical energy can be concentrated by a system of three chiral glasses separated by two air gaps (an analog of a double-glazed window in which quartz glasses are replaced by chiral ones).

Key words: metamaterial, chiral medium, optical radiation, energy concentration, chiral glass.

Perevyshko A., Sturman V. Analysis of the Ecological Situation in Kudrovo. – PP. 304–309.

The paper is devoted to the current environmental analysis, which is based on the collection and processing of stock and graphic materials and the results of monitoring carried out earlier. Information is provided on the location of the city, the presence and influence of pollution sources, the general environmental situation of the area in which the city is located. It also identifies environmental problems that are characteristic of the district as a whole and for the city in particular, and ways to improve the environmental situation that are used in the city.

Key words: ecological situation, environmental problems, satellite city, Okkervil river, emissions, industrial zones, illegal landfills.

Perekupka A., Rogozinsky G. The Study of Wavelet Quantization Coefficients. – PP. 310–313.

The article presents the results of a study of the nature of the distribution of noise quantization of wavelet coefficients in lossy sound compression. As an object of study, an experimental algorithm for compressing audio signals based on packet wavelets is used. A description is given of the nature of the distribution of the quantization noise of wavelet coefficients, an algorithm for their investigation, and the corresponding conclusions.

Key words: lossy audio coding, wavelet packets, quantization.

Osipov O., Pimenova S. Calculation of reflection and transmission coefficients of the main wave in a rectangular waveguide with a transverse diaphragm from a chiral metamaterial. – PP. 313–316.

In this work, we calculate the moduli of the reflection and transmission coefficients of the main wave of a rectangular waveguide during its diffraction by a transverse diaphragm from a chiral metamaterial. The problem was solved by the method of approximate boundary conditions for a thin layer. When solving the problem, the dispersion dependences of the material parameters of the chiral layer were taken into account. The metamaterial was described by the Maxwell-Garnett model. The frequency dependences of the moduli of the reflection coefficients and the passage of the wave through the chiral diaphragm, as well as the dependence of the VSWR on the diaphragm chirality parameter, are constructed. The paper also describes a method for determining the diaphragm chirality parameter by measuring the VSWR.

Key words: metamaterial, chiral medium, waveguide, dispersion, rectangular waveguide, diaphragm.

Polshchikov K. Problems of Certification of Fire Detectors with a Video Channel. – PP. 316–319.

Today, digital image processing is most widely used in video analytics systems for detecting specified image parameters. This allows you to expand the capabilities of video surveillance systems in terms of functions for recognition of emergency situations, persons and other objects provided by the image processing algorithm. Recently, digital image processing is used in fire automation systems to detect foci of open flame and smoke. This led to the emergence of a new type of fire detectors - fire detectors with a video channel (IPV). However, their development, testing and certification are difficult due to the lack of appropriate standards and test procedures. The paper discusses the problems of testing fire detectors with a video channel and suggests solutions.

Key words: fire detector with video channel.

Pshigotsky Y., Fedorov P., Chistyakov D., Shterzer N., Yashin V. A Method of Interval Estimation of Directions of Arrival of Useful Signals to Increase the Noise Immunity of Radio Lines with Moving Objects. – PP. 319–324.

The problem of increasing the noise immunity of radio lines with moving objects in the presence of inaccurate a priori information about the direction of arrival of a useful signal is relevant despite the large number of works devoted to this topic. The paper considers options for solving the problem of adaptive spatial filtering of signals in the presence and absence of accurate a priori information about the direction of the useful signal. An alternative approach to solving the problem of adaptive spatial filtering of signals in the absence of accurate a priori information about the direction of arrival of the signal is proposed.

Key words: Adaptive antenna array, spatio-temporal signal processing, weight vector.

Rogovsky E., Rogozinsky G. Method of Dynamic Processing Units Modeling. – PP. 324–327. *The article describes the methodology for modeling virtual devices for dynamic processing of sound signals using the example of the corresponding group of modules from the Clavia Nord Modular G2 software and hardware complex. The functional descriptions of the main modules of the group are given and the methodology for modeling the corresponding devices is disclosed. The resulting approach can be extended to various devices, both software and hardware.*

Key words: dynamic processing, modular systems, modeling.

Sakova N. Occupational Risk Assessment Using the Consequence Matrix and Probabilities. – PP. 328–333.

Russian law requires the employer to create a safety management system based on an analysis of occupational risks. The most difficult process in the analysis of occupational risks is the risk assessment stage. The company is faced with the task of choosing a method, developing methods for assessing. The article presents one of the risk assessment methods based on the use of a matrix of consequences and probability.

Key words: occupational risk, risk assessment method, risk matrix.

Svinyina O. Research on the Possibility of Using Computer Microphones for Making Acoustic Measurements. – PP. 333–338.

Methods of measuring the electroacoustical characteristics of microphones according to standards are examined. The frequency responses and directivity patterns of common electret computer microphones are presented. Comparative analysis of the results is obtained. Conclusions on the compliance of computer microphones characteristics with the requirements for working standard microphones are drawn.

Key words: acoustic measurements, measurement microphone, microphone sensitivity, microphone directivity, secondary calibration of microphones.

Simonina O., Shebalin S. Work Quality Assessment Methodology Wi-Fi Compounds. – PP. 339–344.

The purpose of this technique is to develop a universal system for evaluating various parameters of data transmission over Wi-Fi channels. This technique includes the requirements for conducting evaluative measurements, the experimental and measuring part of the work, obtaining objective information on the radio coverage of a Wi-Fi network on the measurement route. The methodology includes the evaluation of such parameters as the percentage of unsuccessful sessions using the HTTP protocol, the average value of the data transfer rate from subscriber and to subscriber, the duration of a successful session, packet loss, delay, signal strength.

Key words: Wi-Fi, connection quality, methodology.

Sozinova M. Image Recognition Based on Structural Analysis of Keypoints. – PP. 344–348.

Methods of image recognitions and tracking based on detection of keypoints are gaining wide popularity. Most of existing keypoints detectors use only luminosity parameters of an image

without considering its structure. In this article is offered an image recognition algorithm based on analysis of the structure of keypoints. This approach allows to achieve a high recognition accuracy and at the same time has little computational complexity.

Key words: image recognition, structural analysis, keypoints.

Stepanov A. Special Characteristics of Calculating Continuous and Discrete Wavelet Transform Algorithm Implementation on Microcontrollers with Ultra-Low Power Consumption. – PP. 348–351.

The paper is dedicated to the description of basic principles and of the implementation of algorithms for calculating continuous and discrete wavelet transforms on microcontrollers with ultra-low power consumption. The microcontroller by Texas Instruments MSP430G2553 is considered as an element base. The results of the implementation of these algorithms are presented.

Key words: continuous wavelet transform, discrete wavelet transform, microcontroller, ultra-low power consumption, implementation.

Tatarenkov D. Using a Depth Map to Synthesize a Virtual View. – PP. 352–356.

With the development of computer vision and multimedia technologies, interactive 3D video has become the main focus of multimedia technology research. 3D video algorithms allow users to interactively select a viewpoint and dynamically synthesize a new angle. Interactive 3D video has great interest among broadcast researchers as a promising technology for three-dimensional and multi-view television systems. However, the transmission of each viewpoint as a separate frame leads to a drastically increase of data. In general, virtual representation synthesis algorithms can be divided into two main classes: model-based rendering (MBR) and image-based rendering (IBR). Among all the algorithms, depth image-based rendering (DIBR) has become the main approach in 3D video interactive systems due to its low bandwidth requirements and the ability to render an arbitrary viewing point. The paper proposes the implementation of an algorithm for preparing a depth map to use it in the DIBR algorithm.

Key words: multi-view television, DIBR, depth map.

Feofilova V. Results of a Survey of Air Pollution in the Area of the Vostochny Cosmodrome and G. Tsiolkovsky. – PP. 357–361.

The article is devoted to the investigation of air pollution in the area of the Vostochny spaceport. An occasional survey of the state of atmospheric air on the territory of the city of Tsiolkovsky was carried out. According to the results of measurements, it was found that the concentrations of all controlled substances in the atmospheric air of the residential zone of Tsiolkovsky were significantly lower than 0.5 hygienic standards (MPCm.r.).

Key words: «Vostochny» cosmodrome, atmospheric air, atmosphere, gas analyzer, monitoring.

Fokin G. Positioning in 5G Radio Access Networks. Key Performance Indicators KPI. – PP. 361–365.

Over the past forty years, the methods and means of network geolocation of subscribers have been improved along with the evolution of generations of mobile communication networks. Unlike previous generations, in promising 5G networks, geolocation technologies are given special importance, which is confirmed by the latest recommendations of 3GPP TR 22.862 and

3GPP TR 22.872. According to the 3GPP TR 22.862 specification on the feasibility of new services for 5G communication networks, some scenarios for using positioning with increased accuracy are defined. Increased requirements for positioning accuracy include the speed of obtaining, reliability and availability of data of the desired location. In some scenarios, it may be necessary to transfer location data to another network device. In this case, it is necessary to distinguish between the transmission of primary measurements and processing results in the form of coordinate estimates. It should also be distinguished between the task of determining the absolute (geographical) coordinates and the assessment of the relative location, for example, removal relative to an adjacent device, an obstacle. This review provides key indicators of the quality of positioning.

Key words: positioning, cellular mobile radio networks, key performance indicators KPI.

Fokin G. Positioning in 5G Radio Access Networks. Geolocation services. – PP. 366–370.

This review provides an analysis of geolocation services and applications for implementation in promising radio access networks. Among the considered LBS geolocation services are: bicycle rental, or a bicycle sharing system, augmented reality, wearable devices, advertising notifications, and flow control. Among the positioning applications in industry and healthcare: positioning honey. hospital staff and equipment, trolley positioning, waste management, container management. Among the positioning applications for rail and sea freight: tracking property (containers). For the considered applications, quantitative indicators of the efficiency of KPI positioning are given.

Key words: positioning, cellular mobile radio networks, key performance indicators KPI.

Fokin G. The Evolution of Positioning Technologies in Mobile Radio Networks. Standards. – PP. 371–376.

The main incentive for the emergence and development of positioning standards in mobile radio communication systems was positioning in the event of an emergency call E911 / E112. This technical possibility is not charged by the operator and is mandatory for implementation by the national regulator. In addition to the regulator, the capabilities of location estimation are of interest both for the operators themselves in order to optimize the operation of the radio network, and for third parties in order to commercialize various geolocation services. In the first case, it is about the organization of radio communication based on the location LAC (Location Aware Communication), which allows to increase the throughput and efficiency of the radio network, for example, by controlling radio resources, as well as by organizing spatial multiplexing of simultaneous transmissions with adaptive pattern formation. Despite the fact that the LAC approach can increase the efficiency of the construction and operation of the radio network, for a long time there was no enthusiasm among the operators regarding investments in the network infrastructure for positioning. The expected gain could be offset by costs; an additional obstacle was the confidentiality requirement of user equipment. However, today there is reason to believe that the trend has been reversed.

Key words: positioning, cellular mobile radio networks, base station, subscriber terminal, 2G, 3G, 4G, GSM, UMTS, LTE.

Fokin G. The Evolution of Positioning Technologies in Mobile Radio Networks. Accuracy. – PP. 376–382.

In the English literature there are two terms for the definition of location: positioning (determining the geographic coordinates of the object; the position can be represented by a point in

the Cartesian coordinates of the location of the object) and localization (mapping coordinates to a map; identification of location on the ground / electronic map), which are commonly used as synonyms. Positioning in mobile radio communication networks (MRCN) is based on the well-known principles of radar and radio navigation for measuring the coordinates of objects using radio waves; the difference between radar and radio navigation lies in the fact that in radio navigation a more active role is played by an object whose coordinates are measured. When positioning subscriber terminals (ST), reference stations with a known location are used: base stations (BS) in MRCN, or satellites in GNSS. Positioning in MRCN is used in cases where the reception of a GNSS signal is difficult, for example, in dense urban areas and / or indoors. The aim of this work is to classify and analyze the accuracy of positioning methods in MRCN.

Key words: positioning, cellular mobile radio networks, base station, subscriber terminal, 2G, 3G, 4G, GSM, UMTS, LTE.

Chernyavskiy N., Fedorov S. Building a Virtual Space Using 360-Degree Cameras. – PP. 382–386.

Currently, virtual reality technologies and their applications are being developed intensively. One of the most promising and actively developed approaches to creating content for virtual reality systems is the 360° video technology, which allows you to create panoramic videos with various degrees of interactivity, where the viewer can control the viewing angle of the video at will. The report discusses the technical parameters of such cameras, programs for their processing, the pros and cons of such methods of creating a virtual space, as well as areas where this technology can be applied.

Key words: virtual space, panoramic video, equipment 360°.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF ELECTRONICS

Нурмухамедова Т., Улашов С., Холмонов Ш. Принципы создания виртуальных лабораторий в инженерном образовании. – С. 387–391.

Это исследование направлено на понимание роли виртуальных лабораторий и физических лабораторий, особенно в контексте инженерной дисциплины. Важно подчеркнуть, что исследования направлены не на замену физических лабораторий, поскольку они составляют существенную часть подготовки инженеров, а скорее на их дополнение с помощью виртуальных лабораторий. В литературе существуют различные точки зрения на реализацию виртуальных лабораторий. Виртуальные лаборатории могут быть эффективны для студентов, особенно с ограниченными физическими или временными возможностями, которые могут испытывать трудности с доступом к физическим лабораториям или планированием лабораторного времени.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, обучение инженеров, онлайн-лаборатория, компьютер, интернет, программное обеспечение.

Alimov V., Busnyuk A., Kuzenov S., Livshits A., Peredistov E. Study of the Performance of Hydrogen-Permeable Membranes in Working Conditions without Prior Activation Procedure. – PP. 392–397.

The possibility of simplifying the operation procedure of innovative vanadium alloy membranes for producing ultrapure hydrogen is shown experimentally. The long-term operability of the membranes has been demonstrated, allowing them to be operated for 10,000 hours without significantly reducing their performance. Like traditional commercially available palladium alloy membranes, these membranes have perfect selectivity, but their specific performance is multiple times higher, and the price of the membrane material is radically lower.

Key words: hydrogen energy, metal membranes for hydrogen extraction, palladium membranes for hydrogen purification.

Batenkov K. Variance of the Estimation of the Pulse Characteristic of the Communication Channel with Additive Gaussian and Pulse Noise. – PP. 397–400.

The paper emphasizes that in the case of measuring the parameters of a communication channel, the most important statistical characteristic is its impulse response, and its evaluation is usually taken as an average value. It is shown that the quality of the standard estimation is determined not only by the dispersion of Gaussian noise in the communication channel, as in the case of a classical Gaussian communication channel, but also by the parameters of the pulse noise.

Key words: impulse response of communication channel, Gaussian noise, impulse noise, variance estimation.

Bocharov E., Konovalova E., Sedyshev E. Research of the Generation of Active Bipolar in a Spherical Resonator. – PP. 401–403.

The possibility of creating a generator when an active two-pole device is placed inside a spherical resonator is investigated. An experimental installation was created, and a model of the generator device on an active two-pole device was proposed. The presence of generation depending on the installation location of the two-pole is experimentally verified. The possibility of creating generators on the hemisphere has been confirmed.

Key words: microwave, generator, spherical resonator.

Bocharov E., Lepikhin K., Sedyshev E. Study of a Spiral Structures with a Screen. – PP. 404–407.

The work is devoted to a spiral antennas of the microwave range, which represent themselves are single-wound planar spirals in the form of various constructive inductances located in close proximity to the screen. The main task of the work is to research the electrodynamic characteristics of these antenna systems. Presents a results of the electrodynamic modeling and experiments for a number of investigated structures in the lower part of the microwave range, proving their operability.

Key words: spiral antennas with a screen, planar spiral, polygonal spiral, SHF.

Bocharov E., Podolskaya M., Sedyshev E. Amplifier on Active Double-Pole Integrated in Ring Elliptical Resonator. – PP. 408–412.

Today, in many radio systems, the main device is a low-noise low-voltage microwave amplifier. The development of narrowband amplifiers is a complex engineering task. We propose a strip

amplifier on a tunnel diode included in an annular elliptical resonator. The work presents the layout of the amplifier and presents the results of the experimental study.

Key words: very high frequency, resonator, ring resonator, microstrip line, amplifier, intensifying diode.

Brusin E., Korshunov M. Coaxial Resonator Based Transistor's Voltage Control Oscillators Design. – PP. 413–418.

There is voltage control oscillator (VCO) in frequency synthesizer for varicose equipment types. In particular, to create low phase noise level VCO the coaxial resonators use. The main problem is lack of ready-made tolerant coaxial resonator VCO for various frequencies and applications. The coaxial resonator based bipolar transistor's oscillator design to stabilize the generated frequencies is discussed.

Key words: frequency synthesizer, voltage control oscillator, coaxial resonator, the Colpitts oscillator.

Vaschenko S., Sedyshev E. Investigation of a Stripline Slot Spiral Structure. – PP. 419–423.

The work is devoted to the study of stripline slot structure designed for receiving and transmitting a signal. An equivalent electrical model of the structure was simulated, after then a power supply method was proposed for the possibility of implementation in an integrated circuit. A scale model was made and investigated with using an equivalent structure model.

Key words: spiral antenna, stripline slot antenna, stripline antenna, spiral slot antenna.

Vyalshin E., Sedyshev E. Phased System on the Two-Starting Continuous Spiral Structure. – PP. 424–428.

Spiral emitters are interesting for their unique properties. Their integration into the system allows you to control the radiation pattern, as well as improve some characteristics of the antennas. The ability to control radiation polarization, directivity, and better matching will always attract developers. The paper presents some successful results of combining several helical antennas.

Key words: microwave technology, microwave, planar spiral antenna, wire spiral, doublet of planar spiral antenna.

Golubenko N., Kubalova A. The Design Methods for Elliptic Filters with the Implementation on an Asymmetrical Strip Line. – PP. 429–434.

The new design methods for elliptic filters with the implementation on an asymmetrical strip line of the decimeter and centimeter ranges are introduced. An engineering method of synthesis of the above-mentioned filters on resonators of the same and different electrical length with the implementation on an asymmetrical strip line is presented.

Key words: elliptic filter, microwave filter, asymmetrical strip line, electrical length, coupled lines, bandpass filter, multi-line.

Golubenko N., Kubalova A. Synthesis and Design of Planar Elliptic Filters. – PP. 434–440.

An engineering method of the synthesis and construction of elliptic filters on resonators of the same and different electric lengths with implementation on an asymmetrical strip line is proposed. Electric and constructive calculations, numerical examples of calculations and

topologies are given: a filter on two parallel-connected arrays of coupled multi-line of the same electrical length, a filter on two parallel-connected short-circuited arrays of coupled multi-line, a filter on two parallel-connected open arrays of coupled multi-line, a filter on half-centered elements.

Key words: elliptic filter, asymmetrical strip line, electrical length, coupled line, bandpass filter, multi-line.

Ershov A., Nosov M., Shaulin A. Different Types of Arduino Boards and Its Uses. – PP. 440–445.

Various types of Arduino boards are considered, their advantages, and their main differences from other similar boards. A detailed review several of the most versatile boards, their components and advantages is carried out. The possibility of using these boards in training people who do not have an education in electronics and programming skills is also being considered.

Key words: microcontrollers, components, electronic platform, training.

Zorikov A., Nikitin Y. Simulation of Direct-Frequency Synthesizer Based on a Reverse Accumulating Adder. – PP. 445–450.

A passive digital frequency synthesizer is a finite-state machine (FSM), which generates overflow pulses at its output with a frequency f_{outLF} , determined by the control code Q . The FSM based on the accumulating adder (AA) is direct-frequency and optimal in terms of the minimum time error between the output overflow pulses and pulses of a perfectly uniform pulse sequence of the desired frequency f_{outLF} .

The addition of a FSM with a digital-to-analog converter allows you to reduce the level of discrete side components in the spectrum of the output signal. The use of reverse AA further improves the output spectrum in proportion to the square of the division coefficient.

Key words: frequency synthesizer, passive digital synthesis, accumulating adder.

Konovalov I., Nikitin Y. Development of the Layout of the Nonius Digital-to-Analog Converter. – PP. 451–454.

The main problem in the construction of digital-to-analog converters (DAC) is the ultimate accuracy of converting a digital control code into an analog parameter – current or voltage. Currently, the accuracy of DAC integrated circuits does not exceed 18 bits (with the exception of the sigma-delta DACs, which have an accuracy of 24 bits, but low speed). The limitation of the accuracy of the DAC is due to analog elements (R-2R matrix, current-voltage switches) and (or) the final speed of these nodes.

A prototype nonius digital-to-analog converter has been developed for experimental verification of the technical feasibility of the nonius method for converting a digital control code into an analog parameter - current or voltage.

Key words: digital-to-analog converter, control code, arithmetic adder, analog adder, nonius.

Landa A., Larkov E. Microwave Amplifier Linearization by Means of a Double Feedback. – PP. 454–458.

A new method of linearization of a nonlinear amplifier (double feedback linearization) is experimentally investigated. Linearization is achieved by combining two feedback (one negative feedback and positive feedback). An auxiliary amplifier is included in the feedback During the

research, an experimental model was created. The experiment confirmed the theoretical conclusions

Key words: linearization of a nonlinear microwave amplifier, double feedback, suppression of intermodulation distortion.

Landa A., Sedishev E., Hachin R., Shapovalova P. Tunable Device of Microwave Frequencies Using Ferrimagnetics. – PP. 458–460.

A tunable microwave microstrip resonator on a ferromagnetic substrate was studied. A resonator is a simple band-blocking filter controlled by a magnetic field. The experimental results demonstrate the feasibility of a filter in which the central frequency is changed by changing the electrical length of the microstrip resonators of the filter, due to the change in magnetic permeability of the substrate.

Key words: tunable microwave filter, ferrite substrate, ferromagnetic, microstrip resonator.

Leontyev A., Sedyshev E. Development and Realization of Broadband Transition Between Coplanar Waveguide and Symmetrical Strip Line. – PP. 461–466.

This paper dedicated to the design of volumetric microwave integrated circuits. Design and implementation of a broadband transition between coplanar waveguide and symmetrical stripe line are considered. The synthesis of this transition is complicated by the simultaneous use of planar and volumetric structures. A large-scale model in the form of a volumetric integrated circuit microwave was studied in this work.

Key words: SHF, transition, coplanar, CPW, strip line, SHF IC, topology, integrated circuit.

Mayorov A., Tabakov D. Spectral Method of Current Calculations for the Thin Tubular Vibrator Antenna. – PP. 466–471.

The singular integral equation (SIE) of a thin tubular vibrator is considered. This paper analyzed the dependence of the eigenvalues of the integral operator SIE on the frequency and geometric dimensions of the vibrator. The paper proposes method for calculating eigenvalues based on given eigenvectors.

Key words: dipole antenna, singular integral equation, method of moments, collocation method, eigenvalues, eigenvectors.

Namestnikov E., Sedyshev E. Synthesis of a T-Shaped Divider in Volumetric Integrated Design. – PP. 472–475.

Volumetric integrated microwave circuitry is a promising and actively developing area of radio electronics, with the development of microwave integrated circuits, device circuits become more complicated, various interlayer transitions are required, including those with power division.

Key words: volume integrated circuitry, microwave, power divider.

Nikitin Y. Construction of Multi-Discharge Parallel Digital Converter. – PP. 476–480.

The main problems in the construction of digital-to-analog converters (DACs) are the final accuracy of the implementation of analog elements (R-2R matrix, current-voltage switches) and (or) the final performance of these nodes. A method of building high-precision DACs based on vernier transforms is considered.

Key words: digital-to-analog converter (DAC), control code, quantization step, arithmetic adder, analog adder, measuring scale.

Nikitin Y. Amplifier for Measuring Active Ferrite Antenna. – PP. 480–485.

Design features of an amplifier on op-amp circuits for a small-sized broadband active magnetic ferrite antenna for measuring fields in the frequency range from 20 Hz to 300 kHz are considered.

Key words: active antenna, ferrite antenna, field strength, magnetic field, operational amplifier (op amp), gain, calibration factor.

Nikitin Y., Sedinin A., Yurova V. Overview of Frequency Converter Circuit Options. – PP. 485–490.

High need in wideband frequency converters make engineers and constructors constantly seek for improvements of existing schemotechnical decisions. This paper gives overview of approaches to construction frequency converters that exists at this moment/

Key words: frequency mixers, frequency converters.

Nikitin Y., Sinichkin A. Analysis of the Structures of Finite State Machines Based on an Accumulating Adder and a Frequency Divider with a Fractionally Variable Division Coefficient for a Controlled Delay Device. – PP. 490–494.

The paper constructed models and analyzed various methods of constructing a finite state machine based on accumulating adder and frequency division factors for controlling a delay device. Consideration of the issues of interaction and minimization of the level of discrete side spectral components at the output frequency of the synthesizer by controlling the time delay in the nanosecond range (interpolation).

Key words: finite-state machine, accumulating adder, divider with fractionally variable division coefficient, controlled delay device.

Nikitin Y., Yurova V. Analysis of Ways Design Amplifiers for Autogenerators with Low Noise Level. – PP. 495–500.

The noise problem is relevant for modern electronic equipment for various applications, and it becomes especially significant when developing and designing measuring and high-precision equipment. In the paper we obtained the ways of design amplifiers for generators with low noise levels used in medical electronics, types of frequency-correcting circuits that give the best result in noise suppression in amplifying devices.

Key words: amplifier, transistor, p - n -junction, computer modeling, semiconductor, electronics.

Putkov K., Shmatko A., Yurova V. The Analysis of Ways Design Virtual Practicum Measurement of the Audiometry Methods. – PP. 500–503.

The software development expands the possibilities of the educational process, creating opportunities for applying the theoretical foundations of basic disciplines in the formation of practical skills for future specialization. In the article it peculiarities of the organization of learning physics to medical students, the analysis of the possibilities of creating a virtual practicum using the bases of audiometry are obtained. The results of design of the virtual practicum measurement of the auditory sensation were obtained.

Key words: software, educational process, the educational process adaptability, information technology, virtual practicum, audiometry.

Rozhkov A., Sedyshev E. Research of Wide-Band Emitters in the form of a Bernoulli Spiral. – PP. 504–509.

The work is devoted to the study of an emitter over a conductive surface in the form of a Bernoulli spiral. The main purpose of this work is to study the characteristics of this structure in the frequency band 2 - 4 GHz. Simulation results and experimental results are presented.

Key words: spiral antennas, Bernoulli spiral, Golden spiral, broadband emitters, conducting surface.

Sazonenko N., Sedyshev E. Ring Resonator Oscillator in Microstrip Design. – PP. 509–513.

In this paper, the subject of research is a generator on a ring resonator in a microstrip design. A study of the possibility of creating a highly stable microwave generator on an MPL on a semiconductor diode was conducted. A highly stable oscillator based on an annular elliptical resonator in microstrip design was created and its operability was proved.

Key words: microwave, resonator, ring resonator, microstrip line, microwave generator.

Sedyshev E., Shomin A. Research of the Possibility of Simultaneous use of Several Active One-Port Devices in Creation of Generators. – PP. 514–519.

The paper considers the possibility of creating a generator on a ring elliptical resonator with the possibility of installing several diodes simultaneously. Constructive models of generators several active one-port devices with negative differential resistance in the mode of addition of powers are proposed. A method of feeding and removing microwave oscillations is considered.

Key words: microwave, generator, power addition, active one-port device, resonator.

Sergeev V. Comparative Analysis of Classic LC-Filters by Operating Indicators. – PP. 519–524.

The amount of stored energy in a reactive filter is a universal indicator and determines the mass, dimensions, energy loss and stability of the characteristics of the filter. A numerical comparative analysis of the indicated performance indicators is carried out, on the basis of which recommendations are given for their optimization for classical LC filters.

Key words: jet filter, energy functions, weight and size indicators.

Filin V., Yurova V. The Comparative Analysis of Testing Software for the Carrt Throat of the Intermediate Control of Knowledge. – PP. 524–527.

The software development of the educational process offers different testing tools as one of the forms of control, monitoring and evaluation of knowledge, skills and abilities. In the paper we obtained the results of comparative analysis of several programs for testing that used in education process. The main advantages and disadvantages of various testing programs were identified.

Key words: software, educational process, the educational process adaptability, information technology, test.

**HUMANITARIAN CHALLENGES
OF THE INFORMATION SPACE**

Alexandrov V., Esalov K., Severjanov V. Classification of user Access in Expert Voice Systems Based on Neural Networks in Text Format and Response Synthesis in Voice Format. – PP. 528–532.

This article is a logical continuation of the article “Speech recognition and synthesis in expert voice systems based on neural networks.” This article will consider the classification of user requests in expert voice systems based on neural networks, as well as the synthesis of the answer in voice format. The objective of the article is to describe the optimal technological stack for solving this problem.

Key words: neural networks, LSTM, forecasting, classification.

Alexandrov V., Esalov K., Severjanov V. Speech Recognition in Expert Voice Systems Based on Neural Networks. – PP. 533–538.

The work is devoted to the study and processing of incoming voice calls to a call center, using an expert system based on neural networks. For the analysis and development of the expert system, the real input data of the contact center working in a company engaged in the rental of real estate business were used. The relevance of the task set in the report is determined by the understanding of how many operators should be “in their places” to ensure the proper quality of call center service. To solve the task, we need to predict in advance what percentage of user questions lends itself to classification, and also consider the technologies available in today's realities to implement the task in an optimal way. The paper provides an analysis of the optimal list of technologies, as well as the methodology and reasons for their use, to achieve the highest quality result, while maintaining economic feasibility.

Key words: call center, operator, neural networks, speech recognition.

Astafjewa I. The Heuristic Potential of the Semiotic Method: Postmodern Analysis. – PP. 538–542.

The scientific and philosophical tradition of substantiating the linguistic nature of the sign, born of a structuralist paradigm, has long dominated semiotic studies. However, in the last decades of the last century, researchers are increasingly attracted to the analysis of non-linguistic sign formation. The development of the semiotic cognitive model within the framework of postmodern philosophical thought was a kind of impetus for expanding the research space of many socio-humanitarian areas. Ultimately, the semiotic method appears as an epistemological toolkit, with the help of which it is possible to study society and culture as the integrity of iconic practices, texts and codes.

Key words: semiotic method, structuralism, postmodernism, cultural text, intertext.

Belova E. Optimism Resource as a Factor of Successful Leadership. – PP. 543–548.

The article discusses the features of pessimism and optimism according to M. Seligman according the classification of the psychological phenomena (processes, states, peculiarities) accepted in Russian psychology. The connection of optimism and pessimism with personal factors according to the R. Cattell model and the phenomenon of stress resistance is discussed. It is shown

that optimism and pessimism are integral properties of the second-order personality. The manifestation of optimism depends on the stressfulness of the situation, is determined by the stability and generalization of an optimistic attitude, which is especially important for successful leadership.

Key words: optimism and pessimism, adaptability, resistance to stress, successful leadership, personality and situation.

Belova E. Risks of Digital Socialization of Young People from the Point of View of Virtual Psychology. – PP. 548–552.

The article discusses the problem of the virtual environment as an object of a new branch of psychology, virtual psychology, research. A new type of socialization of young people (digital socialization) is considered from the classification of the psyche's spheres (emotional-volitional, cognitive, communication, value-motivational and behavioral) accepted in Russian psychology. The article discusses the information and communication nature of the virtual environment in which the socialization of modern youth takes place and the specifics of information and communication behavior of young people in virtual reality. The risks and prospects of digital socialization are outlined.

Key words: virtual psychology, virtual reality, digital socialization, risks and prospects of digital socialization.

Berezina I., Tsverianashvili I. From the History of the Environmental Movement in Europe: the experience of Germany in the Second Half of the XX Century. – PP. 553–556.

This article is devoted to the history of the emergence and development of the environmental movement in Germany, which occupies a special place in the social and political life of the country. Since the second half of the XX century, environmental issues have become one of the most pressing in the country, which was associated with the idea of a crisis in the relationship between man and nature in the development of industrial society. The environmental movement of the Federal Republic of Germany has passed a difficult path of development, starting from the appearance of the first protest movements and organizations, ending with institutionalization at the political level and the formation of a strong political party. There is no doubt that the role of the "green" in society will grow, and the prospects for their development are opened with the understanding of the inability of traditional political forces to prevent environmental problems.

Key words: ecology, environmental movement, greens, green party, Germany.

Bulatova A. Digital Storytelling in EFLT: Methodological Aspect. – PP. 556–560.

The article is devoted to the issues of using digital storytelling in teaching foreign languages to region studies experts. Information society requires competences from graduates that are impossible to acquire without active participation of the students. This in turn requires restructuring education system and using new methods and technologies. One of such technologies that appeals to modern students who are digital natives and forms the necessary competences is digital storytelling. The article considers the technology in both historical and practical aspects.

Key words: digital storytelling, EFLT, ICT.

Voronov I. The Postal Department in the Reign of Nicholas I (1825–1855). – PP. 561–566.
The article is devoted to the reorganization of the postal department. The paper studies the preparation and consequences of the transformation of the Postal Department in 1830. The activity of A. N. Golitsian and V. F. Adlerberg as the supreme commander of the postal department.

Key words: Nicholas I, A. N. Golitsyn, V. F. Adlerberg, Post Office, Post Office.

Vyazmin A. Reflection and Evidence as a Methodology of Scientific Knowledge. – PP. 567–571.

The paper deals with the issues of the status of science, scientific knowledge and its methodology in the phenomenology of E. Husserl in various periods of his creative activity. Phenomenology does not immediately declare its claim to be a restorer of the long-standing task of philosophy being a general science. During the period of descriptive phenomenology Husserl's attention is mainly focused on logic and on the language of science, although even at this time it is guessed the search for a justification of scientific knowledge in the concept of "the principle of presuppositionlessness". During the transcendental period the problem of evidence is radicalized as the ultimate justification for scientific knowledge, which is expressed in the "principle of all principles" and in the foundation of the sciences in the eidetic "field" of pure consciousness. During the period of genetic phenomenology it is proposed a program for constructing transcendental logic in the discretion of pre-predicative entities. Nevertheless, the main methodological principle of phenomenology in relation to scientific knowledge remains reflection and the search for evidence.

Key words: philosophy of science, phenomenology, methodology of scientific knowledge, reflection, evidence.

Gekht A. To the Memory of Russian Radio Industry's Founder M. A. Bonch-Bruevich. – PP. 571–577.

The purpose of this article is to describe the main stages of the outstanding Russian scientist Mikhail Alexandrovich Bonch-Bruevich's life and scientific career. M. A. Bonch-Bruevich is not only the founder of Russian radio industry but also a scientist who prepared the basement for further improvement and development of the communications industry in our country. As a successful teacher, he trained many significant scientists who followed his footsteps. The memory of M. A. Bonch-Bruevich is carefully preserved in the walls of the Saint Petersburg University of telecommunications named in his honor.

Key words: radiobroadcasting, M. A. Bonch-Bruevich.

Gekht A., Perevozchikova V. White House Policy Regarding Iran under President D. Trump (on media materials). – PP. 577–581.

This article considers US foreign policy under President Donald Trump regarding Iran. The reaction of the media to the decisions of Donald Trump regarding Iran is analyzed. The study regards how White House policies influenced the situation in the region. In particular, the following foreign policy steps taken by President Donald Trump were analyzed in detail: withdrawal from Iranian nuclear deal and subsequent actions by Iran, sanctions imposed by the USA against Iran, the assassination of general Qasem Soleimani in Baghdad and subsequent events following this decision.

Key words: US politics, US-Iran relations, Donald Trump's politics.

Gunina E., Ivanova S. Illusions in the Design of Outdoor Advertising. – PP. 581–585.

The article provides an analysis of examples of optical illusions of movement in advertising. The relevance and practical aspect of the chosen topic is determined by a number of key problems related to the relevance and effectiveness of using the new approach in the advertising field to increase attention and interest in advertising, as well as increase sales of advertised products. The possibility of applying new techniques of visual solutions in the process of creating advertising banners is considered. On the example of well-known advertising campaigns, techniques for creating the movement of optical illusions are presented.

Key words: color, illusion of color, advertising, printing, design, optical illusions, images, illusion of movement.

Zobova M., Rodukov F. Is the Idea of Patriotism for the Future of RUSSIA sufficient? – PP. 586–591.

The article shows that the ambivalence of the contradictory notion of patriotism does not allow it to claim the status of the only ideology of modern Russia. The idea of patriotism should be supplemented by a number of notions that reveal the perspective and generally significant goals for the progressive development of our country. The new ideology should proclaim the values uniting the veritable majority of nations and peoples of the Russian Federation.

Key words: patriotism, ideal, ideology, values, libertarianism, social synergetics.

Izmozik V. About Perlustration of Diplomatic Mail by Russian Services in the First Half of the XIX Century. – PP. 591–595.

The article analyzes the methods of obtaining information about the activities of foreign diplomats in the Russian Empire, including their reports on the state of Affairs in the host country, assessment of internal and external policies, information about relations within the political elite, and instructions received from the foreign policy leadership.

Key words: the interception, decryption service, secret police expedition, foreign post office, perlustration item in Constantinople.

Kuznetcova E., Shutman D. Image Promoting of the Politician in Social Networks. – PP. 596–599.

The article substantiates the relevance of the study of the process of the image promoting of a politician in social networks. The analysis of the action program, the implementation of which will help to achieve high performance of the communication strategy, is presented. All the considered aspects of the process of the image promoting of a politician in social networks must be organically incorporated in the development of the overall strategy of advertising and PR activities.

Key words: political leader, image, advertising, public relations.

Malchenkova A. Communicative Network form of Functioning of Social Space. – PP. 599–604.

The article analyzes the emerging communication systems of the information society. Particular attention is paid to communication relations in the Internet network environment.

Key words: social network, information society, cyberspace.

Molchanova T. Project Activities in the Social and Cultural Sphere. – PP. 604–607.

Currently, the creation of projects in various fields is becoming very broad. Political, social, artistic, environmental, and sports areas can now be identified as priority areas of project activity. Creating a successful project involves serious analytical work, identifying the problem situation and developing a competent business plan.

Key words: social and cultural activities, project activities, cultural sphere, business planning.

Moseev V., Tsverinashvili I., Yakovlev A. Participation of Feljegery in the Russian-Japanese War 1904–1905. – PP. 607–610.

Since the formation of the courier corps of Russia in 1796, many heroic pages related to the military history of the Fatherland have been written in the biography of this service. One of them is illustrated by some episodes from the activities of couriers during the Russo-Japanese War of 1904–1905.

Key words: military history, courier corps, Russo-Japanese War of 1904–1905.

Moseev V., Yakovlev O. Tbilisi LIIS History Page 1942–1945. – PP. 611–615.

One of the pages of the 90-year history of our university was the evacuation of the institute in Transcaucasia during the Great Patriotic War. Based on archival documents, some features of the LIIS evacuation, accommodation in the city of Tbilisi, the organization of daily activities and the educational process in 1942–1943 are considered.

Key words: the blockade of Leningrad, evacuation, accommodation in Tbilisi, the educational process, a branch of LIIS.

Nerovnyi A., Reznikov B. European Cooperation in the Sphere of Ecology and Natural Resource Management. – PP. 616–620.

Historically, Europe is one of the places on the planet where human activity is particularly high. Large cities, developed industry and a vast population are concentrated here. It has resulted in serious environmental problems that require considerable effort and resources to deal with. To create a complete picture of the environmental situation in Europe, this article includes a hierarchical structure of interaction, a brief periodization of environmental activities, the main current challenges in the field of ecology and the authorities, organizations and associations operating in this area.

Key words: ecology, natural resource management, sustainable development, partnership, European cooperation.

Paramonova M. Political Blogs in Internet Mass-Media as a New Form of Political Communication: Genre and Linguistic Peculiarities. – PP. 621–625.

The article considers journalistic blogs on politics and political news. The specific features of these blogs in terms of topic, communication aim, communicative future, author's image and linguistic expression are analysed. Political blog in Internet mass-media is distinguished as a special genre variety. The author describes genre and linguistic peculiarities of the Guardian's political blog.

Key words: internet mass-media, political journalistic blog, genre features, online version of a newspaper.

Seliverstov V. Platon's Μάθημα and Some Features of Teaching Philosophy. – PP. 625–627. *Science and philosophy in Antiquity did not have an exact genre distinction. In the article the author proposes to get acquainted with the experience of practical work within the walls of SPbGUT using examples of analysis of classical texts of philosophical tradition, which are also important for the history of mathematics.*

Key words: history of philosophy, history of science, ancient mathematics, number, dialectic of Plato, platonism.

Serebryakova S., Serebryakova T. Criteria for Assessing the Accuracy of Literary Text Translations. – PP. 628–632.

In a time of globalisation and intermingling of cultures, the demand for translated fiction is increasing and this in turn has greatedened the relevance of the theory and practice of translation of literature into different languages. The process of translating a literary text depends on the features of its genre, authorial style, and the skill of the translator. Modern translation theory contains many concepts and approaches to understanding the translation process and the relationship between the author, the text, the translator and the reader within that process. Quality of translation and its assessment play an important role in the process. These concepts and criteria are tested and illustrated using examples of Russian and German translations of an English-Language text.

Key words: descriptive approach, adequacy of translation, equivalence of translation, “dynamic equivalence”, “functional equivalence”, “intelligibility of translation”, dynamic model, communicative effect.

Sokolova Yu. On the Problem of a Communicative Approach in Teaching a Foreign Language in Moral Aspect. – PP. 633–636.

The article is devoted to the use of a communicative-activity approach to teaching a foreign language in moral aspect. Organization of self-realization and socialization of students by means of a foreign language for specific purposes in higher professional school is described.

Key words: linguodidactics, teaching foreign languages for special purposes, English for special purposes, learning foreign languages, moral education, educative learning.

Solovieva V., Tsverianashvili I. Energy Aspect of Denmark Environmental Policy at the Present Stage. – PP. 636–640.

At the moment, it seems important to study the experience of single countries and regions of the world in the implementation and development of energy policy in the framework of a rational environmental approach. The experience of Denmark, the leading environmental North European state, in this matter can be a very successful example. Already in the 1990s the country moved away from traditional fossil energy to solar energy, wind energy, hydropower, etc. The development of alternative energy sources has a positive effect on the environmental situation in the country. The use of traditional sources decreased by one third in Denmark compared to the end of the 20th century. The development of renewable energy sources helps to reduce emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases, as well as reduce the amount of environmental hazardous waste.

Key words: Denmark, ecology, energy, sustainable development.

Terenteva E. The French Press about the Battle of Moscow. – PP. 640–644.

The analysis of the press reports about the battle of Moscow in 1941–1942 in France is especially interesting due to the striking difference between the stages of the battle: the retreat of the Soviet troops (30.09.41–4.12.41), then the counter-offensive of the Red Army (5.12.41–7.12.42), and finally the successful offensive (7.01.42–30.03.42). The failure of the Blitzkrieg had become evident in the course of that battle as well. The coverage of the battle of Moscow in the French press gives a discrete image of the existing at that moment range of views on the Soviet-German campaign. Three main points of view may be singled out. An active pro-German group of periodicals existed, and they were supported by the authorities in both occupied zones. At the same time, anti-bolshevist views were widespread in France before the beginning of the war, so they remained under German occupation. The opposite anti-German and pro-Soviet views could be proclaimed only in the underground press of the French Resistance movement, though a very limited number of legal editions did their best to keep a balanced approach to the coverage of the events on the Eastern front.

Key words: World War II, Great Patriotic War, battle of Moscow, France, press, mass-media.

Terenteva E., Khomenko E. The Problems of Digital Infrastructure of the Library System in Britain at the Present Stage. – PP. 644–648.

The article is devoted to the study of the digital infrastructure of libraries in the Great Britain, which is a technology for the implementation of the recent strategic goals set by the Department of Digital, Culture, Media and Sports (DCMS).

In the course of the work, it is analyzed how digital technologies, which tend to constant changes, affect the main activities of the UK public libraries. The work also explores the new mission of libraries - expanding digital access and increasing digital literacy of citizens, which is becoming increasingly important for strategies of central and local authorities in the field of economic development, reducing social exclusion and creating cohesion of society.

Libraries can be digital leaders of their communities, demonstrating the potential of new technologies and letting society explore, test and research their capabilities and use them creatively.

Keywords: libraries, library network, digital infrastructure, digital, Great Britain.

Fedorova O. The use of Computer Games in Foreign Language Training. – PP. 648–652.

The article is devoted to the use of computer games in foreign language training. The inclusion of Internet technologies in the educational process is considered in this work as a motive for the high-quality training of a foreign language. The article defines the terms “game”, “computer game”. The positive and negative effects of computer games on the student’s personality are examined.

Key words: internet technologies, foreign language training, motive, computer game, game, student of the technical faculty.

Tsverianashvili I. From the History of the Creation and Activities of the “Royal Electric Telegraph Agency” of Sweden. – PP. 653–656.

The article discusses the formation and activities of Televerket, which was founded in the middle of the XIX century as the Royal Electric Telegraph Agency, the future leading telecommunications company and state-owned communications monopoly in the Kingdom of Sweden. Achievements of scientific and technological progress, such as the emergence of an electric telegraph and telephony, as well as widespread support from the government, allowed company

to become a monopolist in the field of communication services, which actually lasted until the 1990s. After a number of technical and organizational changes, today this company is the part of the Finnish-Swedish telecommunications company Telia and plays a prominent role in the telecommunications services market in several European and Asian countries.

Key words: telegraph, communications, Sweden, telecommunications, communication history.

Tsverianashvili I., Yuzhakov M. The Impact of European CO2 Reduction Goals on the Western European Automotive Market. – PP. 657–659.

According to the upcoming new EU environmental standards, car manufacturers will have to lower average carbon dioxide emissions from cars to 95 g/km for 95 % of cars by 2020 (for 100 % by 2021), and for all cars to 59 g/km by 2030. European manufacturers, most likely, will not be able to achieve this and will exceed this indicator by 3–5 g/km in 2020–2021, which will lead to the payment of multibillion-dollar fines. This can significantly change the balance of power in the automotive market in Western Europe. Among emergency measures, European manufacturers may take an increase in the share of ULEV (Eng. Ultra-Low Emission Vehicle) automobiles, hybridization of existing automobiles, creation of new electric automobile platforms, facilitation of automobiles by increasing the share of modern materials in body parts and the power structure of the body.

Key words: automotive market, emission reduction, environmental standards, hybrid car, electric car.

Chernov S. About Bureaucracy in Higher Education. – PP. 660–664.

It is considered from the viewpoint of social philosophy the essence of the bureaucracy phenomenon as one of the ways of communication, power and management, as well as the peculiarities of bureaucracy and red tape in the modern Russian higher education' system. It is shown how the necessary evil of the bureaucracy in the mutual engagement in education and upbringing takes on a degenerate form, which not only reduces the effectiveness of joint activities, but also paradoxically impedes the achievement of one's own goal and generates one of the forms of social parasitism.

Key words: social philosophy, bureaucracy, higher education, social parasitism.

Chernysh J. Social Aspects of Digital Inequality. – PP. 665–668.

The article discusses the main occurrences of social inequality, determined by the development of the information society in Russia. Digital inequality is analyzed as a three-level phenomenon related to the characteristics of the social characteristics of consumers of digital technologies, their presence of certain skills and competencies, and differentiation of social practices of network behavior.

Key words: digital inequality, digital literacy, digital technology, the information society, intergenerational interaction.

АВТОРЫ СТАТЕЙ

- АЙЕД Хумэйд Мансур Мурад аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, humaidayedh@gmail.com
- АЛЕКСАНДРОВ Александр Михайлович директор Санкт-Петербургского предприятия Специализированное конструкторское бюро «Энергия», ntk10@mail.ru
- АЛЕКСАНДРОВ Виктор Павлович студент группы ИКПИ-62 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alyx-vitish@yandex.ru
- АЛИМОВ Василий Николаевич кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alimov_vasilii@mail.ru
- АНДРЕЕВА Ольга Марковна кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В. И. Ульянова (Ленина), AndreevaLETI@yandex.ru
- АНДРОНОВ Максим Олегович студент группы Р-81м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, maks7865@bk.ru
- АНДРОПОВ Алексей Викторович аспирант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mixphixion@mail.ru
- АНУФРЕНКО Александр Викторович кандидат технических наук, научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, leroi88@mail.ru
- АРАЛКИН Михаил Вячеславович техник Военной академии Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого, aralkingd@mail.ru
- АСТАФЬЕВА Ирина Евгеньевна кандидат философских наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, rina.astafjewa@ya.ru

- БАБАЕВ** аспирант кафедры радиосвязи и вещания, инженер научно-образовательного центра «Беспроводные инфотелекоммуникационные сети» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, n.babaev2016@yandex.ru
- БАРАНОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин технических специальностей Уральского технического института связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге, sbaranov49@mail.ru
- БАТЕНКОВ** доктор технических наук, доцент, сотрудник Академии Кирилл Александрович Федеральной службы охраны Российской Федерации, pustur@yandex.ru
- БЕЛОВА** кандидат психологических наук, доцент, доцент Елизавета Васильевна кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, limax3@yandex.ru
- БЕРЕЗИНА** студент группы ЗР-81М Санкт-Петербургского Ирина Сергеевна государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, berezinairene@gmail.com
- БИРЮКОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры Военной Андрей Анатольевич академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru
- БОБРОВСКИЙ** студент группы РМ-82 Санкт-Петербургского Андрей Владимирович государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, andruha40k@gmail.com
- БОЛЬШАКОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры Николай Юрьевич экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, NBolshakov@ya.ru
- БОРИСОВ** доктор технических наук, профессор кафедры Евгений Геннадьевич радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, begspb1967@mail.ru

- БОРИСОВА** Елена Анатольевна старший преподаватель кафедры «Системы энергообеспечения» Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада Ал-Хоразмий, elenfox@list.ru
- БОЧАРОВ** Евгений Иванович кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, bocharov.ekp@gmail.com
- БРАНЬКО** Артем Максимович студент группы РЦТ-62 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artbrank@gmail.com
- БРУСИН** Ефим Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича; начальник научно-технического отдела аппаратуры спутниковой связи, Научно-исследовательский институт радио Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение научно-исследовательского института радио» (Филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР), yefim@loniir.ru
- БУЛАВИН** Евгений Игоревич аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ciceromarcus@yandex.ru
- БУЛАТОВА** Анастасия Борисовна старший преподаватель кафедры иностранных языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени проф. М. А. Бонч-Бруевича, bulatova25a@gmail.com
- БУСНЮК** Андрей Олегович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, busnyk@sut.ru
- БУЧАТСКИЙ** Александр Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alexanderbuchatsky@yandex.ru
- ВАСИН** Антон Сергеевич студент группы Р-83м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, antoshca-vasin@yandex.ru

- ВАЩЕНКО Святослав Дмитриевич магистрант Санкт-Петербургского государственного университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mr.vashenko97@gmail.com
- ВЕРЕСОВ Владимир Дмитриевич студент группы Р-81м Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vervov2010@rambler.ru
- ВОЛКОВ Владимир Юрьевич доктор технических наук, профессор, сотрудник АО «НПП «Радар ммс», Vladimi-volkov@yandex.ru
- ВОЛОДЯГИН Андрей Валерьевич кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических систем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, andrey_avia@mail.ru
- ВОРОБЬЕВ Олег Владимирович кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vorobievov@bk.ru
- ВОРОНОВ Иван Иванович доктор исторических наук, профессор кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Ivan.voronov@mail.ru
- ВЯЗЬМИН Алексей Юрьевич кандидат философских наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, isvaradesa@yandex.ru
- ВЯЛЬШИН Эмиль Саитович магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А Бонч-Бруевича, vyalshin.emil@gmail.com
- ГЕХТ Антон Борисович кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, a.geht@yandex.ru
- ГОГОЛЬ Александр Александрович доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, al.gogol@mail.ru
- ГОЛОВИНОВ Олег Владимирович магистрант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, oleggol93@mail.ru

- ГОЛОД Олег Саулович кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, oleg-spbru@yandex.ru
- ГОЛУБЕВА Анна Аркадьевна студентка группы Р-83м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nyuta.golubeva19@mail.ru
- ГОЛУБЕНКО Наталья Ивановна старший преподаватель кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aeb@hotbox.ru
- ГОРОБЦОВ Илья Александрович инженер кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, iliya_gorobtsov@mail.ru
- ГРЕКОВ Константин Борисович доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, grekovkb@yandex.ru
- ГРЕЦЕВ Валерий Петрович кандидат технических наук, доцент кафедры Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru
- ГРИГОРЬЕВ Павел Андреевич оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, favorite1997@yandex.ru
- ГУЗЕНКО Ольга Алексеевна студентка группы Р-81м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, oaguzenko@yandex.ru
- ГУЛЬТЯЕВ Юрий Павлович ветеран АО «Научно-исследовательский институт телевидения», virab565@rambler.ru
- ГУМЕНЮК Василий Иванович доктор технических наук, профессор Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, vasiliy.gumenyuk@mail.ru
- ГУМИНСКИЙ Олег Андреевич студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, g-oleg_95@mail.ru

- ГУНИНА Елена Викторовна кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, IKD232@yandex.ru
- ГУРЕЕВ Артем Евгеньевич аспирант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, argureev@yandex.ru
- ДАВЫДОВ Александр Викторович кандидат технических наук, начальник кафедры Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru
- ДАВЫДОВА Валерия Сергеевна студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, davlera1998@mail.ru
- ДВУРЕЧЕНСКАЯ Надежда Александровна директор центра содействия научно-инновационной деятельности Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики, dvurechenskaya@sibguti.ru
- ДЕМЕНТЬЕВ Андрей Николаевич доктор технических наук, доцент кафедры радиоволновых процессов и технологий института радиотехнических и телекоммуникационных систем, старший научный сотрудник МИРЭА – Российского технологического университета, dementyev-a-n@yandex.ru,
- ДЕМЧЕВ Денис Михайлович кандидат физико-математических наук, ведущий инженер Арктического и антарктического научно-исследовательского института, demchev@chalmers.se
- ДЁШИНА Наталия Олеговна старший преподаватель кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, salo_piter141@mail.ru
- ДМИТРИЕВ Герман Алексеевич студент группы Р-82м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, jgd_ger@mail.ru
- ДМИТРИЕВ Павел Дмитриевич руководитель проекта АО «Конструкторское бюро навигационных систем», p-dmitriev@list.ru
- ДОБРОБОРСКИЙ Борис Самуилович кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник ООО «СПбГАСУ-Дорсервис», 5542797@rambler.ru

- ЕВСТАФЬЕВА Янина Владимировна аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, highwaye18@gmail.com
- ЕГОРИНА Анна Васильевна доктор географических наук, профессор кафедры экологии и географии Восточно-Казахстанского государственного университета им. С. Аманжолова, av_egorina@mail.ru
- ЕГОРОВ Станислав Геннадьевич старший преподаватель, кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sgegorov@gmail.com
- ЕРШОВ Александр Владимирович подполковник, начальник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, aershov@mail.ru
- ЕСАЛОВ Кирилл Эдуардович начальник научно-образовательного центра «Инфокоммуникационных технологий и нейрокогнитивных архитектур» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, yk@bonch-ikt.ru
- ЖИРОХОВ Андрей Игоревич заместитель начальника научно-исследовательского отдела Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, zhirokhov21@gmail.com
- ЗАРУБИНА Арина Владимировна студентка группы РА-61 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zarubina.larina@gmail.com
- ЗОБОВА Мария Романовна кандидат философских наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, swbusoff@mail.ru
- ЗОРИКОВ Антон Станиславович студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, glazers@yandex.ru
- ИВАНОВА Любовь Александровна ветеран АО «Научно-исследовательский институт телевидения», lal20iv12@gmail.com

- ИВАНОВА Светлана Владимировна студент группы ИСТ-931м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ivanova2530@bk.ru
- ИЗМОЗИК Владлен Семенович доктор исторических наук, профессор, профессор кафедры Истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, izmozik@mail.ru
- ИСЛАНГИРИЕВА Айна Мусаевна студентка группы Р-82м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, erma001@yandex.ru
- КАПРАЛОВ Дмитрий Дмитриевич старший преподаватель кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dmitry_kapralov@mail.ru
- КИРИК Дмитрий Игоревич кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, d_i_kirik@mail.ru
- КИРИЛЛОВА Наталья Сергеевна студентка группы ИКТ-617 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, xembi@mail.ru
- КИСЕЛЕВ Олег Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru
- КЛЮЕВ Дмитрий Сергеевич доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой радиоэлектронных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, klyuevd@yandex.ru
- КОВАЛЬЧУК Виктор Сергеевич кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник базового центра системного проектирования АО «Научно-исследовательский институт телевидения», cbp@niitv.ru
- КОЗЛОВ Дмитрий Сергеевич магистрант группы ИКТБ-97м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dmitry.kozlov.97@mail.ru

- КОНОВАЛОВ Илья Сергеевич студент группы ФП-81м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ilkon97@gmail.com
- КОНОВАЛОВА Елизавета Александровна магистрант группы ФП-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, konowalowa.elizaweta@yandex.ru
- КОРОБОВ Петр Владимирович ведущий инженер Арктического и Антарктического научно-исследовательского института, pkor@aari.ru
- КОРОТИН Владимир Евгеньевич кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vekorotin@sut.ru
- КОРШУНОВ Михаил Владимирович ведущий инженер отдела аппаратуры спутниковой связи, Научно-исследовательский институт радио Санкт-Петербургский филиал «Ленинградское отделение научно-исследовательского института радио» (Филиал ФГУП НИИР-ЛОНИИР), korshunov@loniir.ru
- КУБАЛОВА Анна Рудольфовна кандидат технических наук, доцент кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kubalovaap@mail.ru
- КУЗЕНОВ Сергей Ризабекович аспирант кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, skuzenov@ya.ru
- КУЗИН Павел Игоревич преподаватель кафедры Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru
- КУЗНЕЦОВА Екатерина Игоревна кандидат политических наук, доцент кафедры Социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kuznetsova13@ya.ru
- КУЗЬМИН Сергей Викторович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sergey-v-kuzmin@yandex.ru

- КУЛИКОВ** аспирант, старший преподаватель кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kulikovsp.rtrn@yandex.ru
Сергей Павлович
- КУЛИНКОВИЧ** кандидат химических наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, geochem@mail.ru
Алексей Викторович
- КУРКИН** студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, eee.kurkin@yandex.ru
Евгений Викторович
- КУРУШКИН** техник кафедры № 28 Военной академии ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого, kurushkin-m-s@yandex.ru
Михаил Сергеевич
- ЛАЗАРЕВ** аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, laviol.94@gmail.com
Виталий Олегович
- ЛАНДА** кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, landa.alexandr@mail.ru
Александр Эдуардович
- ЛАРЬКОВ** магистрант группы ФП-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, jlarkov@gmail.com
Евгений Юрьевич
- ЛЕОНТЬЕВ** магистрант Санкт-Петербургского государственного университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, leontev.aleksandr.88@mail.ru
Александр Сергеевич
- ЛЕПИХИН** студент группы ИКТ3-63 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kirilllepi@mail.ru
Кирилл Алексеевич
- ЛИВШИЦ** доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, livshits@sut.ru
Александр Иосифович

- ЛИКОНЦЕВ** кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Likontsev-rts@mail.ru
Алексей Николаевич
- ЛИМАНОВА** студентка Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, nasstena@bk.ru
Анастасия Игоревна
- ЛИПАТНИКОВ** доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник НИЦ Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, lipatnikovanl@mail.ru
Валерий Алексеевич
- ЛОГИНОВСКАЯ** кандидат географических наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aloginovskaja@bk.ru
Алёна Николаевна
- ЛЯЛИНА** студентка группы РТ-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lyalinanna@gmail.com
Анна Жановна
- МАЙОРОВ** инженер кафедры радиоэлектронных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, andrey.mayorov.92@yandex.ru
Андрей Геннадьевич
- МАЛЬЧЕНКОВА** кандидат социологических наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, palzu73@gmail.com
Анна Евгеньевна
- МАНВЕЛОВА** кандидат технических наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, manvelova@inbox.ru
Наталья Евгеньевна
- МЕЩЕРЯКОВА** студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, iramesheryakova7@mail.ru
Ирина Николаевна
- МИЛЮТИН** доктор технических наук, профессор кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mma@spbgasu.ru
Евгений Рафаилович

- МИРГОРОДСКИЙ** Роман Валерьевич подполковник, преподаватель кафедры войск связи Военно-учебного центра Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М. И. Платова,
leroi88@mail.ru
- МИХАЛЕВ** Олег Александрович кандидат технических наук, начальник научно-исследовательского отдела – 3 Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
oleg.mikhalev.74@mail.ru
- МОЛЧАНОВА** Татьяна Вячеславовна кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
molchanova_tania@mail.ru
- МОСЕЕВ** Василий Ильич кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vasismo@yandex.ru
- МОШКОВ** Виталий Валерьевич инженер-исследователь НОЦ «Технологии информационных образовательных систем» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
setvit97ex@yandex.ru
- МЫШЬЯНОВ** Сергей Васильевич начальник Научно-образовательного центра «Технологии информационных образовательных систем» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
mishyanov@gmail.com
- НАВУРБИЕВ** Гамзат Шамильевич старший оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
gamzat_has@mail.ru
- НАМЕСТНИКОВ** Евгений Иванович магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
bahmen21@gmail.com
- НЕЛЮБОВА** Мария Евгеньевна магистрант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
kpouuu@gmail.com

- НЕРОВНЫЙ** ассистент кафедры истории и регионоведения
Артём Викторович Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
art830@yandex.ru
- НИКИТИН** кандидат технических наук, старший научный
Юрий Александрович сотрудник, доцент кафедры электроники и
схемотехники Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, yuriyan@list.ru
- НОСОВ** полковник запаса, доктор технических наук, доцент,
Михаил Иванович старший научный сотрудник Научно-
исследовательского центра научно-исследовательского
отдела Военной академии связи им. Маршала
Советского Союза С. М. Будённого,
mikhail.nosov.64@mail.ru
- НУРМУХАМЕДОВА** ассистент кафедры «Электроника и радиотехника»
Т. У. Ташкентского университета информационных
технологий им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
shodiyor.x89@mail.ru
- ОВЧИННИКОВ** аспирант кафедры общепрофессиональных дисциплин
Дмитрий Александрович технических специальностей уральского технического
института связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге,
Gfabullous@gmail.com
- ОСИПОВ** доктор физико-математических наук, доцент, проректор
Олег Владимирович по науке и инновациям Поволжского государственного
университета телекоммуникаций и информатики,
o.osipov@psuti.ru
- ПАВЛОВ** студент группы Р-92м Санкт-Петербургского
Тимофей Андреевич государственного университета им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, timofey.pavlov.spb@gmail.com
- ПАНИХИДНИКОВ** кандидат военных наук, доцент, заведующий кафедрой
Сергей Александрович Экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
bjd-gyt@mail.ru
- ПАНКИН** кандидат технических наук, преподаватель кафедры
Андрей Алексеевич Военной академии связи им. Маршала Советского
Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru

- ПАРАМОНОВА Марина Ильинична кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, paramonova_mi@mail.ru
- ПЕРЕВОЗЧИКОВА Варвара Алексеевна студентка группы ЗР-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, greenapple2509@mail.ru
- ПЕРЕВЫШКО Александра Сергеевна магистрант группы ЭП-91М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. М. А. Бонч-Бруевича, perevyshko.as@spbgut.ru
- ПЕРЕДИСТОВ Евгений Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, euperedistov@yandex.ru
- ПЕРЕКУПКА Артем Михайлович магистрант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artem.perekupka@yandex.ru
- ПИМЕНОВА София Александровна студентка Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, pimenowasofya@yandex.ru
- ПОВАРЕНКИН Николай Владимирович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехнических систем Санкт-Петербургского университета аэрокосмического приборостроения, povarenkin.nv@guap.ru
- ПОДОЛЬСКАЯ Мария Олеговна магистрант группы ФП-91м Санкт Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, masha.bas@yandex.ru
- ПОЛЬЩИКОВ Кирилл Андреевич сотрудник Санкт-Петербургского предприятия «Специализированное конструкторское бюро «Энергия», leverin235@yandex.ru
- ПОНАМАРЕВ Николай Владимирович начальник лаборатории Санкт-Петербургского предприятия «Специализированное конструкторское бюро «Энергия», n.ponamarev@gmail.com
- ПОТАПОВ Илья Александрович кандидат технических наук, преподаватель кафедры Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, kuzik78@mail.ru

- ПУТКОВ Кирилл Александрович кандидат экономических наук, ассистент кафедры медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, informatika@szgmu.ru
- ПШИГОЦКИЙ Юрий Иосифович младший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, 89214153425@mail.ru
- РЕЗНИКОВ Богдан Константинович ассистент кафедры фотоники и линий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, rznkff@gmail.com
- РОГОВСКИЙ Евгений Романович магистрант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, rogovskii.er@yandex.ru
- РОГОЗИНСКИЙ Глеб Гендрихович кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии, начальник НОЦ «Медиацентр» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, gleb.rogozinsky@gmail.com
- РОДЮКОВ Алексей Федорович кандидат философских наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, a.rodukov@yandex.ru
- РОЖКОВ Анатолий Максимович студент группы ФП-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, rozhkov_a_m@mail.ru
- РУСИН Иван Сергеевич оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, aokruan@gmail.com
- РЫЖИКОВА Татьяна Аркадьевна старший преподаватель кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, t.rigikova@yandex.ru
- РЫЖКОВ Александр Евгеньевич кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aryjkov@mail.ru

- САЗОНЕНКО Наталья Юрьевна магистрант группы ФП-81м кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, allurs96@mail.ru
- САКОВА Наталья Владимировна кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nat.sakova@mail.ru
- СВИНЬИНА Ольга Андреевна старший преподаватель кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, olga.svinyina@gmail.com
- СЕВЕРЬЯНОВ Василий Дмитриевич студент группы ИКПИ-61 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kgpd02@gmail.com
- СЕДИНИН Артём Дмитриевич студент группы ФП-81м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artyomsed1997@gmail.com
- СЕДЫШЕВ Эрнест Юрьевич кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, laboratoria-mw@yandex.ru
- СЕЛИВЕРСТОВ Виктор Леонидович кандидат философских наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, svict1@yandex.ru
- СЕМЕНЧЕНКОВ Даниил Михайлович студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, semenchenkov_d@mail.ru
- СЕРГЕЕВ Валерий Варламович доктор технических наук, профессор кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, vsergv43@mail.ru
- СЕРЕБРЯКОВА Светлана Георгиевна кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, c_ssg@bk.ru

- СЕРЕБРЯКОВА Татьяна Ваславна кандидат филологических наук, доцент, доцент кафедры социально-гуманитарных дисциплин и правовой информатики Северо-Западного института (филиала) Университета имени О. Е. Кутафина (МГЮА), t_serebryakova@mail.ru
- СИМОНИНА Ольга Александровна кандидат технических наук, доцент, кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, olga.simonina@spbgut.ru
- СИНИЧКИН Александр Александрович студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alrksandr.sin@gmail.com
- СОЗИНОВА Мария Владимировна аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sim-maria@mail.ru
- СОКОЛОВА Юлия Михайловна старший преподаватель кафедры иностранных языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sokolovaum@yandex.ru
- СОЛОВЬЕВА Валерия Андреевна студент группы ЗР-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, v.a.soloveva@mail.ru
- СТЕПАНОВ Андрей Борисович кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов, заместитель директора института магистратуры по учебной работе Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sabarticle@yandex.ru
- СТУРМАН Владимир Ицхакович доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. М. А. Бонч-Бруевича, ecology@spbgut.ru
- СУХАНОВ Данил Сергеевич студент группы РК-61 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, suhanov.s.d@yandex.ru

ТАБАКОВ доктор физико-математических наук профессор
Дмитрий Петрович кафедры радиоэлектронных систем Поволжского
государственного университета телекоммуникаций
и информатики, illuminator84@yandex.ru

ТАТАРЕНКОВ старший преподаватель кафедры телевидения
Дмитрий Александрович и метрологии, заместитель начальника НОЦ
«Медиацентр» Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, duferob@gmail.com

ТЕРЕНТЬЕВА кандидат исторических наук, доцент кафедры истории
Екатерина Анатольевна и регионоведения Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, e.a.terenteva@bk.ru

ТРЕТЬЯКОВ студент группы РК-91м Санкт-Петербургского
Игорь Александрович государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
tretiakov.iaa@gmail.com

ТУМАКОВ студент группы ЭП-61 Санкт-Петербургского
Пётр Игоревич государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, petrtumakov@gmail.com

УКРАИНСКИЙ кандидат технических наук, доцент кафедры
Олег Владимирович телевидения и метрологии Санкт-Петербургского
университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
oleg.ukraunskiy@gmail.com

УЛАШОВ ассистент кафедры «Электроника и радиотехника»
С. Р. Ташкентского университета информационных
технологий им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
shodiyor.x89@mail.ru

УСКОВ оператор научной роты Военной академии связи
Сергей Андреевич им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого,
dantes994@mail.ru

ФЕДОРОВ кандидат технических наук, доцент
Сергей Леонидович кафедры телевидения и метрологии Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
sergf7@mail.ru

ФЕДОРОВ магистрант кафедры экологической безопасности
Юрий Дмитриевич телекоммуникаций Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, fedorov2821@gmail.com

- ФЕДОРОВ Андрей Сергеевич студент группы РМ-61, инженер кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, fedorovandreyspb@gmail.com
- ФЁДОРОВ Павел Николаевич кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, fedorovpn1@yandex.ru
- ФЕДОРОВА Ольга Михайловна кандидат педагогических наук, доцент кафедры Иностранных и Русского языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, olgamikhailovnafedorova@mail.ru
- ФЕОФИЛОВА Виктория Алексеевна магистрант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича; младший научный сотрудник отдела общей гигиены и экологии человека ФГУП "НИИ ГПЭЧ" ФМБА России, vika.feofilova.96@mail.ru
- ФИГЕРОА АГРЕДА Хосе Анхель студент группы РТ-81м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, josfigueroa@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 радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, grihafokin@gmail.com
- ХАРЧЕНКО Виктория Владимировна студентка Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета им. В. И. Ульянова (Ленина), nika_kharchenko@mail.ru
- ХАЧИН Руслан Сергеевич магистрант группы ФП-82м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ruslan.13.sv@gmail.com
- ХОЛМОНОВ Ш. К. ассистент кафедры «Электроника и радиотехника» Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада Ал-Хоразмий, shodiyor.x89@mail.ru

- ХОМЕНКО Екатерина Викторовна магистрант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, katekaterina17@gmail.com
- ЦВЕРИАНАШВИЛИ Иван Алексеевич старший преподаватель кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ivan.tsver@gmail.com
- ЦИЛИМБАЕВ Никита Александрович студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, artes3009@rambler.ru
- ЧЕРНОВ Сергей Александрович доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, stchernov@mail.ru
- ЧЕРНЫШ Юлия Анатольевна кандидат социологических наук, доцент кафедры связей с общественностью Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, ulia177@yandex.ru
- ЧЕРНЯВСКИЙ Никита Иосифович студент группы РЦТ-62 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Nikita4er-2018@yandex.ru
- ЧИСТЯКОВ Даниил Владимирович оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, sauberdaniel@gmail.com
- ЧУМАК Константин Витальевич студент группы РМ-82 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kostya.chumak1996@yandex.ru
- ШАКИРОВ Эльдар Ирекович студент группы Р-83м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, el.darsha.kirov21@gmail.com
- ШАПОВАЛОВА Полина Вячеславовна магистрант группы ФП-82м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, polinka16@mail.ru

- ШАУЛИН Александр Андреевич оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, Maahkery@yandex.ru
- ШАХВЕРДОВА Елена Олеговна старший преподаватель кафедры математики Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, alenashah@yandex.ru
- ШАХОБИДДИНОВ Алишер Шахобиддинович доктор философии (Phd) по техническим наукам, декан факультета телекоммуникационных технологий Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада Ал-Хоразмий, alishah@list.ru
- ШЕБАЛИН Сергей Михайлович студент группы Р-83м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sergeisheb@mail.ru
- ШИБАРОВА Ирина Георгиевна студентка группы РТ-81м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ShibaIra@yandex.ru
- ШМАТКО Алексей Дмитриевич доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, shmat2000@yandex.ru
- ШОМИН Артём Юрьевич студент группы ФП-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, shominartyom@yandex.ru
- ШОПША Анастасия Сергеевна магистрант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, anast.shopsha@icloud.com
- ШТЕРЦЕР Никита Андреевич старший оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, nikita.shturman.ltd@gmail.com
- ШУТМАН Денис Валерьевич кандидат политических наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, denis_sh2@mail.ru

- ЮГАЙ Леонид Алексеевич магистрант кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, leonid_yy@mail.ru
- ЮЖАКОВ Михаил Владимирович магистрант группы ЗР-91м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ovgj+apino@yandex.ru
- ЮРОВА Валентина Александровна кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова; доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, va-yurova@mail.ru
- ЯКОВЛЕВ Алексей Викторович кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alexxyyak@mail.ru
- ЯКОВЛЕВ Олег Александрович кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, olegyakovlev2002@mail.ru
- ЯРЕМЕНКО Юрий Иванович доктор технических наук, профессор, главный специалист ООО «Росохран Телеком», yiyaremenko@mail.ru
- ЯРЕМЕНКО Александр Юрьевич студент магистратуры гр. Р-83М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alexanderyar@yandex.ru
- ЯШИН Вениамин Иванович кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого, wita5832@yandex.ru

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Айед Х. М. М. **5**
Александров А. М. **9**
Александров В. П. **528, 533**
Алимов В. Н. **392**
Андреева О. М. **13**
Андронов М. О. **18**
Андропов А. В. **24**
Ануфренко А. В. **28, 33**
Аралкин М. В. **39**
Астафьева И. Е. **538**
Бабаев Н. В. **42**
Баранов С. А. **48**
Батенков К. А. **397**
Белова Е. В. **543, 548**
Березина И. С. **553**
Бирюков А. А. **52**
Бобровский А. В. **56**
Большаков Н. Ю. **61**
Борисов Е. Г. **67**
Борисова Е. А. **73**
Бочаров Е. И. **401, 404, 408**
Бранько А. М. **78**
Брусин Е. А. **413**
Булавин Е. И. **82**
Булатова А. Б. **556**
Буснюк А. О. **392**
Бучатский А. Н. **18, 86, 89**
Васин А. С. **95**
Ващенко С. Д. **419**
Вересов В. Д. **100**
Волков В. Ю. **105**
Володягин А. В. **110**
Воробьев О. В. **115, 119**
Воронов И. И. **561**
Вязьмин А. Ю. **567**
Вяльшин Э. С. **424**
Гехт А. Б. **571, 577**
Гоголь А. А. **82**
Головинов О. В. **124**
Голод О. С. **67**
Голубева А. А. **128**
Голубенко Н. И. **429, 434**
Горобцов И. А. **134**
Греков К. Б. **139, 142**
Грецев В. П. **182**
Григорьев П. А. **147**
Гузенко О. А. **151**
Гультияев Ю. П. **155**
Гуменюк В. И. **161**
Гуминский О. А. **165, 170**
Гунина Е. В. **581**
Гуреев А. Е. **175**
Давыдов А. В. **182**
Давыдова В. С. **186**
Двуреченская Н. А. **189**
Дементьев А. Н. **39, 194**
Демчев Д. М. **13**
Дёшина Н. О. **198**
Дмитриев Г. А. **115**
Дмитриев П. Д. **203**
Доброборский Б. С. **161**
Евстафьева Я. В. **86**
Егорина А. В. **207**
Егоров С. Г. **67**
Ершов А. В. **440**
Есалов К. Э. **528, 533**
Жирохов А. И. **212**
Зарубина А. В. **217**
Зобова М. Р. **586**
Зориков А. С. **445**
Иванова Л. А. **155**
Иванова С. В. **581**
Измозик В. С. **591**
Ислангириева А. М. **119**
Капралов Д. Д. **134**
Кирик Д. И. **134, 222**
Кириллова Н. С. **226**
Киселев О. Н. **52**
Клюев Д. С. **194**
Ковальчук В. С. **155**
Козлов Д. С. **231**
Коновалов И. С. **451**
Коновалова Е. А. **401**
Коробов П. В. **13**
Коротин В. Е. **42, 56, 115, 236**
Коршунов М. В. **413**
Кубалова А. Р. **198, 429, 434**
Кузенов С. Р. **392**

- Кузин П. И. **52, 182**
Кузнецова Е. И. **596**
Кузьмин С. В. **24, 175, 241**
Куликов С. П. **151**
Куликович А. В. **161, 246, 251, 254**
Куркин Е. В. **260**
Курушкин М. С. **194**
Лазарев В. О. **263, 268**
Ланда А. Э. **454, 458**
Ларьков Е. Ю. **454**
Леонтьев А. С. **461**
Лепихин К. А. **404**
Лившиц А. И. **392**
Ликонцев А. Н. **273, 278**
Лиманова А. И. **282**
Липатников В. А. **182**
Логиновская А. Н. **207**
Лялина А. Ж. **273**
Майоров А. Г. **466**
Мальченкова А. Е. **599**
Манвелова Н. Е. **285**
Мещерякова И. Н. **246**
Милютин Е. Р. **290**
Миргородский Р. В. **28**
Михалев О. А. **147**
Молчанова Т. В. **604**
Мосеев В. И. **607, 611**
Мошков В. В. **231**
Мышьянов С. В. **165**
Навурбиев Г. Ш. **28**
Наместников Е. И. **472**
Нелюбова М. Е. **294**
Неровный А. В. **616**
Никитин Ю. А. **445, 451, 476, 480, 485, 490, 495**
Носов М. И. **440**
Нурмухамедова Т. У. **387**
Овчинников Д. А. **48**
Осипов О. В. **39, 186, 260, 282, 298, 301, 313**
Павлов Т. А. **236**
Панихидников С. А. **251, 254**
Панкин А. А. **52**
Парамонова М. И. **621**
Перевозчикова В. А. **577**
Перевышко А. С. **304**
Передистов Е. Ю. **392**
Перекупка А. М. **310**
Пименова С. А. **313**
Поваренкин Н. В. **110**
Подольская М. О. **408**
Польщиков К. А. **9, 316**
Понамарев Н. В. **124**
Потапов И. А. **52, 182**
Путков К. А. **500**
Пшигоцкий Ю. И. **319**
Резников Б. К. **616**
Роговский Е. Р. **324**
Рогозинский Г. Г. **86, 294, 310, 324**
Родюков А. Ф. **586**
Рожков А. М. **504**
Русин И. С. **33**
Рыжикова Т. А. **198**
Рыжков А. Е. **95, 128**
Сазоненко Н. Ю. **509**
Сакова Н. В. **246, 254, 328**
Свиньина О. А. **217, 226, 333**
Северьянов В. Д. **528, 533**
Сединин А. Д. **485**
Седышев Э. Ю. **401, 404, 408, 419, 424, 458, 461, 472, 504, 509, 514**
Селиверстов В. Л. **625**
Семенченков Д. М. **298**
Сергеев В. В. **519**
Серебрякова С. Г. **628**
Серебрякова Т. В. **628**
Симонина О. А. **339**
Синичкин А. А. **490**
Созинова М. В. **344**
Соколова Ю. М. **633**
Соловьева В. А. **636**
Степанов А. Б. **348**
Стурман В. И. **304**
Суханов Д. С. **24**
Табакон Д. П. **466**
Татаренков Д. А. **89, 352**
Терентьева Е. А. **640, 644**
Третьяков И. А. **222**
Тумаков П. И. **285**
Украинский О. В. **9**
Улашов С. Р. **387**
Усков С. А. **212**
Федоров С. Л. **78, 100, 151, 170, 382**
Федоров Ю. Д. **139**
Федоров А. С. **42**
Фёдоров П. Н. **212, 319**
Федорова О. М. **648**
Феофилова В. А. **357**
Фигероа Агреда Х. А. **278**

Филин В. А. **524**
Фокин Г. А. **268, 361, 366, 371, 376**
Харченко В. В. **13**
Хачин Р. С. **458**
Холмонов Ш. К. **387**
Хоменко Е. В. **644**
Цвериянашвили И. А. **553, 607, 636,
653, 657**
Цилимбаев Н. А. **301**
Чернов С. А. **660**
Черныш Ю. А. **665**
Чернявский Н. И. **382**
Чистяков Д. В. **319**
Чумак К. В. **56**
Шакиров Э. И. **95**
Шаповалова П. В. **458**
Шаулин А. А. **440**

Шахвердова Е. О. **33**
Шахобиддинов А. Ш. **73**
Шебалин С. М. **339**
Шибарова И. Г. **105**
Шматко А. Д. **500**
Шомин А. Ю. **514**
Шопша А. С. **241**
Штерцер Н. А. **212, 319**
Шутман Д. В. **596**
Югай Л. А. **142**
Южаков М. В. **657**
Юрова В. А. **485, 495, 500, 524**
Яковлев А. В. **607**
Яковлев О. А. **611**
Яременко Ю. И. **290**
Яременко А. Ю. **290**
Яшин В. И. **212, 319**