

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

• АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ •

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ



2018

УДК 001:061.3(082)
ББК 72 А43

**Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций
в науке и образовании.** VII Международная научно-
техническая и научно-методическая конференция;
сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С. В. Бачевского;
сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникеевич.
Спб. : СПбГУТ, 2018. Т. 3. 728 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

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

Заместитель председателя

Дукельский К. В., кандидат технических наук, доцент,
проректор по научной работе СПбГУТ (Россия)

Ответственный секретарь

Владыко А. Г., кандидат технических наук, member IEEE,
директор научно-исследовательского института техно-
логий 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 Elektrotechnik, 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

Лосев С. А., кандидат исторических наук, профессор, декан гуманитарного факультета СПбГУТ

Лубянников А. А., кандидат педагогических наук, доцент, директор Института военного образования СПбГУТ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



КОМПАНИЯ «T8»

СПОНСОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



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.

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ
СПбГУТ, Россия**

Председатель

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

Сопредседатель

Алексеенко И. А., кандидат педагогических наук, профессор 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

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

Аверченков В. И., начальник учебно-методического управления

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

Колесникова О. А., начальник управления маркетинга и рекламы

Ландер Т. С., начальник управления информационно-образовательных ресурсов

Сибрикова Т. А., главный специалист отдела организации научно-исследовательской работы и интеллектуальной собственности

Научное издание
Литературное редактирование,
корректура Е. А. Аникевич
Оформление Д. В. Ушаков
Верстка Е. М. Аникевич

Подписано в печать 01.10.2018.

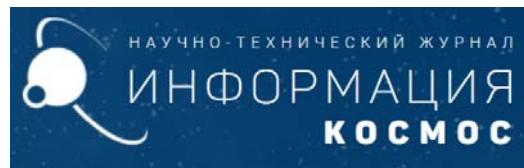
Вышло в свет 31.10.2018. Формат 60×90 1/8.

Уст. печ. л. 45,4. Заказ № 046-ИТТ-2018.

пр. Большевиков, д. 22, корп. 1.

Россия, Санкт-Петербург, 193232

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



Неисключительные права на все материалы, опубликованные в данном издании, принадлежат СПбГУТ. Все материалы, авторские права на которые принадлежат СПбГУТ, могут быть воспроизведены при наличии письменного разрешения от СПбГУТ. Ссылка на первоисточник обязательна. По вопросам приобретения неисключительных прав и использования сборника обращайтесь по тел. (812) 312-83-79. Тип компьютера, процессор, сопроцессор, частота: Pentium IV и выше / аналогичное; оперативная память (RAM): 256 Мб и выше; необходимо на винчестере: не менее 64 Мб; ОС MacOS, Windows (XP, Vista, 7) / аналогичное; видеосистема встроенная; дополнительное ПО: Adobe Reader версия от 7.X или аналогичное. Защита от незаконного распространения: реализуется встроенным средствами Adobe Acrobat.

СОДЕРЖАНИЕ

Радиотехнологии связи 4 Radio Technology Communication

323 Теоретические основы радиоэлектроники

455 Digital Economy, Management and Business Informatics

525 Humanitarian Challenges of the Information Space

669 Annotations

702 Authors of Articles

726 The Author's Index

РАДИОТЕХНОЛОГИИ СВЯЗИ

УДК 47.01.81

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОМЕХ В УЛЬТРАКОРТОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

А. В. Акишин, В. В. Алашеев, П. Ю. Стародубцев

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В настоящее время существует необходимость контроля состояния электромагнитной обстановки (уровня помех) в ультракоротковолновом диапазоне. Задача предопределяется устойчивой тенденцией повышения степени использования этого диапазона. Информация о загруженности конкретных диапазонов частот, необходима для эффективного планирования и использования диапазонов частот в различные периоды времени. Данная проблема не может быть решена без постоянного мониторинга уровня помех.

программноопределяемое радиоприемное устройство, помеха, ультракоротковолновой диапазон, радиослужба, математическое ожидание, дисперсия, таблица распределения полос частот, анализатор спектра.

Все расчеты по оценке качества радиосвязи опираются на положение статической теории связи. При этом ключевым параметром является отношение сигнала и помехи. Уровни сигналов определяются из уравнения радиопередачи, а уровни помех определяются на основе обработки экспериментальных данных. Применительно к коротковолновому диапазону данные известны [1], а к ультракоротковолновому (УКВ) диапазону, который интенсивно осваивается в настоящее время, актуальные данные отсутствуют.

Уровень помех в УКВ диапазоне, в основном, предопределяется количеством, качеством и алгоритмом функционирования источников излучения находящихся преимущественно в зоне прямой видимости и существенно зависит от местоположения участка местности. Кроме того, уровень помех зависит от принятого порядка распределения частотного ресурса.

В Российской Федерации каждый диапазон частот закрепляется за конкретным пользователем [2], что отражается в Таблице распределения полос

радиочастот между радиослужбами Российской Федерации, которая утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2011 г. № 1049-34.

Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации разработана во исполнение статьи 23 Федерального закона «О связи», является документом, регламентирующим распределение и условия использования полос радиочастот в Российской Федерации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами, которые заказывают, разрабатывают или ввозят на территорию Российской Федерации радиоэлектронные средства [3], а также осуществляют планирование использования и эксплуатацию радиоэлектронных средств [4].

В настоящее время появилась техническая возможность исследования загрузки УКВ диапазона. Это связано с появлением программноопределяемых цифровых радиоприемных устройств, позволяющих сканировать диапазон в широкой полосе частот. При этом они позволяют производить измерения уровней помех и регистрировать их в базе данных. Результаты измерений обрабатываются на основе методов статистической теории [5].

Обобщенные технические характеристики программноопределяемых радиоприемных устройств (далее – РПУ), представлены в таблице 1.

**ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики
программноопределяемых радиоприемных устройств**

Наименование РПУ	Диапазон частот, МГц
SDRplay RSP1, RSP2, RSP2 Pro	0,1 – 2000
SunCDR Colibri NANO	0,1 – 500
GSP-7730	0,15 – 300
АКТАКОМ АКС-1201	0,1 – 2060
N9912A	0,1 – 6000
Rotek 7830	0,1 – 2900

Структурная схема реализации экспериментальной методики представлена на рис. 1 (см. ниже).

Целью измерений уровня помех является:

- оценка математического ожидания и дисперсии для заданных диапазонов частот;
- оценка стабильности параметров помеховой обстановки в зависимости от времени, местоположения и диапазона частот.

Алгоритм сбора и фиксации данных об уровне помех пред определяется сформулированными целями, техническими характеристиками РПУ, вычислительных средств и программного обеспечения.



Рис. 1. Схема реализации экспериментальной методики

В условиях априорной неопределенности первоначальный сбор данных осуществляется следующим образом:

- измерение производится в полосе 30–2000 МГц;
- шаг измерения номинала частот – 1 МГц;
- полоса измерений на каждой частоте – 20 кГц с шагом 1 кГц, при этом фиксируется усредненный результат 20 измерений.

Технические параметры экспериментальной установки позволяют осуществлять измерения в выбранном диапазоне в течении 40 минут.

Пример формы фиксации результатов измерений представлен в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Форма фиксации результатов измерений

частота(Гц) \ время(час)	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00
30 000 000	-90,90	-89,55	-90,75	-91,40	-90,77	-91,10	-91,00	-91,53	-92,50	-92,90
31 000 000	-89,50	-87,30	-89,50	-89,90	-90,50	-90,70	-91,00	-90,90	-91,75	-91,35
32 000 000	-86,60	-87,30	-87,48	-89,10	-89,25	-89,60	-89,00	-89,50	-89,00	-88,80
33 000 000	-79,80	-85,65	-85,20	-89,05	-88,87	-88,70	-88,40	-88,40	-88,50	-88,20
34 000 000	-80,80	-85,30	-86,65	-90,30	-89,53	-89,20	-88,80	-89,35	-88,70	-88,20
35 000 000	-84,60	-87,80	-89,60	-91,20	-92,65	-91,45	-91,55	-92,20	-91,90	-90,80
36 000 000	-88,00	-90,40	-92,70	-94,00	-93,70	-94,90	-94,10	-93,55	-93,10	-93,50
37 000 000	-88,30	-93,00	-94,00	-98,50	-96,13	-96,40	-95,20	-97,60	-96,20	-95,70
38 000 000	-89,35	-93,60	-97,17	-99,10	-99,40	-98,60	-99,10	-99,30	-99,30	-99,15
39 000 000	-88,70	-93,40	-96,70	-99,40	-99,70	-98,90	-97,50	-98,58	-99,60	-97,10
40 000 000	-89,80	-95,00	-97,80	-100,00	-100,97	-103,50	-96,60	-100,95	-99,35	-98,20
41 000 000	-88,10	-98,70	-100,87	-105,60	-105,35	-102,40	-105,95	-105,75	-105,60	-105,40
42 000 000	-88,50	-98,20	-94,93	-106,90	-106,30	-106,25	-106,50	-106,40	-106,30	-105,80

В результате измерения были получены 24 реализации реальных данных об уровне помех через каждый час в заданном месте (рис. 2).

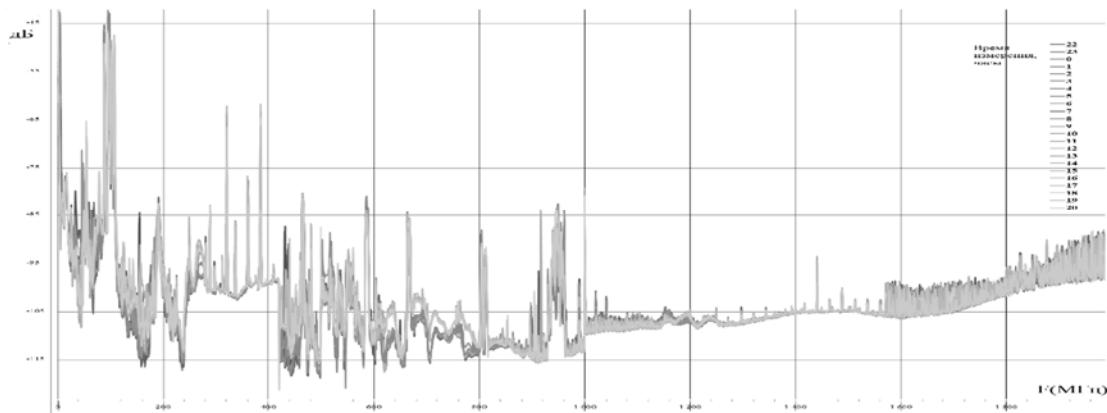


Рис. 2. Значение уровня помех в течении суток

На графике показан уровень помех в заданном диапазоне 24 раза с интервалом 1 час.

Анализ объективных данных позволяет ставить задачу выявления полос частот с устойчивыми математическим ожиданием и дисперсией уровня помех.

По результатам измерений было вычислено математическое ожидание [4] уровня помех на каждой частоте в течении одних суток:

$$M(x) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i,$$

где $M(x)$ – математическое ожидание уровня помехи на частоте n ; n – количество частот на которых производится измерение; x_i – значение частоты на которой происходит измерение; p_i – вероятность значений.

Результаты расчетов математического ожидания уровня помех $M(x)$ представлены на рис. 3.

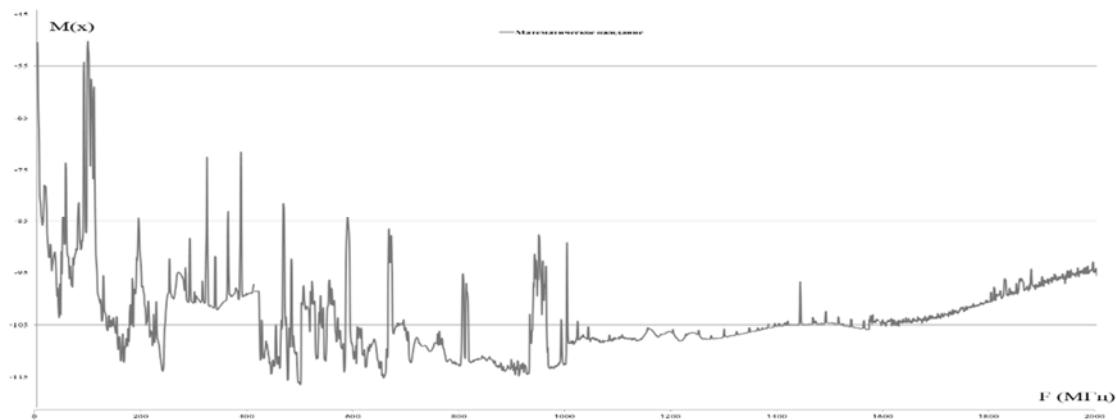


Рис. 3. Результаты расчетов математического ожидания уровня помех

Так, на в интервале от 30 МГц до 1000 МГц среднее значение математического ожидания уровня помехи составляет 103,06 дБ, начиная с 1000 МГц до 1600 МГц среднее значение математического ожидания составляет 106,2 дБ, а начиная с 1600 МГц по 2000 МГц среднее значение математического ожидания равно 99,92 дБ

Исходя из полученных данных вычислено значение дисперсии на каждой частоте:

$$D(x) = M(x - \bar{M})^2.$$

Результаты расчета дисперсии уровня помех $D(x)$ представлены на рис. 4.

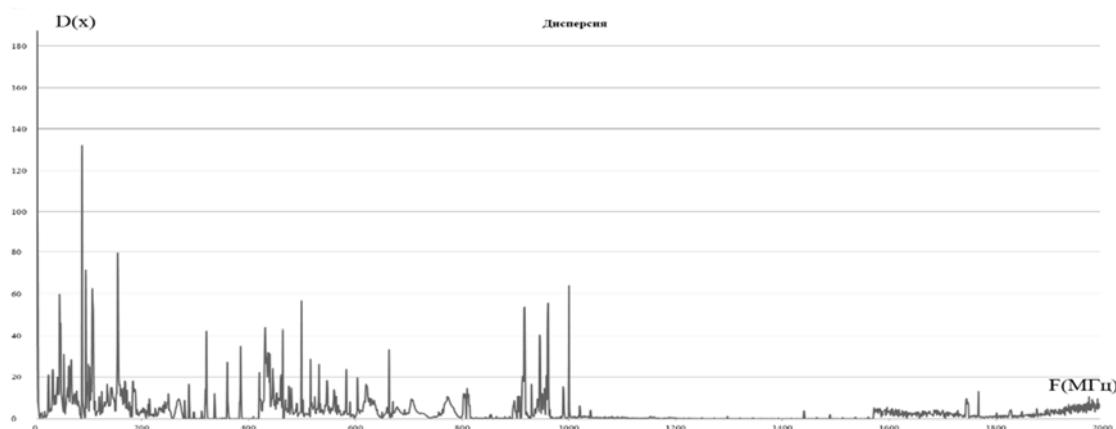


Рис. 4. Результаты оценки дисперсии уровня помех

Так, на в интервале от 30 МГц до 1000 МГц среднее значение дисперсии уровня помехи составляет 6,27 дБ, начиная с 1000 МГц до 1600 МГц среднее значение дисперсии составляет 0,50 дБ, а начиная с 1600 МГц по 2000 МГц среднее значение дисперсии равно 2,7 дБ.

Предложенная экспериментальная методика и полученные результаты, являются основой для дальнейших экспериментальных исследований свойств УКВ диапазона.

В ходе дальнейших исследований предполагается получить данные о:

- времени квазистационарного состояния помеховой обстановки, как функция времени для заданных полос частот;
- зависимость уровня помех в заданной полосе частот как функцию расстояния;
- зависимость изменения уровня помех от местоположения полосы частот на частотной оси.

Список используемых источников

1. Комарович В. Ф., Сосунов В. Н. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи. М. : Связь, 1977. 136 с.

2. Федеральный закон «о связи» № 126-ФЗ, офиц. текст. М. : Проспект, 2017. 64 с.
3. Бударин Э. А., Васюков Д. Ю., Дементьев В. Е., Колбасова Г. С., Краснов В. А., Лепешкин О. М., Лаута О. С., Митрофанов М. В., Худайназаров Ю. К. Обеспечение защиты информации в локальных вычислительных сетях. Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного. СПб., 2013.
4. Лепешкин О. М., Карпов А. В., Шостак Р. К. Актуальность осуществления сетевого контроля защищенности информационных сетей // Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXIII Международной научно-технической конференции. В 3-х томах. 2017. С. 1198.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для студентов вузов. 9-е изд., стер. М. : Академия, 2003. 576 с.

УДК 621.396.93

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LAA НА СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА LTE

Х. А. Аль-Амери, А. Н. Степутин

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

Объем трафика, передаваемого по мобильным сетям, огромен и продолжает расти быстрыми темпами. С каждым годом абонентам требуется все большая полоса пропускания для передачи данных большого объема. С целью повышения пропускной способности сетей мобильной связи, в статье рассматриваются оценка эффективности внедрения технологии LAA в гетерогенных сетях стандарта LTE путем объединения одних или нескольких несущих частотного спектра в нелицензионном диапазоне 5 ГГц посредством его присоединения к основному лицензионному спектру LTE.

LTE, Wi-Fi, агрегация частот, нелицензионный спектр, LAA, eLAA, LBT, CCA, FBE, LBE.

Ожидаемый рост трафика данных в мобильных сетях связан с внедрением новых широкополосных сервисов и запуском стандартов мобильной связи нового поколения. По оценке компании Cisco, совокупный трафик беспроводных и мобильных устройств в 2020 г. будет составлять две трети глобального IP-трафика [1]. С каждым годом абонентам требуется все большая полоса пропускания для передачи данных большого объема. С целью повышения пропускной способности сетей мобильной связи определен ряд технологических решений использования нелицензионного спектра, что позволяет получить дополнительный радиочастотный ресурс.

Условия использования нелицензионного спектра в диапазоне 5 ГГц

Основная цель использования нелицензионных участков спектра в диапазоне 5 ГГц связана, в главной степени, с необходимостью получения для сетей LTE дополнительного радиочастотного ресурса. При совместной работе различных технологий радиодоступа в диапазоне 5 ГГц, таких как радиолокационные системы (радары), LTE и Wi-Fi, применение механизма организации доступа к каналу является необходимым условием для гармоничного существования, минимизации взаимной интерференции и повышения производительности систем (рис. 1). В качестве разрешения конфликтов в Rel. 13 специфицированы следующие механизмы [2]:

- прослушивание канала перед излучением LBT (*Listen Before Talk*);
- ограничение рабочего цикла или прерывистая передача DTX (*Discontinuous transmission mode*);
- динамический выбор частоты DFS (*Dynamic Frequency Selection*) для участков полос, на которых работают радары;
- автоматическая регулировка мощности TPC (*Transmitter Power Control*).

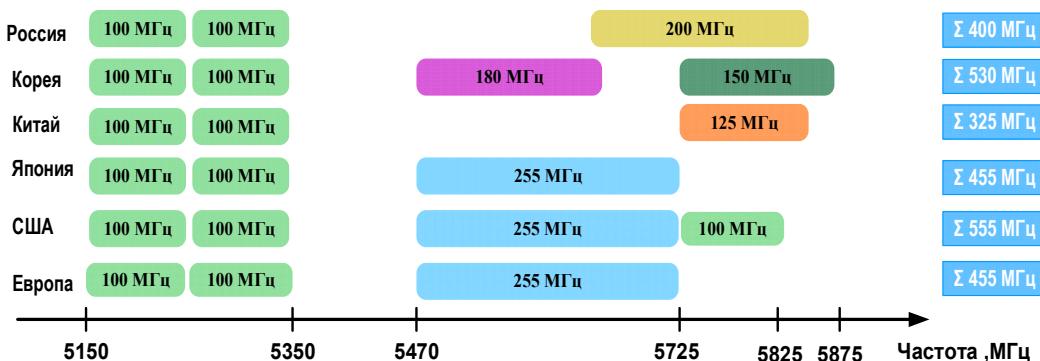


Рис. 1. Нелицензионный спектр в диапазоне 5 ГГц в разных странах

Технические аспекты реализации технологии LAA

В рамках стандарта 3GPP (Rel. 13) специфицировано два решения использования нелицензионного спектра в сети LTE: LWA (*LTE & WLAN Aggregation*) и LAA (*Licensed Assisted Access*). Технология LWA предполагает объединение самих технологий LTE и Wi-Fi на уровне сетей радиодоступа. В свою очередь, технология LAA является глобальным решением в Rel.13 и предполагает агрегацию одних или нескольких несущих частотного спектра в нелицензионном диапазоне 5 ГГц посредством его присоединения к основному лицензионному спектру LTE.

При этом агрегация несущих частот CA (*carrier aggregation*) использует лицензионную полосу в качестве первичной соты PCell (*primary cell*),

а нелицензионную полосу частот – в качестве вторичной соты SCell (*secondary cell*) (рис. 2) [3]. Первичная сота PCell служит для передачи пользовательских данных вместе со служебной информацией как для первичных, так и для вторичных несущих частот. Однако агрегируемая компонента из нелицензионного частотного диапазона используется исключительно в качестве дополнительной (вторичной) для переноса исключительно пользовательских данных [1].



Рис. 2. Принцип работы технологии LAA

Для реализации технологии LAA [1], существует 4 сценария, рассматриваемых в рамках Rel. 13. Здесь надо заметить, что для реализации LTE+LAA требуются новые абонентские устройства LTE, способные работать в нелицензионном спектре и имеющие механизмы бесконфликтного разделения этого спектра между пользователями. Типовые характеристики технологии LAA приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Технические аспекты технологий LAA и eLAA

Параметры	LAA	eLAA
Полное название	License Assisted Access	enhanced LAA
Стандарты	3GPP Rel' 13	3GPP Rel' 14
Первичная несущая	Данные + управление	
Вторичная несущая	Только данные	Данные+ управление
САА, мкс	20	25
Количество классов приоритета	4	4
MCOT классов приоритета, мс	1	2
	2	3
	3	8 или 10
	4	6 или 10

В технологии LAA используются как частотный FDD (*Frequency Division Duplex*), так и временной TDD (*Time Division Duplex*) дуплексы по линии вверх и вниз. Планирование трафика по вторичному каналу зависит от таких свойств трафика, как чувствительность к задержкам, скорость передвижения абонента и оптимизация трафиковой нагрузки [4].

Необходимо отметить, что технология eLAA (*enhanced LAA*), описанная в Rel. 14, позволяет агрегировать лицензионные и нелицензионные полосы частот как по нисходящему, так и по восходящему каналу [5].

При этом следует подчеркнуть, что применение нелицензионного спектра в качестве дополнительной полосы частот связано с тем, что оно имеет случайную и быстро меняющуюся электромагнитную обстановку в связи с возможностью свободного доступа многих абонентов к нему, что не может гарантировать высокое качество передач QoS (*Quality of Service*): пропускную способность и задержки.

Технические требования 3GPP к механизму LBT

Механизм LBT является основным требованием в странах Евросоюза, России и в Японии для оптимального взаимодействия LAA с устройствами других технологий, работающих в нелицензионном спектре диапазона 5 ГГц. В механизме LBT применяется схема оценки незанятости канала CCA (*Clear Channel Access*), ориентированная на оценку доступности канала, после которой выполняет передачу с периодом 1–10 мс [4]. Процедура CCA применяет энергетическое обнаружение сигналов ED (*Energy Detection*), позволяющее определить доступность свободного канала, т. е. если ED ниже порогового значения, то канал считается свободным, и узел LAA разрешает передачу данных по каналу. В противном случае узел LAA продолжает отслеживать уровни энергии, пока канал не освободится и не установит случайный промежуток обратного отсчета Backoff. На рис. 3 показана совместная работа LTE+LAA и Wi-Fi на одном частотном канале нелицензионного спектра в диапазоне 5 ГГц [1].

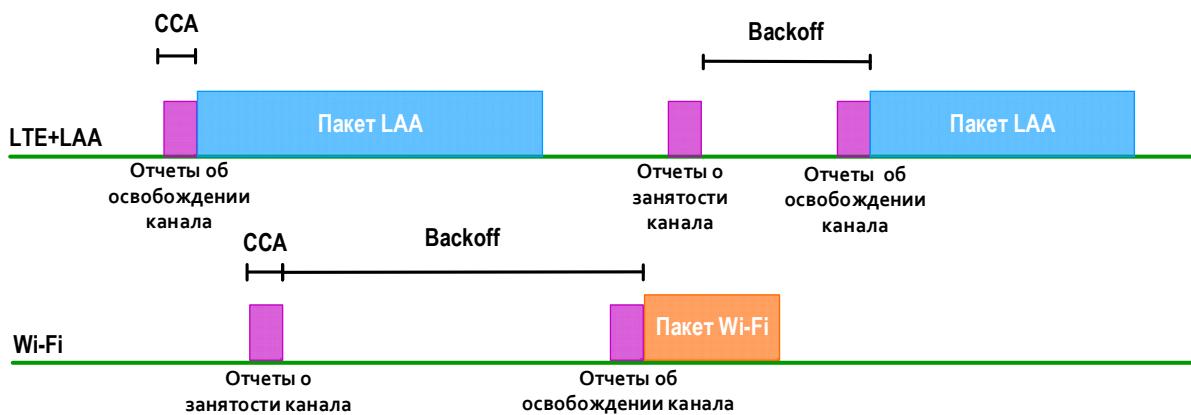


Рис. 3. Совместное существование технологий LTE (LAA) и Wi-Fi

С точки зрения оценки доступности канала ССА во временной области, механизмы LBT в целом подразделяются на два типа: механизмы типа FBE (*Frame Based Equipment*) и механизмы типа LBE (*Load Based Equipment*).

Принцип работы механизма FBE заключается в том, что узел LAA (eNB или UE) выполняет оценку доступности канала ССА каждого фиксированного периода, причем передача данных запускается только тогда, когда канал освобождается [1]. Однако при использовании механизма LBE оценка незанятости канала ССА осуществляется только тогда, когда данные поступают в буфер.

В таблице 2 представлены европейские технические требования к процедуре прослушивания канала перед излучением LBT для базовой временной структуры фрейма.

ТАБЛИЦА 2. Требования 3GPP к механизму LBT

Параметры	FBE	LBE	Wi-Fi
ССА, мкс	20	20	–
Диапазон q	–	[4, 32]	–
СоТ, мс	1…10	$\leq (13/32)*q$	0,400 … 2,400
Период ожидания (удержания)	5 % СоТ	зависит от CW	зависит от CW
CW	–	$CW_{\min} = 3$ $CW_{\max} = 1023$	$CW_{\min} = 15$ $CW_{\max} = 1023$
Время ожидания повторной передачи, мкс	–	20	9
DIFS, мкс	–	–	34
ED threshold, дБм	–72	–72	–62, –82

Оценка эффективности применения технологии LAA

При использовании технологии СА физический смысл возможности увеличения скорости передачи данных можно пояснить с помощью следующей формулы:

$$\text{Downlink data rate} = C_r * I_{TBS} * 1000 * N_{MIMO},$$

где C_r – скорость кодирования, I_{TBS} – размер транспортного блока и N_{MIMO} – количество передающих и приемных антенн. На рис. 4, приведена зависимость скорости передачи данных в сети LTE+LAA с конфигурацией ММО 4*4 от ширины канала.

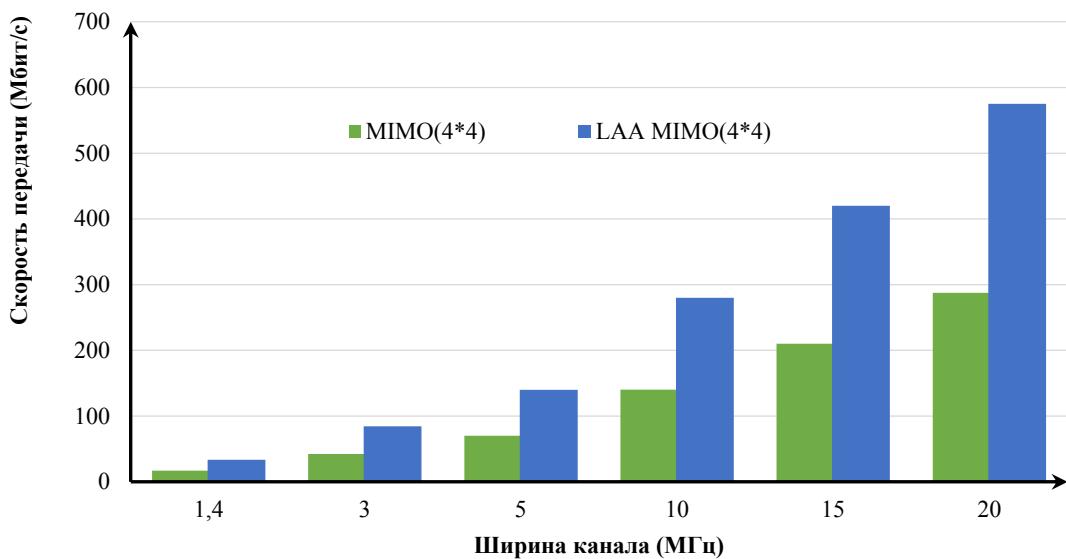


Рис. 4. Зависимость скорости передачи данных сети LTE+LAA от ширины канала

Таким образом, можно сделать выводы, что скорость передачи данных в сети LTE значительно возрастает при увеличении количества передающих и приемных антенн N_{MIMO} и ширины канала: чем шире полоса канала, тем больше выигрыш в пропускной способности канала LTE+LAA.

Список используемых источников

1. Степутин А. Н., Аль-Амери Х. А. Повышение пропускной способности сетей мобильной связи стандарта LTE при использовании нелицензионного радиочастотного спектра // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. № 2. С. 62–69.
2. Степутин А. Н., Николаев А. Д. Мобильная связь на пути к 6G: в 2 т. Вологда : Инфра-инженерия, 2017. 796 с.
3. Аль-Амери Х. А., Степутин А. Н. Особенности использования нелицензионного радиочастотного спектра в гетерогенных сетях стандарта LTE // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 томах. СПб. СПбГУТ, 2017. Т. 1. С. 39–44.
4. Thalanany S., Irizarry M., Saxena N. License-Assisted Access Considerations // IEEE Communications Standards Magazine (2017), June, pp. 106–112.
5. 3GPP TS 36.213 v14.2.0, Tech. Spec. Group Radio Access Network, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Procedures (Release 14),” Mar. 2017.

УДК 621.396.969.36

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ОТСУТСТВИИ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ

А. Х. Аль-Одхари, Г. А. Фокин

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

Проблема позиционирования источника радиоизлучения в условиях отсутствия прямой видимости является актуальной при позиционировании в условиях высокогорной местности. Методы позиционирования, основанные на оценке времени или направления прихода сигнала чувствительны к доступности прямой видимости, которая является прямым путем между источником радиоизлучения и пунктами приема. Отсутствие прямой видимости приводит к значительной ошибке позиционирования. Целью настоящей работы является разработка имитационной модели идентификации прямой видимости и компенсации ошибок отсутствия прямой видимости путем исключения источников NLOS измерений из процесса позиционирования для разностно- дальномерного метода в трехмерном пространстве.

разностно- дальномерный метод (РДМ), отсутствие прямой видимости (Non-Line of Sight, NLOS), высокогорная местность, имитационная модель (ИМ), источник радиоизлучения (ИРИ).

Оценка позиционирования источника радиоизлучения в условиях неоднородного рельефа местности разностно- дальномерным методом исследована в работах [1, 2, 3, 4], однако в них не рассмотрена ситуация, когда отсутствует прямая видимость между источником радиоизлучения и пунктами приема и имеет место ситуация NLOS (*Non-Line of Sight*). В ситуации отсутствия прямой видимости NLOS принимаемый сигнал пройдет более длинное расстояние по сравнению с путем прямой видимости [5, 6]. Это выражается в более длительном времени прихода сигнала, что приводит к большей ошибке в определении координат источника радиоизлучения. Для того, чтобы уменьшить NLOS ошибку позиционирования, следует идентифицировать и исключить NLOS измерения из процесса позиционирования.

Для решения этой проблемы было предложено множество методов идентификации условий прямой видимости в [6]. В настоящей работе представлена имитационная модель (ИМ) на основе исследований [7] для позиционирования источника радиоизлучения (ИРИ) разностно- дальномерным

методом (РДМ) в трехмерном пространстве в условиях отсутствия прямой видимости.

Пример территориального распределения ИРИ и 5-и пунктов приема в трехмерном пространстве представлен на рис. 1.

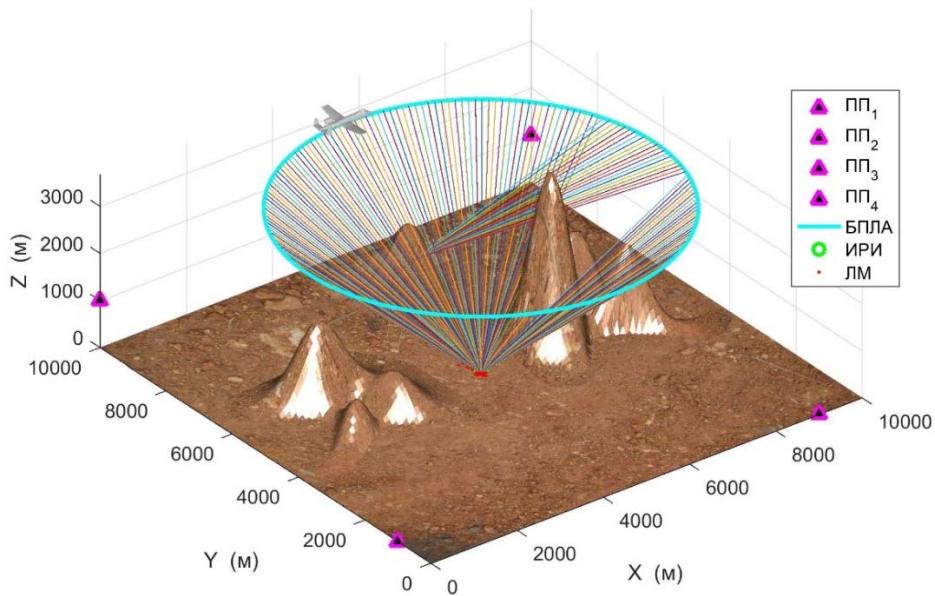


Рис. 1. Область позиционирования при отсутствии прямой видимости у 5-го пункта приема (БПЛА) на расстоянии 2000 метров

Среднеквадратическая ошибка (СКО) позиционирования источника радиоизлучения в зависимости от времени полета БПЛА представлена на рис. 2, откуда видно, что ошибка позиционирования резко возрастает в момент на интервале от 40 до 60 как раз во время полета БПЛА на участке отсутствия прямой видимости между ИРИ и БПЛА.

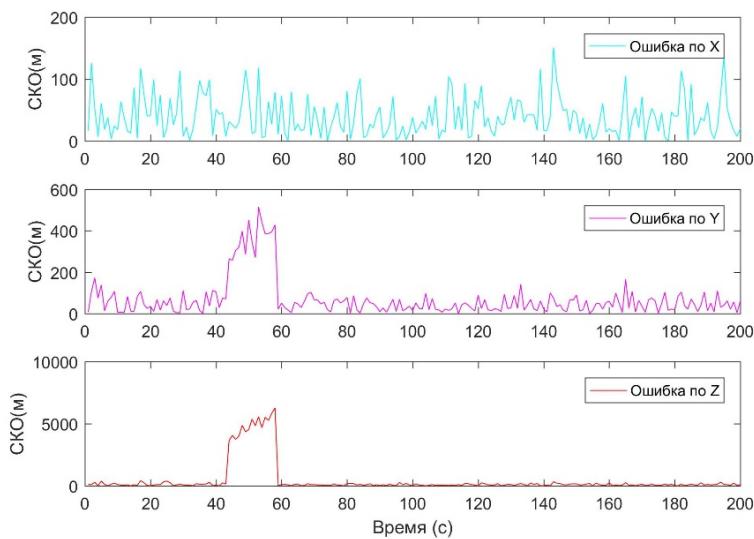


Рис. 2. Зависимость СКО от времени полета БПЛА

Для оценки возможностей идентификации источников измерений в условиях отсутствия прямой видимости в настоящем исследовании разработана имитационная модель идентификации источников NLOS и исключения их из процесса позиционирования. Функциональная схема имитационной модели для позиционирования источника радиоизлучения разностно- дальнометрическим методом в условиях отсутствия прямой видимости представлена на рис. 3.

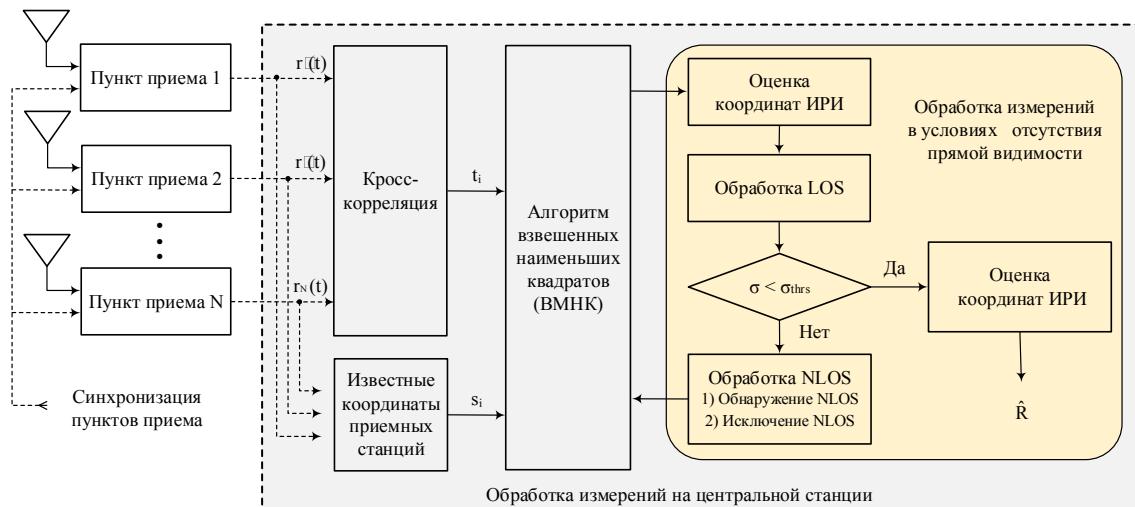


Рис. 3. Функциональная схема имитационной модели позиционирования ИРИ в условиях отсутствия прямой видимости

Влияние эффекта отсутствия прямой видимости на точность позиционирования показано на рис. 2, имитационная модель на рис. 3 позволяет идентифицировать и исключить NLOS из процесса позиционирования. Измерение расстояния для LOS или NLOS условий может быть смоделировано следующим образом [8]:

$$\begin{aligned} \text{LOS : } r_i &= d_i + n_i, \\ \text{NLOS : } r_i &= d_i + n_i + e_i, \quad i = 1, \dots, M. \end{aligned}$$

где d_i – фактическое расстояние между источником радиоизлучения и i -ем пунктом приема; n_i – измерительный шум; e_i – ошибка NLOS. Для идентификации NLOS используется критерий σ дисперсии оценок координат для комбинаций Rx , оставшихся после последовательного исключения пунктов приема – вероятных источников NLOS. Дисперсия оценок промежуточного положения вычисляется с использованием уравнения:

$$\sigma = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \|s_i - r_i\|_2^2.$$

Блок обработки измерений на рис. 3. производит сравнение дисперсий σ с пороговыми значениями дисперсий σ_{thrs} , полученными для измерений

прямой видимости LOS и исключает пункт приема, который имеет наибольшую дисперсию из процесса позиционирования. Взаимные корреляционные функции и разности времен прихода сигналов представлены на рис. 4.

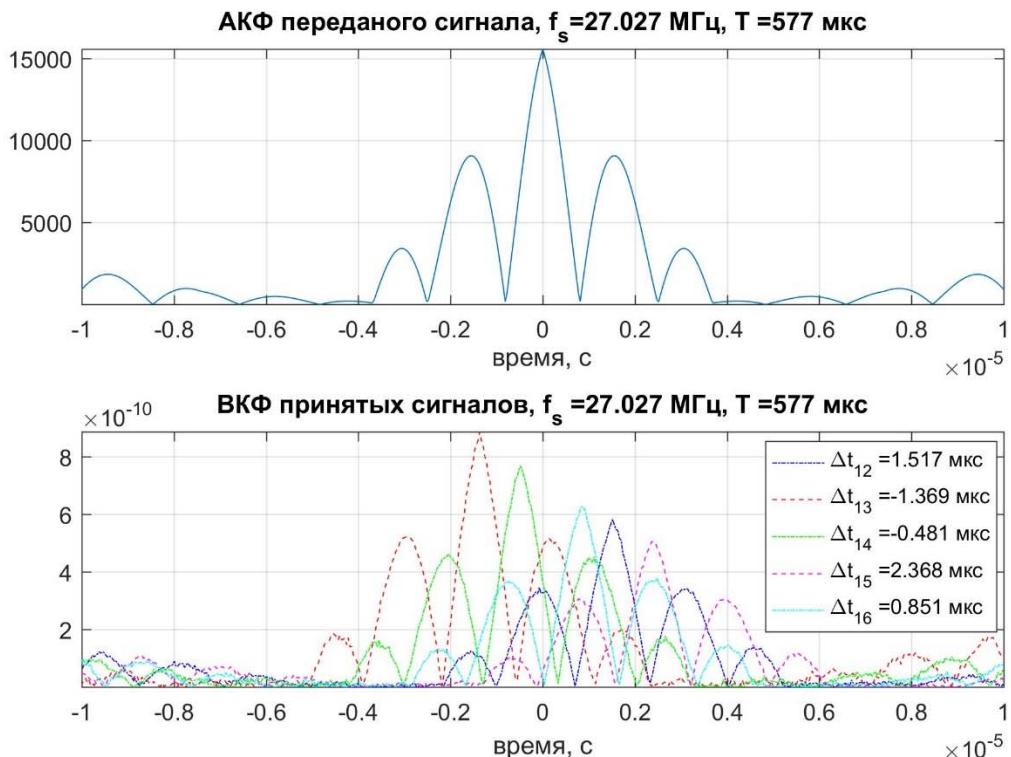


Рис. 4. Взаимные корреляционные функции принятых сигналов

Пример идентификации одного пункта приема с NLOS измерениями (пункт приема 5) для 6 пунктов приема (5 LOS и 1 NLOS) представлен на рис. 5.

```

Тест Rx for 1 NLOS
Пункт приема 1 исключен, Дисперсия координат = 4.22e+05
Пункт приема 2 исключен, Дисперсия координат = 2.65e+04
Пункт приема 3 исключен, Дисперсия координат = 3.96e+05
Пункт приема 4 исключен, Дисперсия координат = 5.00e+04
Пункт приема 5 исключен, Дисперсия координат = 2.07e+02
Пункт приема 6 исключен, Дисперсия координат = 1.93e+05
1 NLOS Пункт приема 5. Координаты =5.00e+03 5.00e+03 1.00e+03
  
```

Рис. 5. Пример исключения одного источника NLOS

Список используемых источников

1. Фокин Г. А., Аль-Одхари А. Х. Локализация объектов в условиях неоднородного рельефа с использованием беспилотных летательных аппаратов // Наука и инновации в технических университетах. Материалы Десятого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. 2016. С. 7–9.

2. Фокин Г. А., Аль-Одхари А. Х. Позиционирование подвижных источников радиоизлучения разностно- дальномерным методом // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. № 4. С. 41–46.
3. Аль-Одхари А. Х. Позиционирование источника радиоизлучения разностно- дальномерным методом с использованием беспилотных летательных аппаратов // Телекоммуникации. Наука и технологии. 2018. № 3. С. 29–39.
4. Kim D. H, Lee K., Park M. Y., and Jaesung L. UAV-based localization scheme for battlefield environments // Military Communications Conference, MILCOM 2013 – 2013 IEEE, pp. 562–567, 2013.
5. Фокин Г. А. Методика идентификации прямой видимости в радиолиниях сетей мобильной связи 4-го поколения с пространственной обработкой сигналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2013. № 3. С. 78–82.
6. Zekavat R., Buehrer R. M. Handbook of position location: Theory, practice and advances. John Wiley & Sons, 2011.
7. Montminy M. B. Passive geolocation of low-power emitters in urban environments using TDOA: diss. – Air Force Institute of Technology, Mar. 2007.
8. Wylie M. P. and Holtzman J. The non-line of sight problem in mobile location estimation // Proceedings of ICUPC – 5th International Conference on Universal Personal Communications, Cambridge, MA, pp. 827–831 vol. 2, 1996.

УДК 621.396.9

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ АГРЕГАЦИИ ЧАСТОТНЫХ ПОЛОС В СЕТЯХ LTE

Х. А. М. Аль-Осами, Н. А. Груздева, А. Е. Рыжков

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

Рассмотрено состояние технологии агрегации частотных полос в соответствии с Rel.15 спецификаций LTE. Обсуждаются особенности агрегации частотных полос в рамках технологии LAA. Рассмотрена процедура конфигурации вторичных сот. Приведена статистика достигнутых скоростей передачи данных в сетях LTE.

LTE, LAA, агрегация частотных полос, вторичная сотовая сеть, скорости передачи.

Агрегация частотных полос вместе с пространственным мультиплексированием является важнейшим способом увеличения скорости передачи трафика в сетях LTE. Можно агрегировать полосы в лицензируемых и нелицензируемых диапазонах. Все допустимые агрегации лицензируемых полос специфицированы [1]. При этом, хотя формально пока специфицированы 5 классов агрегации (A–E) с суммарным числом ресурсных блоков до 400, уже в релизе 13-я суммарная полоса принимаемых сигналов была доведена

до 100 МГц с использованием в одном из диапазонов сдвоенных полос 20+20 МГц. В релизе 15 эти возможности ещё более расширены, в частности в варианте с агрегацией 5 полос в 5 разных диапазонах (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Конфигурации агрегации частотных полос в 5-ти диапазонах

Конфигурация	Номер полосы	1,4 МГц	3 МГц	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц	Макс. суммарная полоса [МГц]
CA_1A-3A-7A-20A-28A ⁷	1			X	X	X	X	100
	3			X	X	X	X	
	7				X	X	X	
	20				X	X	X	
	28			X	X	X	X	
CA_1A-3A-7A-20A-42A	1			X	X	X	X	100
	3			X	X	X	X	
	7				X	X	X	
	20			X	X	X	X	
	42			X	X	X	X	
CA_1A-3A-8A-11A-28A	1			X	X	X	X	80
	3			X	X	X	X	
	8			X	X			
	11			X	X			
	28			X	X	X	X	

Примечание: в таблице символом X помечены возможные полосы частот.

Однако сейчас гораздо больший интерес вызывает агрегация частотных полос нелицензируемых диапазонов и, прежде всего, диапазона 46 (5150–5925 МГц), используемого сетями Wi-Fi. В рамках технологии LTE-A-Pro в этом диапазоне возможна агрегация более 20 частотных полос шириной в 20 МГц каждая. В настоящее время перспективной считают технологию LAA с возможностью совместной работы сети LTE – Wi-Fi в любом из 26 специфицированных для сетей Wi-Fi частотных каналов. Но в соответствии с [1] в диапазоне 46 могут быть развернуты и собственно сети LTE на 7750 центральных несущих с сеткой в 100 кГц (EARFCN 46790–54539).

Для работы в режиме LAA во вторичных сотах нелицензированного диапазона используют структуру кадра 3, впервые описанную в релизе

14 [2]. Внутри стандартного кадра длиной 10 мс с 10 субкадрами передачу вниз можно начать с любого OFDM-символа любого субкадра и закончить в конце данного или в последующих субкадрах. Возможна также передача блоков трафика в укороченных субкадрах.

В этом случае по каналу управления PDCCN передают коды, определяющие, сколько OFDM-символов занято в текущем субкадре или в следующем субкадре. Эти данные сведены в таблицу 2 [3, раздел 13A]¹.

ТАБЛИЦА 2. Управление передачей в укороченном субкадре

Код конфигурация субкадра, переданная в текущем субкадре	Конфигурация используемых OFDM-символов (текущий субкадр, следующий субкадр)
0000	(-,14)
0001	(-,12)
0010	(-,11)
0011	(-,10)
0100	(-,9)
0101	(-,6)
0110	(-,3)
0111	(14,*)
1000	(12,-)
1001	(11,-)
1010	(10,-)
1011	(9,-)
1100	(6,-)
1101	(3,-)

Передача вверх занимает один или несколько последовательных субкадров (табл. 3) [3].

Процедура конфигурирования вторичных сот при агрегации частотных полос показана на рисунке (см. ниже) [4]. Мобильный терминал переводят в состояние Connected, после чего следует запрос UE Capability Enquiry о его возможностях. В ответе UE Capability Information UE сообщает о вариантах агрегации, которые он поддерживает в соответствии с конкретными релизами спецификаций LTE. Далее в RRC Reconfiguration Command UE получает информацию о выделенном для него ресурсе вторичных сот. На MAC-

¹ В таблице 2 (–, Y) означает, что используют первые Y OFDM-символов следующего (текущего) субкадра, а остальные символы свободны.

уровне каждая вторичная сота получает индекс SCellIndex. Так как UE может иметь несколько вторичных сот, то индекс растет от 1 до 5 при агрегации полос в лицензированных диапазонах и может достигать 25 и более при агрегации полос в нелицензированных диапазонах. Активацию/деактивацию вторичных сот осуществляют на MAC-уровне передачей команды с управляющим элементом MAC (*MAC Control Element*). Если число вторичных сот не превышает 7, то длина поля MAC Control Element составляет 1 байт. При большем числе вторичных сот длину этого поля увеличивают до 4 байт.

ТАБЛИЦА 3. Конфигурации передачи вверх по технологии LAA

Код конфигурации	Сдвиг начала передачи (в субкадрах)	Длительность передачи (в субкадрах)
00000	Не конфигурирован	Не конфигурирована
00001	1	1
00010	1	2
00011	1	3
00100	1	4
00101	1	5
00110	1	6
00111	2	1
-----	-----	-----
01100	2	6
01101	3	1
-----	-----	-----
10010	3	6
10011	4	1
-----	-----	-----
11000	4	6
11001	6	1
-----	-----	-----
11110	6	6

Используя технологии агрегации частотных полос, MIMO 4×4 и модуляцию 256-КМ, операторы сетей LTE постепенно приближаются к скорости передачи данных вниз 1 Гбит/с. Согласно [5] к 2018 г. 7 операторов в Австралии, Гонконге, Швейцарии, Турции, Катаре и Шри-Ланке достигли

скорости в 1 Гбит/с. В России Мегафон/Йота поддерживает скорость в 979 Мбит/с, а МТС в 700 Мбит/с. Однако для приема трафика с такими скоростями необходимы мобильные терминалы категорий передачи вниз от 16 и выше. На начало 2018 г. подобная аппаратура составляла всего 6 % от находящихся в эксплуатации станций LTE [6]. Более половины станций (53 %) относятся к категории 6 (300 Мбит/с), 12 % станций к категории 9 (450 Мбит/с) и по 4 % к категориям 11 и 15 (600 и 800 Мбит/с соответственно).

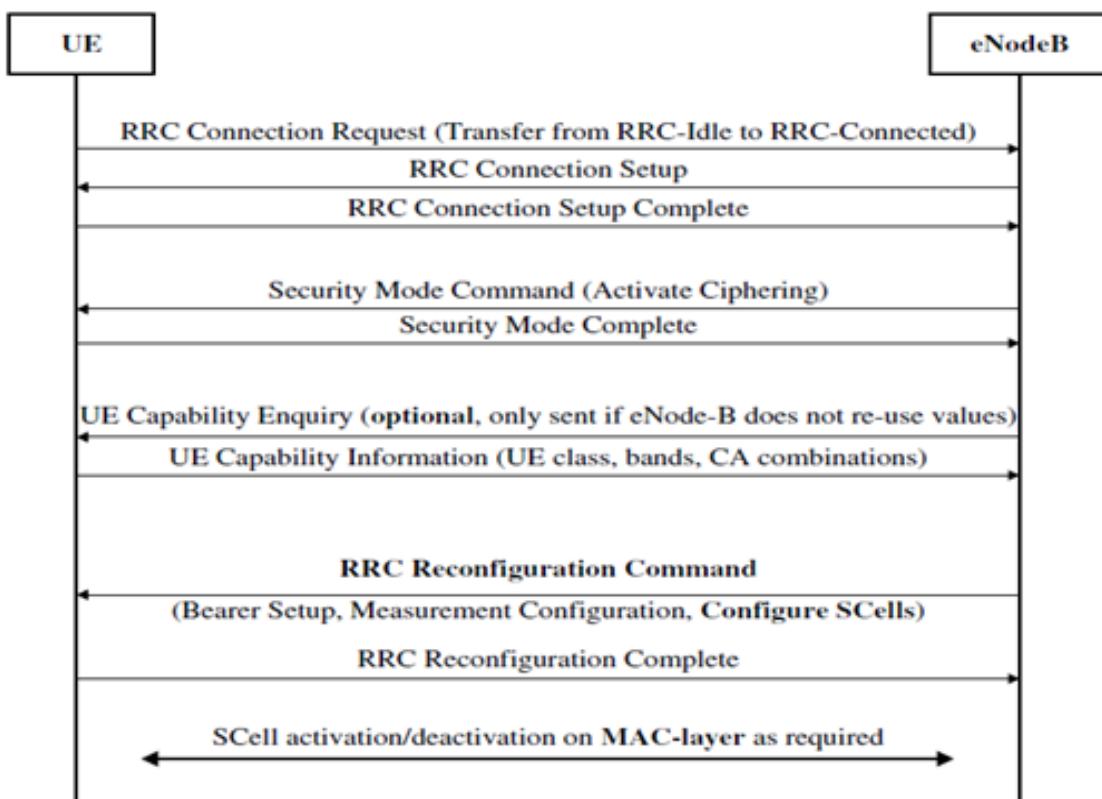


Рисунок. Процедура конфигурирования вторичных сот

Список используемых источников

1. GPP TS 36.101 V15.1.0. User Equipment (UE) radio transmission and reception. 2017. 1635 p.
2. 3GPP TS 36.211 V15.0.0. Physical channels and modulation. 2017. 219 p.
3. 3GPP TS 36.213 V15.0.0 Physical layer procedures. 2017. 493 p.
4. 3GPP TS 36.331 V15.0.1 Radio Resource Control (RRC). 2018. 776 p.
5. GSA. Progress to Gigabit LTE Networks. URL: <https://gsacom.com/paper/progress-gigabit-lte-networks-2/> (дата обращения 11.03.2018).
6. GSA. Evolution from LTE to 5G - January 2018 Update. URL: <https://gsacom.com/paper/evolution-lte-5g-january-2018/> (дата обращения 11.03.2018).

УДК 621.396

ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ РАДИОКОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Б. М. Антипин, В. О. Грачёв, Н. Р. Мартиросова

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

Рассматривается риск-ориентированный подход к формированию плана проведения радиоконтроля с использованием шкалы приоритетов выполнения соответствующих мероприятий. Показывается, что для повышения эффективности мероприятий по радиоконтроля на основе данного подхода целесообразно использовать действительное значение запаса по ЭМС между РЭС. Риск-ориентированный подход потребует также переработки некоторых нормативных документов в области управления использованием радиочастотного ресурса.

радиоконтроль, электромагнитная совместимость, риск-ориентированный подход.

С 1 января 2018 года, согласно постановлению Правительства РФ от 17 августа 2016 года № 806, Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций переходит на риск-ориентированный подход, предусматривающий дифференциацию интенсивности проверок объектов радиоконтроля в зависимости от риска причинения ущерба пользователям радиочастотного спектра (РЧС). Такой подход потребует пересмотра принципов функционирования системы радиоконтроля и традиционной процедуры планирования. С учётом изменения подхода модернизированная процедура должна быть основана на следующих принципах [1]:

1. Переход от показателя «количество проконтролированных РЭС» с обязательным контролем каждой РЭС один раз за три года к показателю «предотвращенный ущерб» по критериям «сеть связи – территория – полоса радиочастот» на основе разработанного набора коэффициентов стратегии гибкого планирования.

2. Изменение принципов организации проведения радиоконтроля с учётом перераспределения усилий в сторону проведения мероприятий мониторинга РЧС с изменением отчетных форм и показателей. Проведение мероприятий по измерению характеристик РЭС по итогам радиомониторинга или отдельных заявок.

Основные риски причинения ущерба при функционировании РЭС являются следствием нарушением условий обеспечения их электромагнитной

совместимости (ЭМС). Можно выделить потенциальные источники рисков причинения ущерба пользователям РЧС, которыми, очевидно, являются:

- сети и системы радиосвязи;
- отдельные РЭС и ВЧУ;
- источники индустриальных радиопомех.

Если исключить из рассмотрения незаконно действующие передатчики, предсказать появление которых это отдельная задача, то можно заключить, что основные риски исходят от излучений РЭС и ВЧУ, действующих на законной основе как самостоятельно, так и входящих в сети и системы связи. Источники индустриальных помех, как правило, достаточно стационарны и их излучения относительно легко могут быть учтены, путём замера уровня индустриального фона.

При расчетах обеспечения ЭМС, согласно [2], определяют уровень помехи в приемнике от излучения передатчика:

$$I = Pt + Gt + Gr - L(d) - FDR(\Delta f) \text{ дБВт}, \quad (1)$$

где P_t – мощность мешающего передатчика (дБВт); G_t – коэффициент усиления антенны источника помехи в направлении приемника (дБи); G_r – коэффициент усиления антенны приемника в направлении источника помехи (дБи); $L(d)$ – основные потери передачи на расстоянии разнесения d между источником помехи и приемником (дБ); частотно зависимое подавление:

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int\limits_0^{\infty} P(f) df}{\int\limits_0^{\infty} P(f) |H(f + \Delta f)|^2 df},$$

где $P(f)$ – эквивалентная спектральная плотность мощности мешающего сигнала на промежуточной частоте; $H(f)$ – избирательность приемника; $\Delta f = f_t - f_r$, где f_t – частота настройки источника помехи, f_r – частота настройки приемника.

Из (1) следует, что уровень мешающей помехи в приемнике зависит, кроме мощности передатчика P_t , от расстояния между приемником и передатчиком, а также от их частотного разноса. При анализе ЭМС для оценки возможности назначения частот данному РЭС регулятор использует утвержденные Государственной комиссией по радиочастотам Нормы частотно-территориального разноса (ЧТР). Нормы позволяют определить, можно ли расположить новое РЭС в существующей группировке или нет. Однако, даже в случае положительного решения, могут быть различные ситуации, когда Нормы ЧТР выполняются с большим запасом, и когда такого запаса практически нет. В последнем случае при эксплуатации РЭС существует

большая вероятность возникновения помеховых ситуаций, а, значит, и появление соответствующих рисков.

Поэтому при планировании мероприятий радиоконтроля целесообразно максимально уделить внимание тем передатчикам, частотно-территориальный разнос которых с действующими РЭС имеет относительно небольшой запас по ЭМС.

В настоящее время основным и практически единственным нормативным документом, определяющим обязательные требования к допустимым отклонениям параметров изучений передатчиков при их эксплуатации, являются Нормы ГКРЧ. Однако Нормы практически не характеризуют условия обеспечения ЭМС РЭС, т. к. их выполнение/невыполнение в большинстве случаев никак не сказывается на ЭМС РЭС.

Например, Нормы 19-13 определяют требования к допустимому отклонению частоты передатчиков ОВЧ/ЧМ вещания в диапазоне 100–108 МГц значением $0,5 \cdot 10^{-6}$ от присвоенной частоты. В абсолютных цифрах имеем 50–54 Гц. Можно с уверенностью сказать, что даже если у передатчика средняя частота спектра отклонится от присвоенной частоты на величину в 3 раза больше нормы, то нарушение условий ЭМС не произойдет.

С другой стороны, требования к относительному допустимому отклонению частоты базовых станций сотовой связи стандартов GSM 900/1800 составляет $20 \cdot 10^{-6}$, хотя известно, что внутрисистемные требования к отклонению частоты для GSM существенно выше, порядка 10^{-8} .

Необходимо также обратить внимание документ, содержащий требования к оборудованию радиоконтроля, утвержденный в декабре 2011 г. Приказом Руководителя Роскомнадзора, и известный как «Положение о единой технической политике предприятий радиочастотной службы» [3]. В таблице приведены требования к приемникам станций радиоконтроля ОВЧ/УВЧ диапазонов, сформулированные в Справочнике МСЭ по радиоконтролю [4] и в отечественном документе (Положение о ЕТП). В первую очередь, вызывает удивление повышенные требования к погрешности настройки частоты приемников. Для удовлетворения требований отечественного документа производители оборудования должны использовать вместо кварцевых рубидиевые опорные генераторы, что значительно удорожает стоимость приемников.

Также, при изменении принципов организации проведения радиоконтроля (с учетом перераспределения усилий в сторону проведения мероприятий мониторинга РЧС) значения параметров, характеризующих многосигнальную избирательность приемников, следует пересмотреть.

ТАБЛИЦА. Технические требования к приемникам стационарных комплексов радиоконтроля ОВЧ/УВЧ диапазонов

Параметры	Справочник МСЭ	Положение о ЕТП
Диапазон частот	20–3000 МГц	20–3000 МГц
Шаг настройки	10 Гц	1 Гц
Погрешность настройки	$0,1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Точка пересечения по интермодуляции третьего порядка, не менее	10 дБм	10 дБм
Коэффициент шума	≤ 12 дБ	≤ 12 дБ
Подавление канала прямого прохождения ПЧ,	80 дБ	80 дБ
Подавление зеркального канала	80 дБ	80 дБ

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. При планировании мероприятий радиоконтроля на основе риск-ориентированного подхода необходимо учитывать действительный запас по ЭМС между РЭС, который связан со значением их ЧТР, определенным на этапе назначения/присвоения частот или радиочастотных каналов.
2. Целесообразно переработать нормативные документы в области управления использования радиочастотного ресурса, в первую очередь, нормы ГКРЧ и требования к оборудованию радиоконтроля.
3. Для эффективного использования риск-ориентированного подхода необходимо так планировать мероприятия по радиоконтролю, чтобы их результаты давали достоверную оценку существующего состояния ЭМС РЭС [5].

Список используемых источников

1. Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена решением ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-06.
2. Частотный и территориальный разнос. Рекомендация МСЭ-R SM.337-6.
3. Положение о единой технической политике предприятий радиочастотной службы. Утверждено приказом Руководителя Роскомнадзора от 19.12.11 № 1131.
4. Справочник по радиоконтролю. МСЭ, 2011.
5. Антипов Б. М., Виноградов Е. М. Оценка электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств по результатам радиоконтроля // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2012. Вып. 6. С. 97–104.

УДК 62-529

ГЕТЕРОГЕННАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

М. В. Беляев¹, А. Г. Сергушев^{1, 2}

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

²ОАО «Авангард»

Автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов все чаще используются как крупными компаниями, так и на малом производстве. Очень часто на практике специалисты сталкиваются с проблемой установки датчиков и получения с них данных как в производственных, так и жилых зданиях. Применение перспективных технологий беспроводных сенсорных сетей не является в данном случае «панaceей от всех бед». Например, в помещениях с толстыми железобетонными стенами, в ряде случаев невозможно установить надежную радиосвязь, а монтаж специальной кабельной сети связи обходится дорого. Выход из данной ситуации заключается в построении гетерогенной системы связи, позволяющей устройствам передачи данных автоматически переключаться между разнородными каналами связи, выбирая наилучший по качеству обслуживания канал. Наиболее перспективной технологической основой, при этом, представляются технологии беспроводных сенсорных сетей. Рассмотрению этого вопроса и посвящен настоящий доклад.

сенсорная сеть, широкополосные системы связи, узкополосные системы связи, радиомодем.

Автоматизированная система управления зданием

В наши дни практически ни одно здание не обходится без всевозможных датчиков и счетчиков – датчиков дыма, счетчиков электроэнергии, датчиков движения для освещения и так далее. Имеет место постоянная тенденция к ужесточению требований к качеству связи датчиков и систем в целом с ростом спроса и, соответственно, с ростом числа самих датчиков, которые, находясь достаточно близко друг к другу, могут создавать серьезные помехи в радиоканале. Также нельзя исключать из расчетов перекрытия и рельеф, встречающиеся на пути распространения сигнала и снижающие дальность его распространения.

В связи с этим, использование одной технологии связи порой бывает недостаточным, и при проектировании универсальной автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) [1] необходимо предусмотреть несколько способов обмена данными между устройствами.

Большинство ныне используемых гетерогенных систем включают в себя технологию радиопередачи, которая обладает рядом преимуществ: простота монтажа, обслуживания, настройки, но также и не лишена недостатков – без направленной антенны и мощного усилителя дальность связи будет малой в условиях плотной городской застройки и шумов от других устройств, работающих в данном диапазоне, поблизости.

Главными альтернативными вариантами являются технологии проводной связи, они не подвержены влиянию помех извне и степень затухания сигнала в кабеле сравнительно мала. Однако это требует дополнительных затрат на монтаж проводки, однако и это не главный минус, ведь в некоторых местах прокладка кабеля невозможна или сильно затруднена. Также стоит отметить, что большая разветвленная сеть требует больших вложений не только с точки зрения расхода провода, но и расходов на возможную перепланировку помещения.

Технология радиопередачи

При проектировании гетерогенной системы связи имеет смысл использовать беспроводную связь как одну из технологий передачи данных по причинам, описанным выше.

Чтобы выбрать оптимальную, следует обратить внимание на частоту, дальность, энергопотребление, скорость передачи и стандарт технологии. Также следует отметить, что, в общем случае, системы делятся на широкополосные (занимающие полосу более 10 % от центральной частоты [2], $f_n \geq 0,1 \cdot f_c$) и узкополосные ($f_n < 0,1 \cdot f_c$), данным классам присущи свои отличительные свойства.

Широкополосные системы хорошо защищены от направленных помех, позволяют подключить большое число устройств, в таких системах возможна симметричная связь (базовая станция – устройство, устройство – базовая станция), данные передаются на большой скорости. Также имеется очень большое преимущество – кодовое разделение, позволяющее дополнительно увеличить помехоустойчивость канала связи и, следовательно, увеличить зону покрытия системы.

Однако существенными недостатками таких устройств являются: сложность разработки и изготовления, высокая стоимость и высокий уровень шума в полосе.

К преимуществам узкополосных систем можно отнести низкий уровень шумов в полосе, очень эффективное использование ресурса полосы, высокая проникающая способность сигнала и относительная простота разработки.

Из недостатков выделяются незащищенность от направленных помех, отсутствие симметричной связи, низкая скорость передачи данных, невозможность кодового разделения.

Однако в большинстве случаев системы занимают промежуточное положение, совмещающее преимущества обоих классов, поэтому их нельзя строго причислить к тому или иному.

Стоит упомянуть, что кроме кодового разделения существуют частотное и временное разделение, которые активно используются в обоих классах для увеличения помехоустойчивости.

Для создания гетерогенной системы было решено выбрать оптимальный вариант из следующих технологий: Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, 6LoWPAN, LoRaWAN, SigFox.

На рис. 1 показано разделение данных технологий на классы:

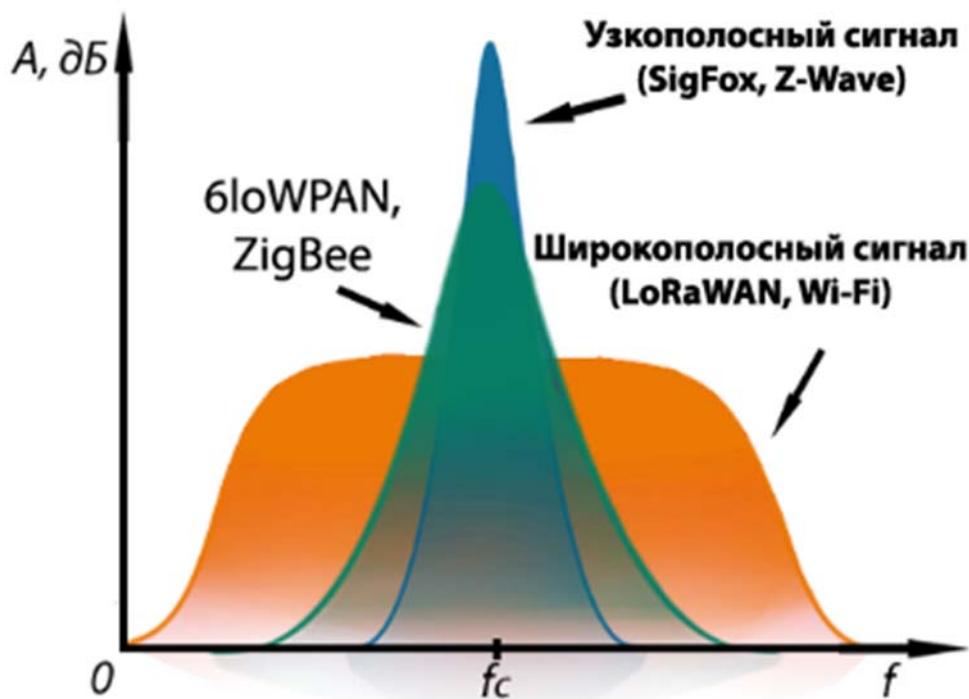


Рис. 1. Разделение беспроводных технологий связи
на широкополосные и узкополосные

В таблице приведены основные характеристики технологий передачи данных для сравнения.

В конечном счете, была выбрана технология 6LoWPAN ввиду хорошего баланса основных энергетических характеристик радиоканала, а также возможности совмещения канального уровня стека протоколов с другим физическим уровнем – PLC, о котором будет рассказано далее.

ТАБЛИЦА. Сравнение технологий беспроводной передачи данных
(«—» – отсутствует или нет данных)

Технические характеристики	Wi-Fi	ZigBee	Z-Wave	6LoWPAN	LoRaWAN	SigFox
Частота	2,4 ГГц	868 МГц / 2,4 ГГц	868 МГц	868 МГц	868 МГц	868 МГц
Дальность	до 100 м	до 100 м	до 30 м	до 5 км	до 5 км	до 10 км
Энерго-потребление	Высокое	Низкое	Низкое	Низкое	Низкое	Низкое
Скорость передачи	до 7 Гбит/с	до 250 кбит/с	до 100 кбит/с	до 125 Мбит/с	до 50 кбит/с	до 1000 кбит/с
Стандарт	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	Z-Wave	IEEE 802.15.4g	LoRaWAN	–
Частотное разделение	14 каналов	27 каналов	3 канала	27 каналов	8 каналов	Каналы 100 Гц без разделения
Кодовое разделение	DSSS	DSSS	–	DSSS и PSSS	CSS	–
Временное разделение	400 нс	625 мкс	–	625 мкс	до 128 с	–
Тип модуляции	QAM-256	O-QPSK	FSK	O-QPSK	LoRa	DBPSK

Технология PLC

Технология PLC (англ. *Power Line Communication*) позволяет передавать данные через электропроводку. Благодаря этому отсутствуют расходы на прокладку дополнительного кабеля, исключаются помехи извне. Систему, использующую данную технологию, можно использовать в любом помещении, подключенном к электросети.

Был выбран стандарт PLC-G3 как оптимальный, ввиду наличия передачи в полосах CENELEC A (35–91 кГц), CENELEC B (98–122 кГц) – это позволяет передавать данные как в проводке 220 В, так и по ЛЭП на расстоянии не превышающие 1,7 км [3].

Несмотря на отсутствие помех извне, сам канал PLC описывается многолучевой моделью распространения (рис. 2).

Опытным путем было определено, что основным препятствием на пути распространения сигнала в PLC-канале является трансформатор, в нем происходят основные потери. Также были получены результаты моделирования Matlab, позволяющие утверждать, что с ростом частоты усложняется передача сигнала (рис. 3):

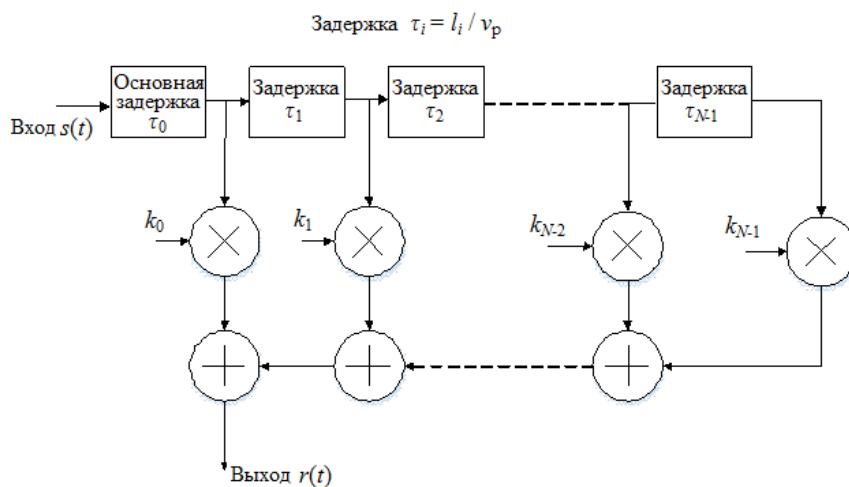


Рис. 2. Модель распространения сигнала в канале PLC

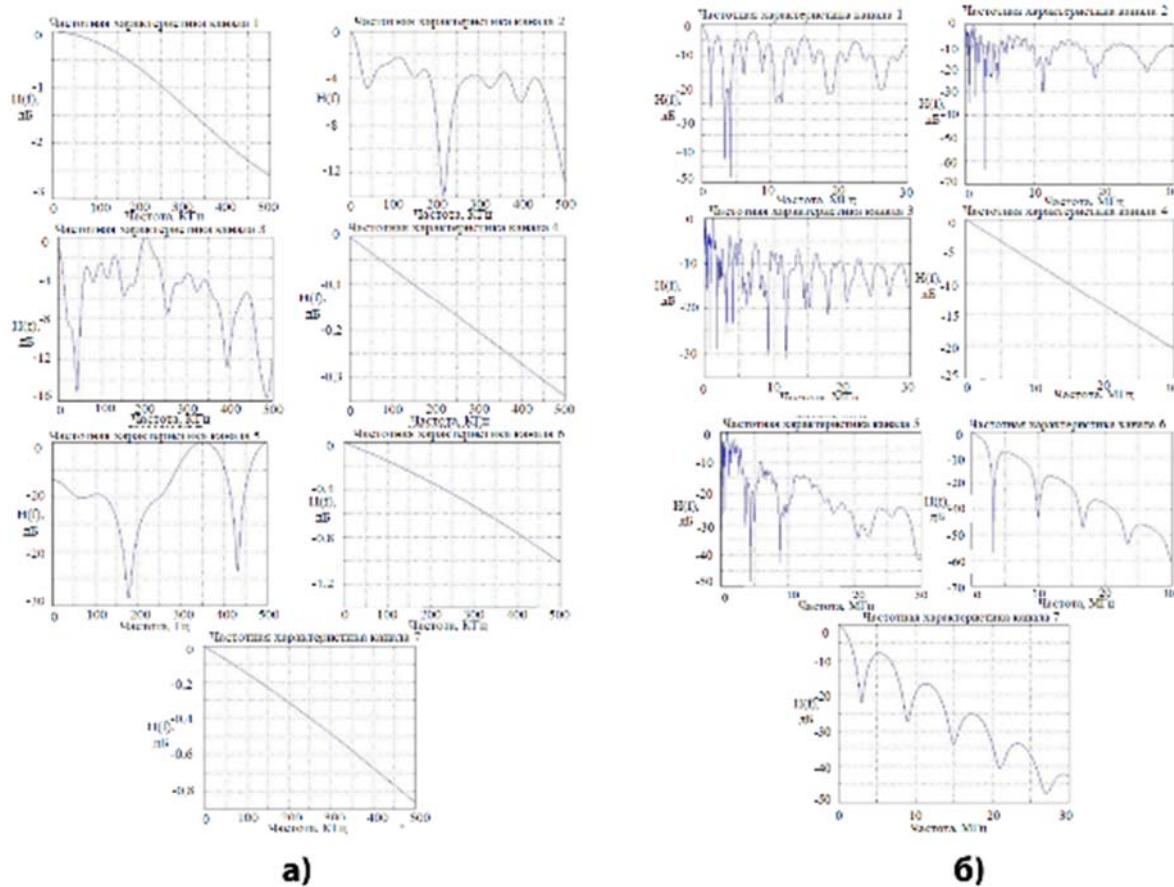


Рис. 3. Частотные характеристики канала PLC
в диапазоне 500 кГц (а) и 30 МГц (б)

Моделирование сети

Для моделирования стека протоколов была собрана сеть, включающая в себя 6 узлов, находящихся на разных расстояниях друг от друга, на каждом

из узлов был установлен стек протоколов PHY – IEEE 802.15.4-6LoWPAN-IPv6-ICMPv6.

Для моделирования физического и канального уровней была собрана сеть, состоящая из двух узлов, на каждом из узлов были установлены PHY и MAC подуровни стандарта IEEE 802.15.4. Также была написана модель ошибок канала PLC.

Разработка PLC/RF-модема гетерогенной системы связи

В результате проведенных исследований, были сформулированы следующие требования к PL/RF-модему гетерогенной системы связи: реализация PLC по стандарту PLC-G3, связь PLC осуществляется через линию «220В», тип модуляции: PLC OFDM, диапазоны: PLC CENELEC A, CENELEC B, частота несущей радиомодуля: 868 МГц, канальный уровень стека протоколов: 6LoWPAN, количество поддерживаемых ретрансляторов: не менее 10.

Выходы

1. Проведено моделирование работы физического уровня системы связи с использованием протокола PLC-G3, которое позволило провести расчет и спрогнозировать состояние канала связи PLC-G3.

2. Проведено моделирование и оценка энергетических характеристик с использованием технологии 6LoWPAN. Проведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что возможна передача данных на скорости не менее 9,6 кбит/с в помещениях с кирпичными и железобетонными стенами на расстояние до 25 м со слабонаправленной антенной и мощностью передатчика не более 10 мВт.

3. Разработаны технические предложения по созданию технических средств гетерогенной системы связи, предложена архитектура технических средств и структура гетерогенной системы связи.

Список используемых источников

1. Автоматизированная система контроля и учёта энергоресурсов // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная_система_контроля_и_учёта_энергоресурсов (дата обращения: 22.03.2018).
2. Широкополосные сигналы // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Широкополосные_сигналы (дата обращения: 22.03.2018).
3. Power-line communication // Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Power-line_communication (дата обращения: 22.03.2018).

УДК 621.382.23(075.8)

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЦВЕТОВ В ПЛОСКОПАНЕЛЬНЫХ ДИСПЛЕЯХ

Н. Н. Беляева, Н. А. Ерганжиев

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

Переход систем телевизионного вещания стандартной и высокой четкости к телевизионным системам сверхвысокой четкости обеспечит воспроизводимые изображения расширенной цветовой гаммой. Проведен анализ координат цветностей первичных цветов в системах XYZ МКО – 1931 и UVW МКО-1960 для систем ТВЧ и ТСВЧ. Приведены результаты расчета количества цветностей в зависимости от устройств воспроизведения. Показано, что наиболее перспективными являются дисплеи, выполненные по технологии QLED.

оценка цветовых различий, цветовая гамма, ТСВЧ, QLED.

Современный этап развития систем телевизионного вещания характеризуется переходом от систем стандартной и высокой четкости к телевизионным системам сверхвысокой четкости (ТСВЧ). Подобный переход предполагает формирование изображений, обладающих большей реалистичностью и более точно передающих визуальную информацию.

Подобная задача может быть решена только при достижении определенного уровня в технологиях устройств отображения.

Одним из преимуществ, обеспечиваемых ТСВЧ, является расширенная цветовая гамма формируемого изображения.

Расширение цветовой гаммы может достигаться как переходом на 10-12-битовое кодирование, так и, в еще большей степени, увеличением цветового охвата дисплея.

Оценка возможного расширения цветовой гаммы изображения, ожидаемого при переходе к системам ТСВЧ, может быть выполнена путем расчета числа цветностей, различимых человеком, отображение которых обеспечивается цветовым охватом системы, заложенным в Рекомендации МСЭ R [1], регламентирующей значения параметров для систем ТСВЧ.

Для оценки этого параметра необходимо обратиться к принятому в колориметрии методу оценки цветовых различий. Различие между цветами целесообразно оценивать в порогах цветоразличения, которые наблюдатель в состоянии заметить, используя при этом равноконтрастную диаграмму цветностей МКО-1960 в координатах UV. Особенностью этой диаграммы, в отличие от более распространенной диаграммы цветностей колориметри-

ческой системы XYZ, является постоянство величины порога цветоразличения по всей площади диаграммы. Пороговые фигуры с достаточной степенью точности представляют собой равные окружности, а величина порога составляет 0,00038 единиц UV. Следовательно, число цветностей, различаемых человеком в области цветового охвата системы можно выполнить следующим образом:

$$K_{\text{ЦВ}} = \frac{S_{\Delta}}{S_{K_p}} = \frac{S_{\Delta}}{3,14 \cdot (0,00038)^2},$$

где S_{Δ} – площадь треугольника цветового охвата системы на равноконтрастной диаграмме цветности, S_{K_p} – площадь пороговой фигуры.

В соответствии с рекомендациями МСЭ R для систем ТВЧ [2] и ТСВЧ [1] координаты цветности первичных цветов в системе XYZ МКО-1931 составляют, как указано в таблице 1:

ТАБЛИЦА 1. Координаты цветностей первичных цветов в системе XYZ МКО-1931

Система	<i>R</i>		<i>G</i>		<i>B</i>	
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
ТВЧ Рек МСЭ-R BT.706	0,6326	0,3655	0,3013	0,5896	0,1367	0,0948
ТСВЧ Рек МСЭ-R BT.2020	0,708	0,292	0,170	0,797	0,131	0,046

В таблице 2 приведены координаты цветностей первичных цветов, рекомендованных для систем ТСВЧ и ТВЧ, в системе UVW МКО-1960. Кроме того, в этой таблице приведены результаты расчета площади области цветового охвата и количества цветностей, различных в пределах рекомендованного цветового охвата каждой системы, что характеризует отображаемую цветовую гамму.

ТАБЛИЦА 2. Координаты цветностей первичных цветов в системе UVW МКО-1960

Системы	<i>R</i>		<i>G</i>		<i>B</i>		S_{Δ}	$K_{\text{ЦВ}}$
	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>U</i>	<i>V</i>		
ТВЧ Рек МСЭ-R BT.706	0,380	0,36	0,135	0,37	0,139	0,15	0,041	90421
ТСВЧ Рек МСЭ-R BT.2020	0,557	0,344	0,056	0,391	0,157	0,084	0,069	152178

Сравнительный анализ результатов расчета показывает, что, как по площади цветового охвата, так и по числу воспроизводимых цветностей, воспроизведяющее устройство, работающее в системе ТСВЧ должно превосходить мониторы предыдущих систем в 1,68 раза.

Рассмотрим параметры наиболее распространенных плоскопанельных воспроизводящих устройств с точки зрения возможности их использования в системах ТСВЧ [3]. Для анализа использованы ЖК дисплеи с различными видами подсветки и дисплеи, выполненные по технологии OLED.

Треугольники цветового охвата распространенных моделей этих типов дисплеев приведены на рисунке (см. ниже).

Результаты расчетов площади цветового охвата рассмотренных дисплеев и числа воспроизводимых цветностей приведены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3. Результаты расчетов

Виды устройств	R		G		B		S_{Δ}	$K_{ЦВ}$
	U	V	U	V	U	V		
White LED	0,380	0,36	0,135	0,37	0,139	0,15	0,028	61015
RGB LED	0,447	0,35	0,078	0,37	0,130	0,16	0,038	83226
OLED	0,556	0,33	0,059	0,38	0,133	0,17	0,050	109579
QLED	0,556	0,33	0,087	0,39	0,188	0,08	0,071	155928

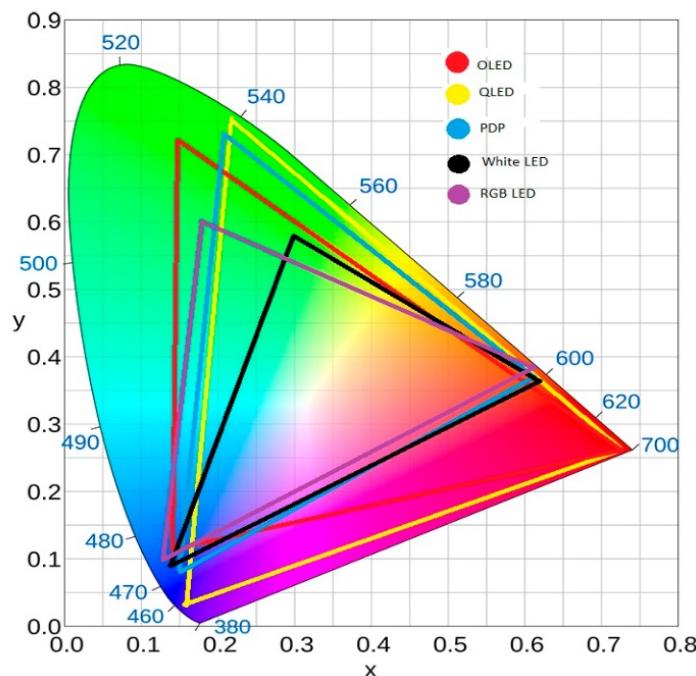


Рисунок. Сравнения цветовых охватов воспроизводящих устройств

Анализ результатов расчетов показывает, что наибольшее число цветностей и, следовательно, максимальную гамму цветов из всех рассмотренных устройств позволяет воспроизвести дисплей, выполненный по технологии QLED. Именно эти дисплеи в наибольшей степени отвечают требованиям систем ТСВЧ.

Список используемых источников

1. Рекомендация МСЭ-R BT.2020 Значения параметров для систем ТСВЧ для производства программ и международного обмена ими.
2. Рекомендация МСЭ-R BT.706.
3. Мухин И. А. Современные плоскопанельные отображающие устройства // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2004. № 1. С.43–47.

УДК 537.876.46

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ИЗМЕРЕНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ МОДУЛЕЙ
ПЕРЕДАТЧИКОВ С ВНУТРЕННЕЙ И ВНЕШНЕЙ
МОДУЛЯЦИЕЙ В АНАЛОГОВЫХ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ
ПЕРЕДАЧИ СВЧ РАДИОСИГНАЛОВ**

С. А. Бессольцев

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

Аналоговые волоконно-оптические линии передачи СВЧ сигналов и их компоненты находят все более широкое применение при создании современных радиоэлектронных систем различного назначения (радиолокация, радиомониторинг, радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами и др.). Большой интерес вызывает применение компонентов радиофотоники при решении задач диаграммоформирования в многоэлементных фазированных антенных решетках СВЧ диапазона. В данной статье рассматриваются волоконно-оптические линии, работающие по принципу IM-DD (intensity modulation – direct detection), параметры которых в первую очередь определяются характеристиками передатчиков. В статье приведены экспериментальные исследования характеристик выпускаемых промышленно модулей передатчика на основе лазера с резонатором Фабри-Перо с прямой (внутренней) модуляцией интенсивности на основе DFB лазера с внешней модуляцией интенсивности в модуляторе Маха-Цендера – фирмы Emcore.

радиофотоника, радиофотонная диаграммоформирующая схема, аналоговой линии передачи.

В статье исследовалась аналоговая линия передачи OTS-2-18 (фирма *Emcore*), состоящая из двух модулей: передатчика и приемника (рис. 1, см. ниже).

Эти модули характеризуются следующими параметрами. Оптическая мощность передатчиков на выходе 10 мВт, нестабильность интенсивности

излучения (RIN) -160 дБ/Гц, частоты лазеров «привязаны» к сетке ITU 100 ГГц с точностью 2,5 ГГц, крутизна преобразования S фотодетектора не менее 0,7 А/Вт. Диапазон рабочих частот линии 0,05..18 ГГц. Фотоприемный модуль после фотодетектора имел дополнительный СВЧ усилитель с коэффициентом передачи $G_{PD} = 15$ дБ [1].

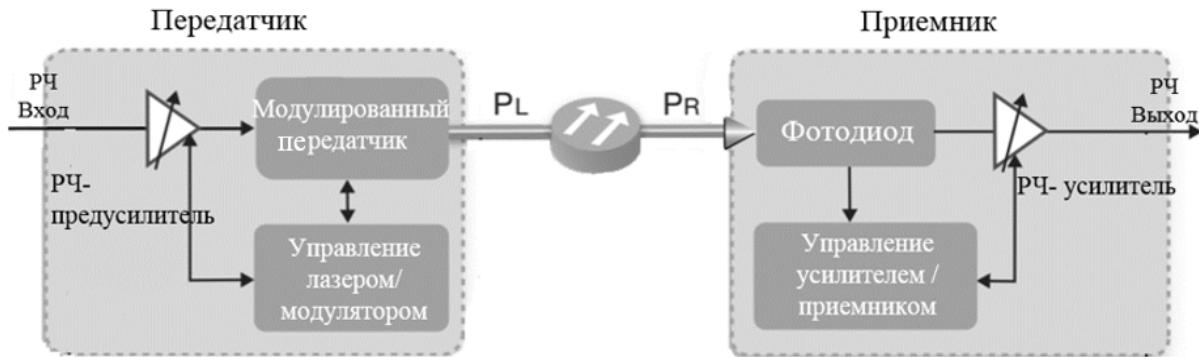


Рис. 1. Блок-схема аналоговой линии передачи OTS-2-18 (Emcore)

Цель первой части – определить электрическую длину, вносимую каждой компонентой, входящими в аналоговую линию передачи, тем самым отработав технику измерений. Для достижения этой цели были собраны следующие стенды для измерения, блок-схемы которых показаны на рис. 2. Передатчик имел длину волны $\lambda = 1551,72$ нм, что соответствует 32 каналу сетки ITU 100ГГц [2].

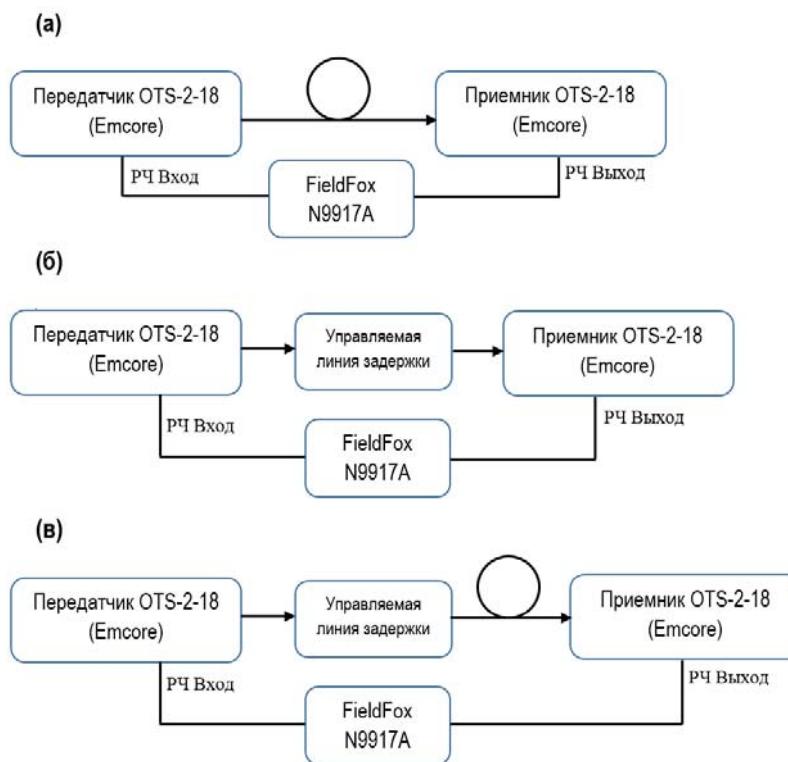


Рис. 2. Блок-схемы для измерения электрических длин

Для каждой из схем измерялась зависимость АЧХ $S_{21}(f) = |S_{21}(f)| * \exp(\arg|S_{21}(f)|)$ и ФЧХ $\arg|S_{21}(f)| = \varphi(f)$.

Особенности измерения фазо-частотных характеристик (ФЧХ) и электрической длины. Электрические длины рассчитывались исходя из ФЧХ (рис. 3).

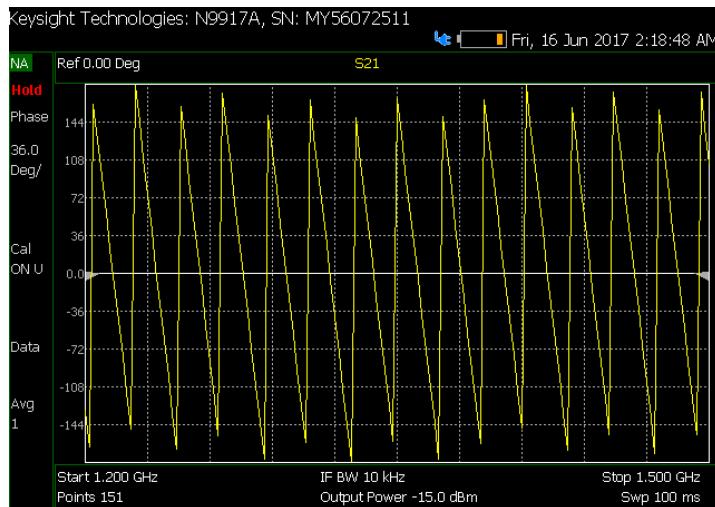


Рис. 3. ФЧХ линии, состоящей из передатчика+приемник, соединенных одномодовым патч-кордом длиной 73 см

В этом примере измерения выполнены по 151 точке с шагом 2 МГц в диапазоне от 1,2 до 1,5 ГГц. Фаза измеряется в пределах $\pm 180^\circ$. С помощью специальной функции анализатора FieldFox N9917A, носящей название UNWRAP PHASE (развертка фазы). Эта функция принудительно отображает фазу в виде линейной зависимости (рис. 4), без привычного пилообразного характера, который можно было бы видеть в противном случае.

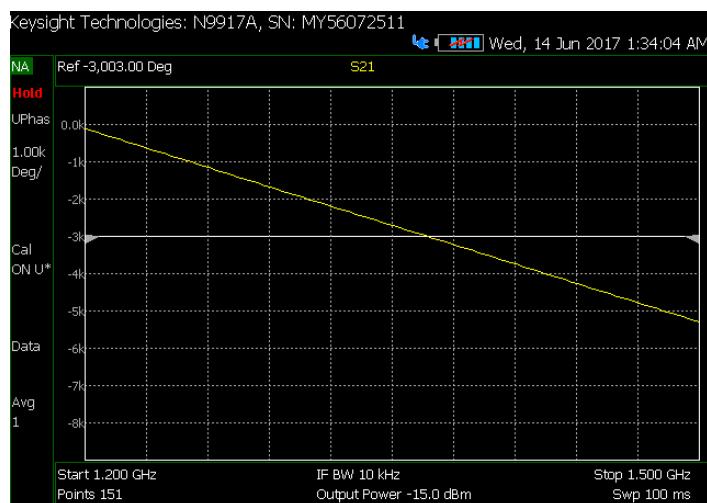


Рис. 4. ФЧХ линии, состоящей из передатчика+приемник, соединенных одномодовым патч-кордом длиной 73 см с использованием функции UNWRAP PHASE

Фазовая задержка волокна определяется как:

$$\Delta\varphi = -360^\circ * f * \tau, \quad (1)$$

где f – частота оптической волны, τ – время задержки при распространении по волоконно-оптической (ВО) линии.

Время задержки волокна напрямую связано с его физической длиной $L_{\text{физ}}$ через эффективный показатель преломления n_{eff} волокна и скорость света c следующим выражением [3]:

$$\tau = \frac{L_{\text{физ}} * n_{eff}}{c} = \frac{L_{\text{эл}}}{c}. \quad (2)$$

Произведение $L_{\text{физ}} * n_{eff}$ называется электрической длиной волокна, так как она обозначает эффективную длину волокна, которую должен преодолеть оптический сигнал. На практике, электрическая длина всегда больше, чем физическая длина. Подставляя (2) в (1), выражение для электрической длины задается:

$$L_{\text{эл}} = \frac{-A * c}{360^\circ}, \quad (3)$$

где $A = -360^\circ * \tau$ – коэффициент наклона прямой.

Электрическая длина определялась из наклона ФЧХ в режиме UNWRAP PHASE, с помощью дополнительной обработки данных фазовых измерений, сохраненных в файл в стандарте *.csv, уже в программе Excel. В этой программе по полученным в ходе измерений точкам (φ, f) рассчитывалась линейная аппроксимация $\varphi = -A_{app} * f + \varphi_0$ методом наименьших квадратов. И полученный коэффициент $-A_{app}$, который определяет наклон, подставлялся в выражение (3) для расчёта $L_{\text{эл}}$. Пример линейной аппроксимации в Excel приведен на рис. 5.

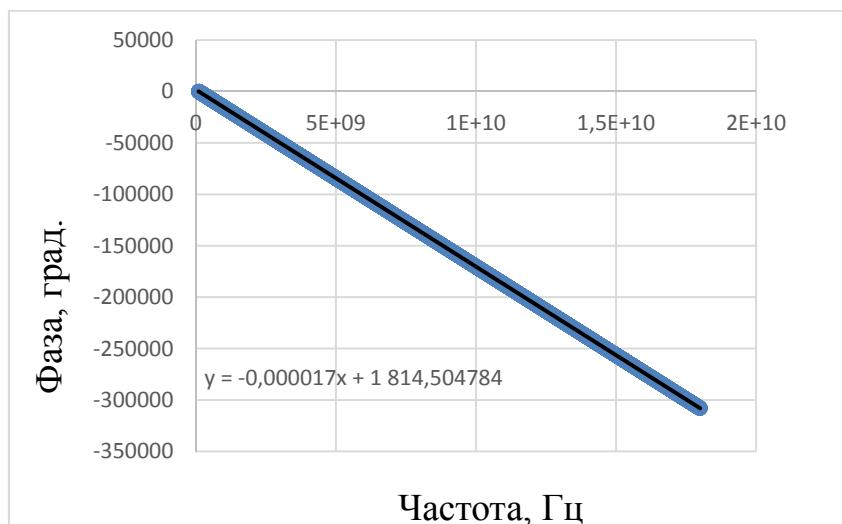


Рис. 5. Пример линейной аппроксимации (чёрная линия – линия тренда)

На рис. 6 и 7 для примера приведены АЧХ и ФЧХ линии.

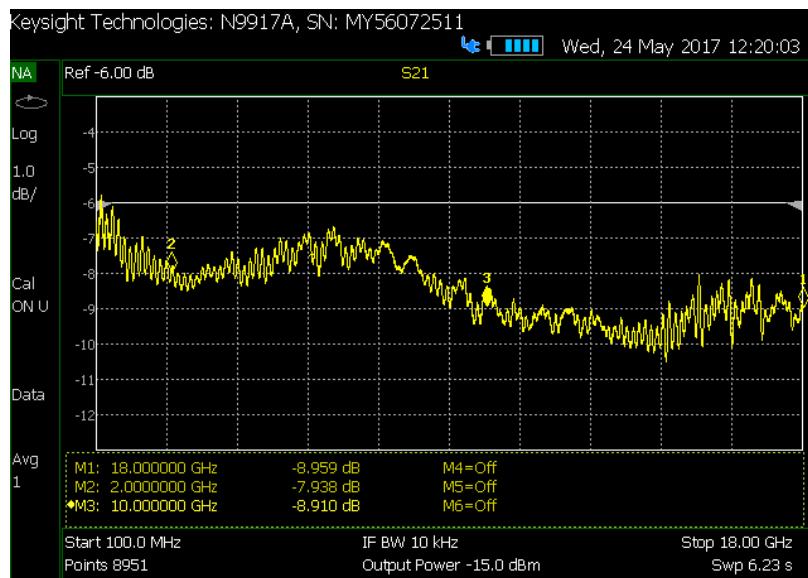


Рис. 6. АЧХ линии, состоящей из передатчика и приемника, соединенных одномодовым патч-кордом длиной 73 см

Измерения выполнены по 8951 точкам с шагом 2 МГц в диапазоне от 100 до 18 ГГц. Из рис. 6 видно, что измерения дали коэффициент передачи G радиофотонной линии, равный $-8,9$ дБ @ 10 ГГц.

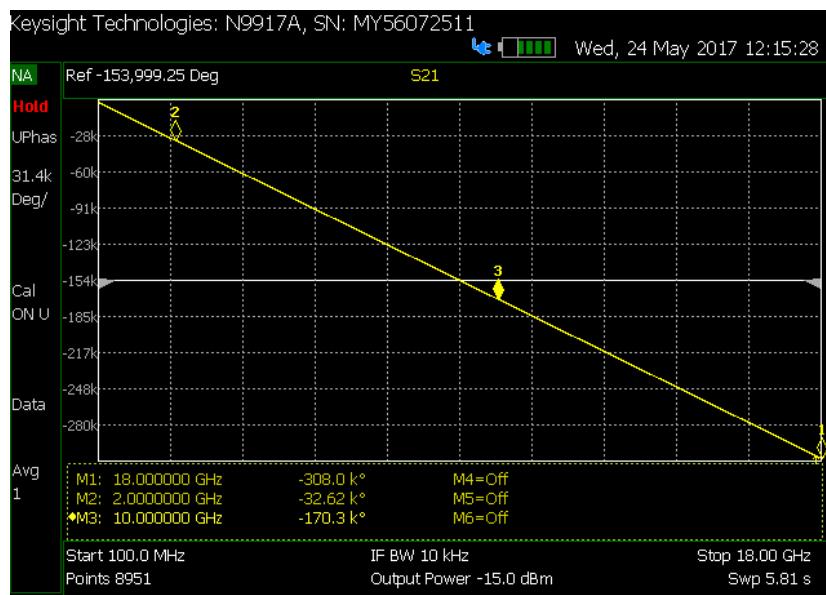


Рис. 7. ФЧХ линии, состоящей из передатчика и приемника, соединенных одномодовым патч-кордом длиной 73 см

Собственные ФЧХ комбинации модулятор+приемника (за вычетом линейной компоненты из зарегистрированной зависимости $\arg|S_{21}(f)|$) представлены на рис. 8.

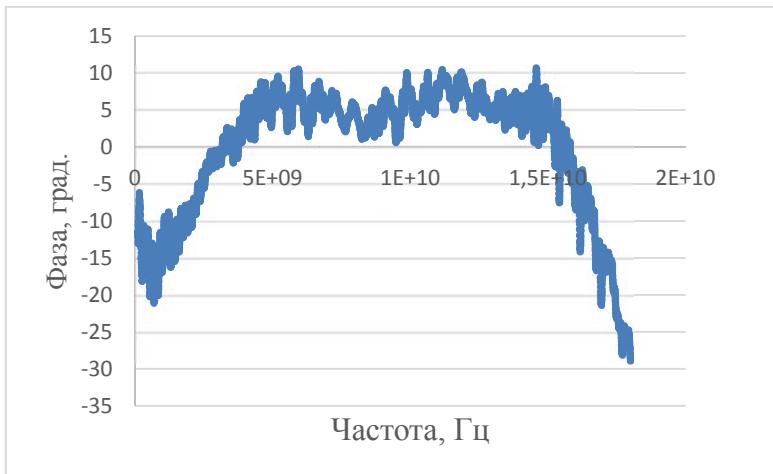


Рис. 8. Собственные ФЧХ модулей

В первом случае передатчик и приемник были соединены друг с другом одномодовым оптическим волокном – патч-кордом длиной 73 см (рис. 2 (а)). Во втором случае передатчик и приемник были соединены оптической линией задержки с ручной регулировкой типа VDL-001 (фирма General Photonics) (рис. 2 (б)). И в третьем случае два модуля были соединены с помощью того же патч-корда и включенной последовательно с ним оптической линии задержки VDL-001 (рис. 2 (в)). Для расчета электрической длины модулей, была составлена система из 3-х линейных уравнений с тремя неизвестными.

$$\begin{cases} L_1 = x + y \\ L_2 = x + z \\ L_3 = x + y + z \end{cases}$$

где x – электрическая длина модулей (приемник+передатчик), y – электрическая длина оптического патч-корда длиной 73 см, z – электрическая длина оптической линии задержки, L_1 , L_2 , L_3 – измеренные электрические длины радиофотонных линий соответствующей конфигурации. Исходя из полученных данных и последующей их обработки, L_1 , L_2 , L_3 равны 14,344 м, 14,2523 м и 15,3261 м соответственно. Подставляя данные в систему, находим электрические длины всех указанных компонент.

$$\begin{cases} x = 13,2702 \text{ м} \\ y = 1,0738 \text{ м} \\ z = 0,9821 \text{ м} \end{cases}$$

Список используемых источников

1. Иванов С. И., Лавров А. П., Саенко И. И. Оптоволоконная система формирования диаграммы направленности широкополосной приемной ФАР // Оптический журнал. 2015. Т. 82, № 3. С. 13–22.
2. Хансен Р. С. Фазированные антенные решетки. Второе издание. М. : Техносфера, 2012. 560 с.

3. Зайцев Д. Ф. Нанофотоника и ее применение. М. : Фирма «АКТЕОН», 2012. 445 с.

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук
Д. О. Федосеевым.*

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И. М. Бигильдин

Военная академия связи имени Маршала Советского союза им. С. М. Буденного

Рассмотрены современные вопросы повышения помехоустойчивости функционирования радиолиний подвижных объектов различного военного назначения, а также разработка предложений по построение бортовых антенных систем УКВ диапазона.

антенна решетка, антенно-фидерные устройства, помехоустойчивость, MIMO, УКВ.

Надежное управление действиями войск в настоящее время невозможно без использования подвижных пунктов управления (ПУ), которые могут размещаться на грунтовых, морских и других транспортных объектах. В состав узла связи (УС) подвижного ПУ в общем случае включается приемо-передающая радиоаппаратура различных диапазонов.

Для данных целей широко используется ультракоротковолновый (УКВ) диапазон электромагнитных волн. Диапазон УКВ от 30 до 110 МГц благодаря атмосферной рефракции позволяет вести загоризонтную радиосвязь на десятки километров [1].

В УКВ диапазоне обеспечение электромагнитной доступности сопряжено с определенными трудностями – сложность обеспечения одновременной работы радиосредств без взаимных помех, т. е. выполнения условий электромагнитной совместимости (ЭМС). Эта проблема возникла в связи с необходимостью размещения в ограниченном объеме транспортного средства большого комплекта радиосредств, различающихся диапазонами рабочих частот, уровнями излучаемой мощности и т. д., и обусловлена наличием паразитных связей различных РЭС.

Увеличение электромагнитной доступности достигается посредством применения активных фазированных антенных решеток. Так для диапазона

УКВ была рассчитана пятиэлементная решетка из широкополосных штыревых антенн [2] с индуктивно-резистивными цепями (рис. 1). Предложенная широкополосная антenna рекомендуется к использованию в наземных подвижных объектах, она обеспечивает мгновенную ширину полосы пропускания 65 МГц с относительно низким КСВ и высоким КУ. При включении в antennу ряда индуктивно-резистивных нагрузок будет изменяться ее электрическая длина, что позволит ей уменьшить габаритные размеры.

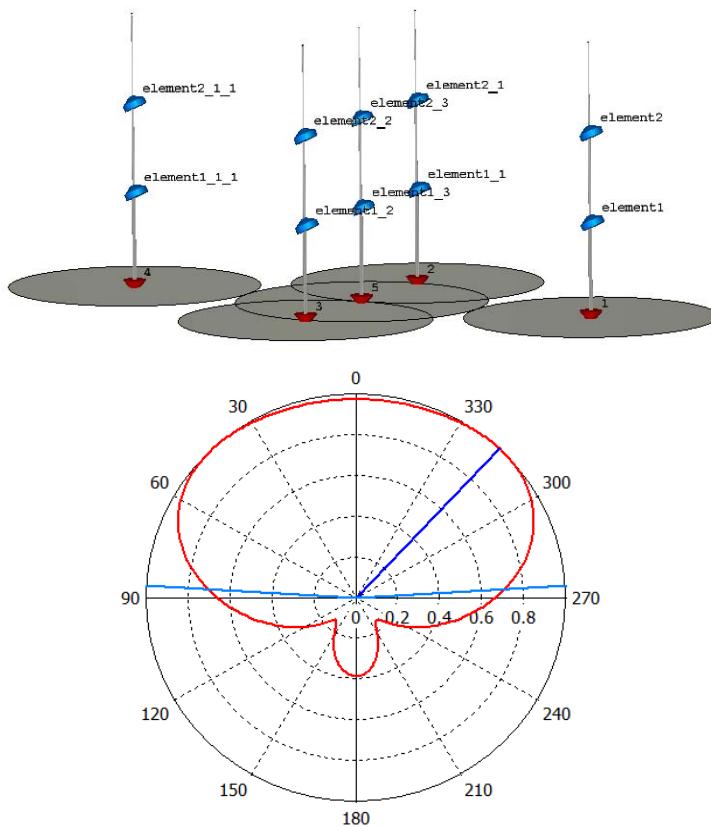


Рис. 1. Модель antennной решетки и её диаграмма направленности

ЭМС – это совокупность условий, при которых радиоэлектронные средства (комплексы) могут выполнять свои функции, не испытывая недопустимого нарушения основных характеристик при воздействии других радиоэлектронных средств и, в свою очередь, не вызывая недопустимого ухудшения их работы.

В реальных условиях в месте расположения электрооборудования существует большое число различного рода излучений, учёт которых возможен при помощи методов теории вероятностей и математической статистики. Обеспечение нормальной работы совместно работающих технических средств является целью ЭМС как научной проблемы. Предметом же изуче-

ния можно считать выявление закономерностей мешающего взаимодействия совместно работающих технических средств, на базе которых формируются рекомендации для достижения цели.

Электромагнитная помеха (EMI, англ. *Electromagnetic Interference*, также RFI – *Radio Frequency Interference*) – нежелательное физическое явление или воздействие электрических, магнитных или электромагнитных полей, электрических токов или напряжений внешнего или внутреннего источника, которое нарушает нормальную работу технических средств, или вызывает ухудшение технических характеристик и параметров этих средств.

Для целей радиоэлектронной борьбы применяют преднамеренное электромагнитное воздействие, направленное на объект, которое является для него нежелательным, то есть помехой.

Основным видом помехи является связь непосредственно через антенны. Поэтому проектирование антенных бортовых устройств без учета их возможностей по обеспечению требований ЭМС, так же, как и неправильная их эксплуатация, в большинстве случаев делает невозможным одновременное и эффективное использование радиосредств на подвижных объектах. Известные способы выполнения условий ЭМС, такие как временное, частотное разделение каналов приема и передачи, поляризационное и пространственное разнесение приемных и передающих антенн, имеют ограниченное применение или вообще невозможны на узлах связи подвижных ПУ.

Еще одним из способов увеличения электромагнитной доступности и помехозащищенности радиосвязи рассматривается использование технологии MIMO (англ. – *multiple input multiple output*) – применение приемо-передающих антенн с многоканальным входом и выходом (рис. 2).

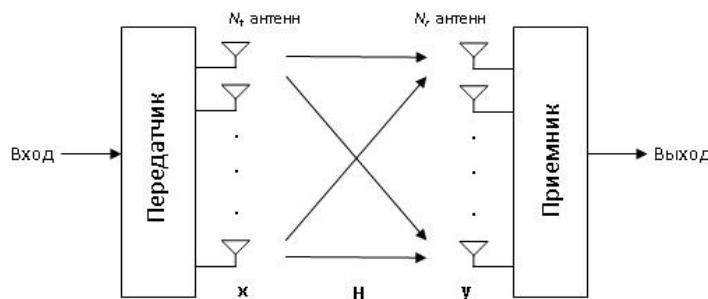


Рис. 2. Модель радиоканала MIMO

Основой технологии MIMO является теория пространственно временной обработки сигналов.

Для реализации данной технологии, требуется создание системы из нескольких антенн – антенной решетки, и для обеспечения некоррелированности расстояние между антеннами, расстояние между ними должно быть

не менее одной длины волны [3]. В рассматриваемом диапазоне частот достижение этого параметра технически осложнено, а возможно даже невозможно. При расположении антенной системы на подвижном объекте, пространство ограничено площадью не более 10 м^2 . Таким образом организация радиосвязи с применением данной технологии возможно только в диапазоне примерно от 90 МГц. Но даже в этом случае требуется найти такие конструктивные решения для излучателей и их расположения чтобы обеспечить их некоррелированность [4].

Список используемых источников

1. Гололобов Д. В., Кирильчук В. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учебное пособие: БГУИР, 2006. 164 с.
2. Ротхаммель К. Энциклопедия антенн. М. : ДМК Пресс, 2011. 300 с.
3. Бакулин М. Г., Варукина Л. А. Технология MIMO: принципы и алгоритмы. М. : Горячая линия, 2014. 244 с.
4. Jin J. The finite element method in electromagnetic. N.-Y. : John Wiley & Sons Inc, 2002. 752 p.

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук
Д. О. Федосеевым.*

УДК 004.41

ТЕХНОЛОГИИ ТРЕКИНГА ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРА ЧАСТИЦ

Г. С. Боголепов, Н. А. Москаленко, Д. А. Осинкин

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

Задача трекинга объектов в видеопотоке является неотъемлемой частью многих прикладных областей, таких как построение систем видеонаблюдения, создание интерфейсов человек-компьютер, программ для передачи или сжатия видео и другое. При решении задачи трекинга объекта в видеопотоке необходимо обрабатывать огромное количество данных, кадров, что повышает затраты вычислительной мощности, а также повышает продолжительность обработки. Особенно это справедливо, если нахождение положения объекта в потоке не нормально, мультимодально или вообще произвольной природы.

трекинг объектов, обработка видео, фильтр частиц, распознавание объектов.

Одним из наиболее подходящих для задачи моделирования изменяющихся во времени произвольных распределений (трекинга объектов) являются последовательные методы Монте-Карло, или фильтры частиц, которые оценивают плотности при помощи конечных наборов частиц (семплов) реализующих распределение.

В основе фильтров частиц лежит модель, описывающая изменение скрытых переменных, характеризующих положение объекта в кадре, и получение наблюдаемых переменных итоговых изображений из видеопотока, а также метод аппроксимации плотности с помощью реализующей ее выборки, соответствующей задаче фильтрации задаче определения реального значения скрытых переменных в текущий момент времени на основе полной истории значений наблюдаемых переменных [1].

Фильтр частиц работает по следующему алгоритму [2]:

1. Генерируем N начальных семплов $\tilde{x}_1^i \sim \mu(x_1)$, веса устанавливаем равными:

$$\tilde{\omega}_0^i = 1/N, k = 0.$$

2. Для всех k от 1 до t .

a. Вычисляем веса:

$$\tilde{\omega}_k^i = p(y_k | \tilde{x}_k^i) \tilde{\omega}_{k-1}^i.$$

b. Нормализуем веса:

$$\omega_k^i = \frac{\tilde{\omega}_k^i}{\sum_{j=1}^N \tilde{\omega}_k^j},$$

c. Для $i = 1, \dots, N$ генерируем новый семпл X такой, что

$$P(x_t^i = \tilde{x}_k^j) = \omega_k^j.$$

d. Генерируем новую выборку из N элементов из предложенного распределения:

$$\tilde{x}_{k+1}^i \sim f(x_{k+1} | x_k^i).$$

На каждом кадре определяется набор возможных состояний отслеживаемого объекта:

$$S_t = \{s_t^j\}, j \in \{1 \dots N\}.$$

Данный набор обновляется при переходе от одного кадра к другому по рекурсивному алгоритму:

– Новый набор получается из предыдущего, где семпл из старого набора выбирается с вероятностью, пропорциональной его весу.

– Для каждого семпла новое состояния получается сэмплированием из модели движения:

$$p(X_t | X_{t-1} = x_{t-1}^i).$$

Изменения в новом кадре используются при обновлении весов с помощью подсчета правдоподобия наблюдения, т. е.:

$$\pi_t^j = p(Z_t | X_t = x_t^j, Z_0, Z_1, \dots, Z_{t-1}).$$

Начальная позиция объекта определяется рамкой выделения на изображении, т. е. каждая позиция-кандидат определяется некоторым вектором X , по которому как минимум можно получить значения центра, ширины и высоты рамки в абсолютных значениях.

Для предсказания новых положений частиц используется авторегрессионная модель первого порядка. По этой модели новое состояние, основанное на предыдущем состоянии, получается за счет добавления нормального шума ко всем показателям в случае, когда мы не моделируем скорость отслеживаемого объекта:

$$\begin{aligned}x_t &= x_{t-1} + N(0, \sigma_x^2), \\y_t &= y_{t-1} + N(0, \sigma_y^2), \\w_t &= w_{t-1} + N(0, \sigma_w^2), \\h_t &= h_{t-1} + N(0, \sigma_h^2).\end{aligned}$$

Таким образом решается проблема, когда маловероятные частицы получает все меньший вес и ситуации сильного изменения положения объекта характеризуются моделью как невозможные.

Данный алгоритм имеет следующие плюсы:

- устойчивость к частичным перекрытиям объекта на видео;
- уменьшено временные затраты на вычисление;
- уменьшено затраты вычислительной мощности;
- более качественное определение и сопровождение объекта;
- возможность предсказания направления объекта.

Однако имеются и недостатки, такие как:

- При полном перекрытии перекрытия, невозможно сравнивать предсказанные положения объекта с самим объектом.
- Зависимость от зашумления кадра.
- В зависимости от доступных вычислительных мощностей видеопоток должен быть в определенном качестве (кадр размером от 0,3 до 1,0 Мп).

Для решения данных недостатков можно добавить специальный алгоритм «При потере объекта», который будет вводится, если минимальное из расстояний между признаками регионов и шаблона больше некоторого порога. Это позволит частицам продолжать находиться там же и двигаться с той же скоростью, что и объект до потери цели. Для решения задач с вычислительной мощностью и зависимостей зашумления стоит использовать улучшенные методы обработки изображений и видеопотока.

Список используемых источников

1. Пару слов о распознавании образов [Электронный ресурс] // URL: <https://habra-habr.ru/post/208090/> (дата обращения 10.01.2018).
2. Дэвид А. Форсайт, Жан Понс. Компьютерное зрение. Современный подход. М. : Вильямс, 2004. 650 с.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором И. Б. Саенко.

УДК 621.396.677

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ПАССИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

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

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

В статье рассмотрены структура и принцип действия специализированной информационной системы, предназначенной для определения местоположения обзорной радиолокационной станции относительно лучей (как минимум одного луча) информационной системы. Приведены основные соотношения для расчета дальности и угла визирования ОРЛС. Выполнено моделирование информационной системы с учетом стохастической природы информационного сигнала, поступающего на вход системы. Показано, что основными причинами ошибок в определении местоположения ОРЛС является стохастическая природа информационного сигнала.

информационная система, обзорная радиолокационная станция, случайный сигнал, местоположение, ошибка измерения.

В настоящее время наблюдается возрастающее осложнение радиоэлектронной обстановки, что связано с продолжающимся техническим прогрессом средств радиолокации, радионавигации, связи. В этих условиях задача определения координат различных источников радиоизлучения становится весьма актуальной для радиоразведки, для радиомониторинга [1]. Рассмотрим пассивную информационную систему (ПИС), предназначенную для определения местоположения обзорной радиолокационной станции (ОРЛС) [2]. На рис. 1 изображены: точка C – местоположение пеленгуемой ОРЛС; OO' – направление оси луча ПИС, относительно которого определяется направление на ОРЛС; Ψ – ширина луча ПП; β_{k1} – пеленг на ОРЛС относительно оси луча ПИС; точки a и b – точки пересечения направления

луча ОРЛС соответственно с правой (точка a) и левой (точка b) границами луча ПИС; α_{ki} – угол поворота антенны пеленгуемой РЛС относительно направления от РЛС на ПИС в данном (i -ом) цикле зондирования.

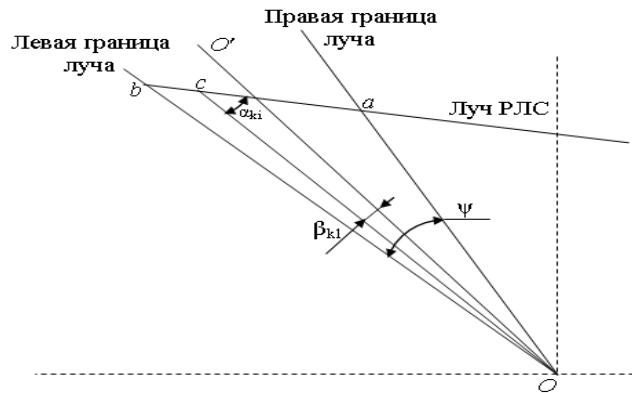


Рис. 1. ПИС, предназначенная для определения местоположения ОРЛС

Если пеленгуемая ОРЛС находится в луче ПИС, то при вращении антенны РЛС в моменты времени направления антенны ОРЛС на ПИС на выходе приемника пеленгатора появляются последовательно во времени пачки импульсов с периодом $T_{об}$. Пусть α_{ki} – угол поворота антенны РЛС от направления на ПИС в текущий момент времени t_i , тогда:

$$\alpha_{Ki} = \Omega t_i,$$

где t_i – время поворота антенны ОРЛС на угол α_{ki} относительно момента времени, когда антенна РЛС направлена на ПИС, Ω – угловая скорость вращения антенны:

$$\Omega = 2\pi / T_{об}, \text{ [рад/сек]},$$

где $T_{об}$ – время одного оборота антенны РЛС.

Следовательно $\alpha_{Ki} = \Omega t_i = 2\pi t_i / T_{об}$ [рад/сек].

Зондирующий импульс РЛС, распространяясь по лучу антенны ОРЛС, облучает подстилающую поверхность земли или моря, возникающий при этом рассеянный сигнал представляет собой узкополосный квазигармонический нормальный процесс, ширина спектра которого равна ширине спектра зондирующего импульса. Только при движении зондирующего импульса в пределах луча ПИС такой рассеянный сигнал будет приниматься приемником луча ПИС. В момент выхода зондирующего импульса за пределы луча ПИС прием эхо сигнала приемником ПИС прекращается. Принимаемый приемником ПИС сигнал представляет собой отрезок квазигармонического процесса, длительность которого τ_{Pi} в i -ом цикле зондирования должна быть измерена.

Определим длительность сигнала, формируемого при распространении зондирующего импульса от точки C до точки a . При этом пренебрегаем конечной величиной ширины луча РЛС из-за ее малости (1–3 градуса). Момент начала сигнала совпадает с моментом излучения зондирующего импульса, кончается формирование сигнала (образуется задний фронт сигнала) когда через правую границу луча ПИС (точка a) пройдет задний фронт зондирующего импульса, то есть – в момент времени $t_b = \frac{ac}{c} + \tau_i$, поскольку точка a будет еще облучаться в течение длительности импульса – τ_i после прохождения ее передним фронтом импульса точки a .

Принимаемый приемником ПИС сигнал от точки C (т. е. начало сигнала, рассеянного подстилающей поверхностью), придет в точку O с запаздыванием t_c относительно момента излучения зондирующего импульса $t_c = \frac{Oc}{c}$, где c – скорость света. То есть в момент времени t_c появится передний фронт сигнала на входе приемника ПП. Задний фронт придет с запаздыванием t_c относительно момента излучения зондирующего импульса на величину $t_a = \frac{Oa + ac}{c}$. Следовательно, длительность $\tau_{\text{пп}}$ сигнала, рассеянного подстилающей поверхностью и принятого по лучу ПИС, будет равна:

$$\tau_{\text{пп}} = \tau_i + t_a - t_c = \tau_i + \frac{1}{c}(Oa + ac - Oc).$$

Найдем алгоритмы измерения β_{k1} – пеленга на ОРЛС относительно оси луча ПИС и дальности R_k от ПИС до ОРЛС выполняемые только на основе дальномерных измерений при использовании прямых и рассеянных сигналов, принимаемых лучом ПИС.

Из ΔOac (фиг. 1) выразим стороны Oa и ac через Oc

$$Oa = \frac{Oc \cdot \sin \alpha_{ki}}{\sin \left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} + \frac{\Psi}{2} \right)}; \quad ac = \frac{Oc \cdot \sin \left(\frac{\Psi}{2} + \beta_{k1} \right)}{\sin \left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} + \frac{\Psi}{2} \right)}.$$

Определим длительность сигнала, формируемого при угле поворота антенны на угол $(\alpha_{ki} + \pi)$, то есть при распространении зондирующего импульса от точки C до точки b , считая, что за время половины оборота антенны РЛС местоположение РЛС существенно не изменится. Сигнал от точки C (т. е. начало сигнала, рассеянного подстилающей поверхностью), представляющий собой передний фронт импульса с квазигармоническим заполнением, придет в точку O с запаздыванием t_c относительно момента излучения зондирующего импульса на величину $t_c = \frac{Oc}{c}$, где c – скорость света.

Закончится формирование сигнала (образуется задний фронт сигнала), когда через левую границу луча ПП (точка b) пройдет задний фронт зондирующего импульса, то есть, как и в предыдущем случае – в момент времени $t_b = \frac{Ob + bc}{c} + \tau_i$. Следовательно, длительность τ_{II} сигнала, рассеянного подстилающей поверхностью Земли и принятого по лучу ПИС, будет равна:

$$\tau_{II} = \tau_i + t_b - t_c = \tau_i + \frac{1}{c}(Ob + bc - Oc). \quad (1)$$

Из формулы (1) следует

$$Ob + bc - Oc = c(\tau_{II} - \tau_i). \quad (2)$$

Из ΔObc (фиг. 1) выразим стороны Ob и bc через Oc :

$$bc = \frac{Oc \cdot \sin\left(\frac{\Psi}{2} - \beta_{k1}\right)}{\sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} - \frac{\Psi}{2}\right)}; \quad Ob = \frac{Oc \cdot \sin(\alpha_{ki})}{\sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} - \frac{\Psi}{2}\right)}.$$

Подставим эти выражения в (2) и выразим Oc :

$$Oc = \frac{c(\tau_{II} - \tau_i) \sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} - \frac{\Psi}{2}\right)}{\left[\sin(\alpha_{ki}) + \sin\left(\frac{\Psi}{2} - \beta_{k1}\right) - \sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} - \frac{\Psi}{2}\right)\right]}. \quad (3)$$

Аналогично, при направлении антенны в точку a запишем:

$$Oc = \frac{c(\tau_{II} - \tau_i) \sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} + \frac{\Psi}{2}\right)}{\left[\sin(\alpha_{ki}) + \sin\left(\frac{\Psi}{2} + \beta_{k1}\right) - \sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} + \frac{\Psi}{2}\right)\right]}. \quad (4)$$

Приравнивая правые части (3) и (4) и опустив промежуточные преобразования получим:

$$\begin{aligned} \beta_{k1} &= \arcsin \frac{(\tau_{II} - \tau_i) \cos\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right) \sin\left(\frac{\Psi}{2} + \frac{\alpha_{ki}}{2}\right) - (\tau_{II} - \tau_i) \sin\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right) \cos\left(\frac{\alpha_{ki}}{2} - \frac{\Psi}{2}\right)}{\sqrt{\left((\tau_{II} - \tau_i) \sin\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right)\right)^2 + \left((\tau_{II} - \tau_i) \cos\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right)\right)^2}} + \\ &+ \arcsin \frac{(\tau_{II} - \tau_i) \sin\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right)}{\sqrt{\left((\tau_{II} - \tau_i) \sin\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right)\right)^2 + \left((\tau_{II} - \tau_i) \cos\left(\frac{\alpha_{ki}}{2}\right)\right)^2}} - \frac{\alpha_{ki}}{2} \end{aligned} . \quad (5)$$

Подставив (5) в (4) получим:

$$R_k = \frac{c \cdot (\tau_{Pi} - \tau_i) \sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} + \frac{\Psi}{2}\right)}{\sin \alpha_{ki} + \sin\left(\frac{\Psi}{2} + \beta_{k1}\right) - \sin\left(\alpha_{ki} + \beta_{k1} + \frac{\Psi}{2}\right)}. \quad (6)$$

При моделировании учитывалось, что основным источником погрешности в рассматриваемой ПИС является ошибка измерения длительности принятого сигнала, обусловленная вероятным замиранием конца сигнала из-за его стохастической природы. Для изучения наихудшей ситуации предполагался закон распределения ошибки измерения τ_{Pi} равномерным в интервале $0 - \tau_i$, где τ_i – длительность зондирующего импульса РЛС.

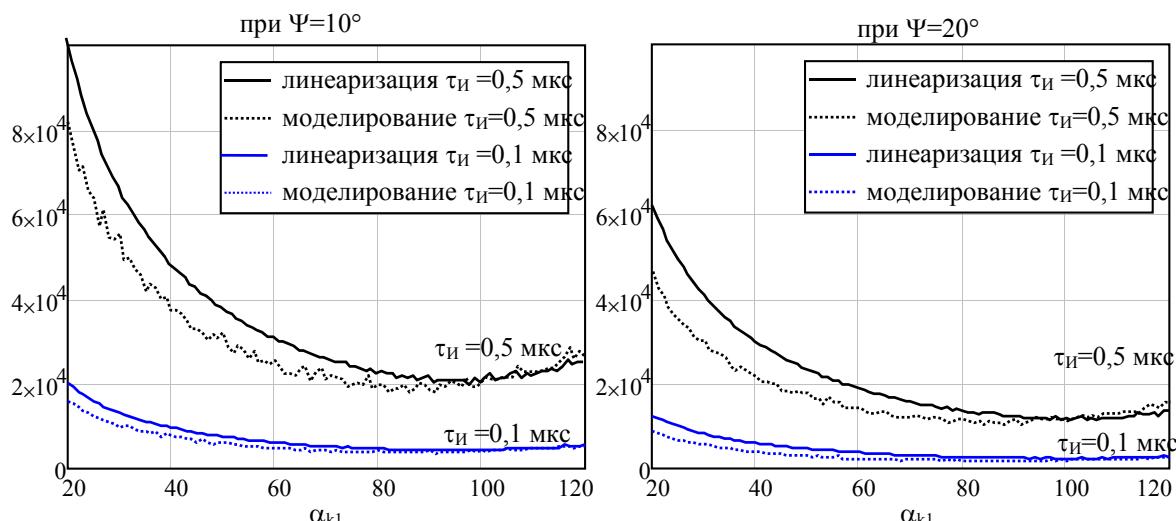


Рис. 2. Оценки СКО измерения дальности R_k по формуле (9)

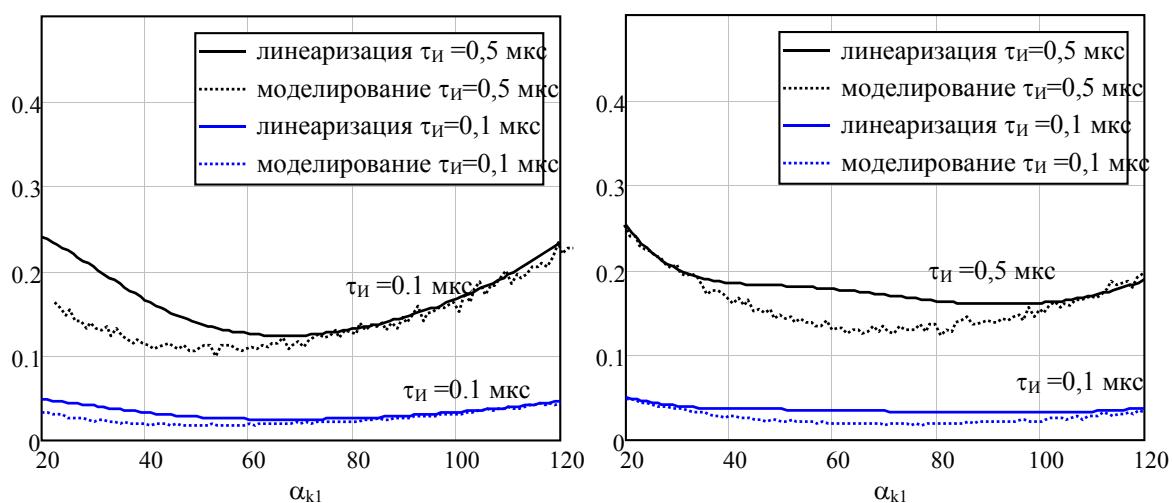


Рис. 3. Оценки СКО измерения угла β_{k1} по формуле (8)

Список используемых источников

1. Ашихмин А. В., Козьмин В. А., Рембовский А. М. Радиомониторинг. Задачи, методы, средства. М. : Горячая Линия – Телеком, 2006. 504 с.
2. Меньшаков Ю. К. Теоретические основы технических разведок: учеб. пособие: доп. УМО по образованию в обл. информационной безопасности / Под ред. Ю. Н. Лаврухина. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 536 с.

УДК 621.396.67

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ПОДВИЖНОМ ОБЪЕКТЕ РАДИОСВЯЗИ

А. А. Боробов¹, Н. Я. Карасик², Н. О. Лукьянов¹, Б. В. Сосунов¹

¹Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

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

В статье представлены методика и результаты решения задачи дифракции электромагнитных волн, возбуждаемых излучателем, размещенным на автомобиле ГАЗ-2330. Расчеты характеристик направленности осуществлялись методом конечных разностей во временной области. Проведено исследование зависимости характеристик направленности в дальней зоне излучателя от его положения на автомобиле и частоты излучения. Результаты проведенных расчетов позволяют сформулировать рекомендации по размещению антенн с учетом снижения влияния автомобиля на искажение характеристики направленности, а также повысить надежности системы радиосвязи. метод конечных разностей во временной области, дифракция, вертикальный несимметричный вибратор, характеристика направленности, коэффициент неравномерности диаграммы направленности.

Развитие современного вооружения и военной техники, а также опыт локальных вооруженных конфликтов в различных точках планеты показал необходимость создания эффективной и устойчивой системы связи, не требующей значительных затрат времени на ее развертывание. В таких условиях развитие и совершенствование средств радиосвязи, размещаемых на подвижных объектах, является актуальной задачей.

Однако при размещении средств радиосвязи и их антенн на подвижных объектах возникают различного рода трудности, связанные с необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости технических средств (ЭМС ТС), а также с влиянием металлической конструкции объекта на электрические параметры антенного устройства. Особенно претерпевает

изменения характеристика направленности антенн, которая будет существенно меняться в зависимости от положения антенны на объекте и от рабочей частоты [1].

В вооруженных силах различных стран, в том числе и в нашей стране, в настоящее время применяются подвижные средства радиосвязи, расположенные на небольших, быстрых и маневренных автомобилях, одним из таких подвижных объектов связи является командно-штабная машина (КШМ) Р-145 БМА на базе ГАЗ-2330.

Размещение антенно-фидерных устройств (АФУ) радиосредств на КШМ Р-145 БМА на базе автомобиля ГАЗ-2330 накладывает определенные трудности, связанные с конструкционными особенностями объекта, металлический корпус которого будет оказывать влияние на характеристику направленности антенн [2].

Внешний вид КШМ представлен на рис. 1.

Для того чтобы провести расчет влияния вагона на характеристику направленности необходимо знать габариты автомобиля а также электрические параметры материала из которого изготовлен автомобиль.

Применение численных методов решения задач электродинамики, в частности, метода конечных разностей во временной области (КРВО), позволяет решить задачу дифракции и производить расчеты характеристики направленности антенн с учетом влияния металлического корпуса объекта, на котором они размещаются [3].

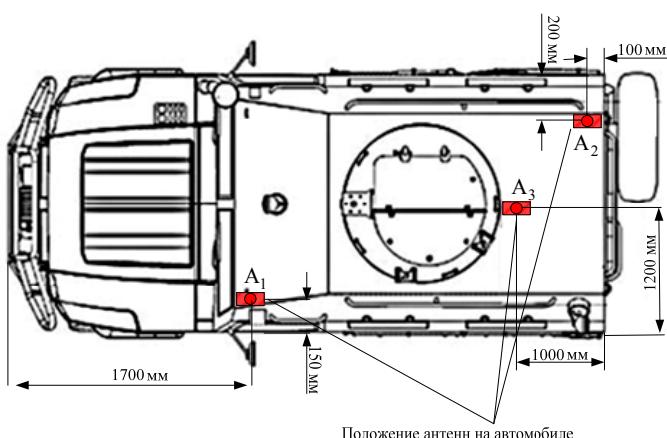


Рис. 2. Схема размещения антенн на автомобиле ГАЗ-2330

лена на рис. 2. Места положения излучателя обозначены А₁, А₂, А₃.



Рис. 1. Внешний вид КШМ Р-145 БМА

Для исследования влияния автомобиля ГАЗ-2330 СПМ-2 «Тигр» на характеристику антенн. В качестве излучателя выберем четвертьволновый вертикальный несимметричный вибратор. Расчеты проведём при различных местах размещения вертикального несимметричного вибратора на крыше автомобиля. Схема размещения антенн представлена на рис. 2. Места положения излучателя обозначены А₁, А₂, А₃.

Схема расчетной области для решения задачи дифракции электромагнитных волн, возбуждаемых излучателем, установленным на автомобиле ГАЗ-2330 представлена на рис. 3.

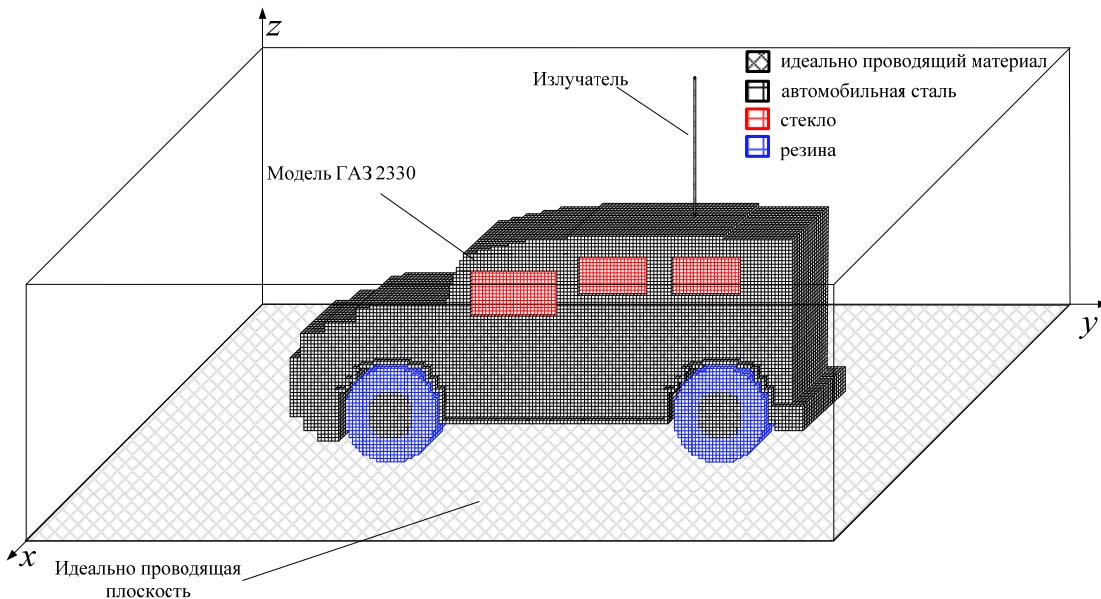


Рис. 3. Схема расчетной области

Количество ячеек вдоль осей координат задается в зависимости от шага дискретизации $d = \Delta x = \Delta y = \Delta z$, где $\Delta x = \Delta y = \Delta z$ – длина сторон кубической решетки, по осям координат эквидистантной сетки. Размер пространственной решетки расчетной области V определяются согласно выражению [4]:

$$N_{\text{реш}} = \frac{\ell_v \cdot h_v \cdot w_v}{d^3} = N_{Vx} N_{Vy} N_{Vz},$$

где ℓ_v, w_v, h_v – длина, ширина и высота расчетной области; N_{Vx}, N_{Vy}, N_{Vz} – количество узлов расчетной области вдоль оси x, y, z .

Задача решается в трехмерной области, поэтому для обеспечения пошаговой устойчивости алгоритма во времени, шаг временной дискретизации Δt выбирают согласно условию:

$$\Delta t \leq \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} + \frac{1}{\Delta z^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \cdot c^{-1},$$

где c – скорость света в вакууме, м/с.

Для эквидистантных сеток $\Delta x = \Delta y = \Delta z$, поэтому $\Delta t = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}c}$.

Между излучателем и объектом задается источник возбуждения антennы:

$$E_z^n(i,j,k) = -\frac{A \sin(2\pi f n \Delta t)}{\Delta z},$$

где n – номер временного шага; f – частота; A – амплитуда напряжения, $E_z^n(i,j,k)$ – составляющая вектора напряженности электрического поля в точке питания антенны. Результаты расчета характеристики направленности представлены на рис. 4.

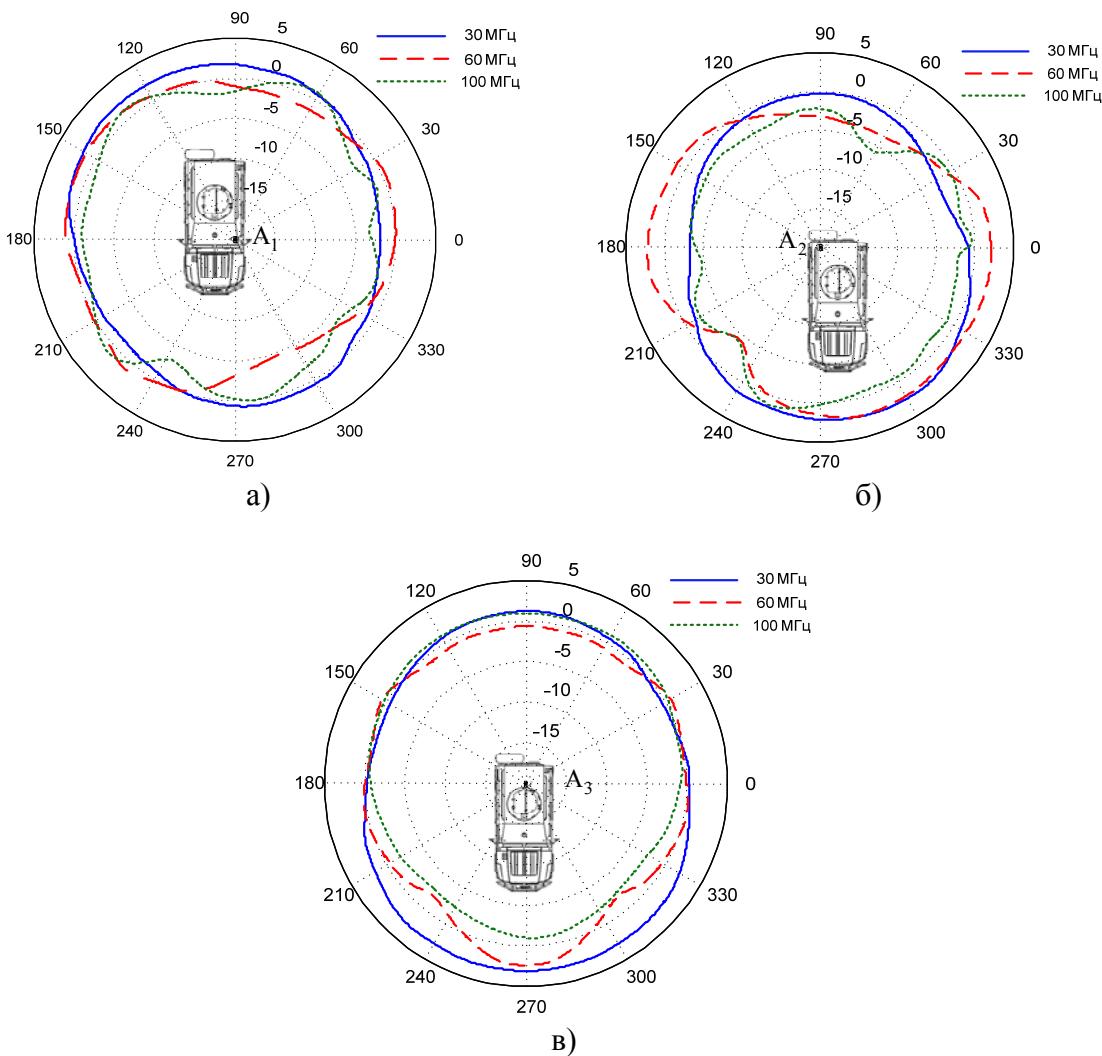


Рис. 4. Диаграммы направленности антенн в горизонтальной плоскости:
а) А₁ антenna расположена на левом переднем краю крыши; б) А₂ антenna расположена на правом заднем краю крыши; в) А₃ антenna расположена на равном расстоянии
то бортов на расстоянии 1 м от заднего края крыши

Как видно из результатов расчета диаграмма направленности в горизонтальной плоскости вертикального несимметричного вибратора существенно искажается под влиянием металлического корпуса автомобиля.

Причем на характеристику направленности влияет как положение антенны, так и частота на которой она излучает.

Для того, чтобы численно оценить, как корпус ГАЗ-2330 будет влиять на диаграмму направленности антенн, при различном их положении на крыше и от частоты, рассчитаем коэффициент неравномерности N .

$$N = E_{\max} - E_{\min},$$

где E_{\max} , E_{\min} – максимальное и минимальное значение напряженности электрического поля излучения в децибелах. Для несимметричного вибратора над идеально проводящей плоскостью $N = 0$. Результаты расчета коэффициента неравномерности представлены в таблице (см. ниже).

Результаты расчета коэффициента неравномерности показали, что в зависимости от направления на корреспондента превышения уровня сигнала над уровнем шума может меняться на 7 и более дБ. Обеспечение связи с требуемым качеством в таком случае сильно зависит от направления на корреспондента. Выбор места размещения антенн на крыше автомобиля должен осуществляться с учетом наименьшего искажения диаграммы направленности. Для случая рассмотренного в примере, с учетом выбранных мест, наибольшее искажение ДН наблюдается у антенн А1 и А2.

ТАБЛИЦА. Коэффициент неравномерности диаграммы направленности

Место размещения	Частота (МГц)	N (дБ)
Антenna (A_1) расположена на левом переднем краю крыши	30	4,2
	60	5,6
	100	5,7
Антenna (A_2) расположена на правом заднем краю крыши	30	5,8
	60	7,2
	100	7,5
Антenna (A_3) расположена на равном расстоянии то бортов на расстоянии 1 м от заднего края крыши	30	4,1
	60	4,2
	100	4,2

Из проведенного анализа диаграмм направленности антенн можно сделать вывод, что при обеспечении связи в радиосети целесообразно выбирать места размещения антенн так, чтобы снизить коэффициент неравномерности диаграммы направленности. Такой подход позволит уменьшить перепады уровня сигнала при различном направлении на корреспондента, и как следствие повысить надежность и помехоустойчивость системы радиосвязи.

Список используемых источников

1. Бородулин Р. Ю., Лукъянов Н. О., Сосунов Б. В. Характеристика направленности излучателя, установленного на крыше железнодорожного вагона // Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании. III Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2014. С. 169–174.
2. Бородулин Р. Ю., Лукъянов Н. О., Николаев В. И., Сосунов Б. В. Решение задачи дифракции на объекте сложной геометрической формы // Теория и техника радиосвязи. 2014. № 4. С. 40–45.
3. Лукъянов Н. О. Анализ характеристик направленности излучателей метрового диапазона волн, размещенных в подкрышевом пространстве железнодорожного вагона // Сборник трудов НТК Молодых ученых «Актуальные вопросы развития сил и средств ВКО», № 5. М. : ВКО «Алмаз-Антей», 2014. С. 120–125.
4. Сосунов Б. В., Ульянов С. А., Савлук А. В. Методика и алгоритм расчета электромагнитных волн, возбуждаемых излучателем, установленным на подвижном объекте радиосвязи // Научно-технический сборник «Труды академии». № 93. СПб. : ВАС, 2016. С. 61–66.

УДК 004.932.2

**ВЫДЕЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ
НА ИЗОБРАЖЕНИИ**

Р. Р. Булякулов, В. Ю. Волков

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

Одним из самых сложных элементов пространственного маневрирования воздушного судна является заход на посадку и посадка летательного аппарата. Это вызвано высокими вертикальными и горизонтальными скоростями, большой массой управляемых машин, вызывающей значительные инерционные силы, требующие точного соблюдения курса (направления движения в горизонтальной плоскости) и глиссады (направление движения в вертикальной плоскости) за десятки километров до начала взлетно-посадочной полосы. По этой причине разработка и совершенствование алгоритмов и методов бортового технического зрения – актуальная задача.

В данной работе рассматривается способ повышения безопасности полетов, а в перспективе и полная их автоматизация, методом внедрения новых способов обработки информации от бортовых систем технического зрения.

выделение объектов на изображении, оператор Собеля, преобразование Хафа, оператор Кэнни, медианный фильтр, фильтр Гаусса.

Введение

В данной статье рассматриваются различные методы и алгоритмы выделения элементов искусственных сооружений на видеоизображениях. Исследуется эффективность различных методов выделения границ объектов на изображении при различных погодных условиях, в том числе не поддающихся классификации по метеорологическим минимумам ИКАО. Произведен анализ эффективности использования линейных и нелинейных фильтров на исходные изображения. Поиск искусственных сооружений производился с применением численного метода Хафа. Все алгоритмы были протестированы в среде MatLab.

Постановка задачи

Зачастую, светосигнальное оборудование взлетно-посадочной полосы может оказаться эффективнее маркеров курсоглиссадных систем посадки [1], при этом обработка изображений, полученных при различных погодных условиях, как правило, тривиальна. Это обусловлено наличием ярких пятен на изображениях (рис. 1 a), которые в свою очередь однозначно распознаются как границы искусственного сооружения после пороговой обработки (рис. 1 b).

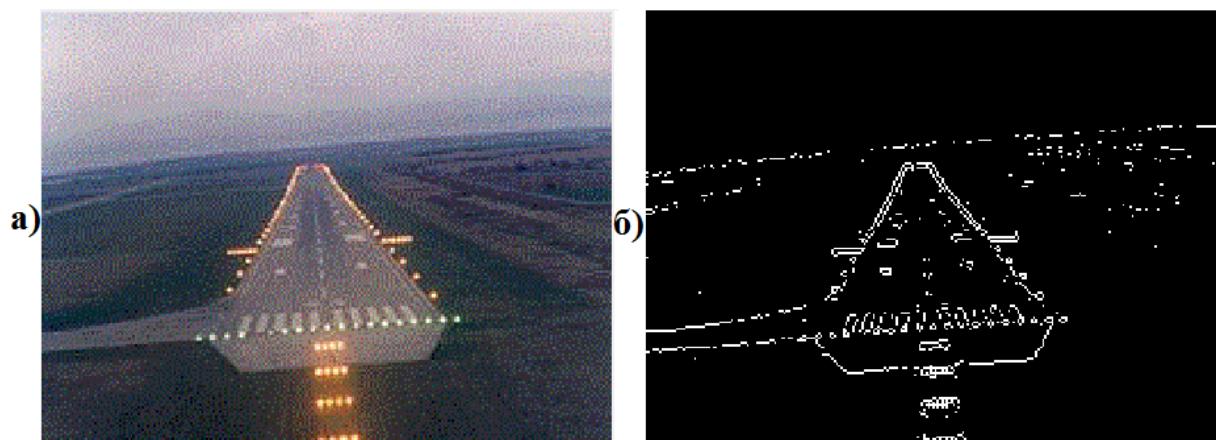


Рис. 1. Изображение искусственного сооружения: а) исходное,
б) результат пороговой обработки

После бинарного квантования требуется выполнить поиск кривых первого порядка. Достаточно эффективен в данном случае будет алгоритм извлечения элементов из изображения, основанный на численном методе преобразования Хафа. После вычисления аккумулятора Хафа, в нем выделяются точки пересечений максимального числа кривых Хафа (рис. 2 a) и по полярным координатам этих точек находятся, интересующие нас прямые на изображении (рис. 2 b).

Похожий алгоритм выделения взлетно-посадочной полосы изложен в [2]. Данный метод неплохо справляется при идеальных условиях и, в особенности, если границы искусственного сооружения подсвечены. Однако, как любой алгоритм, основанный на обработке видео изображений он имеет ряд ограничений.

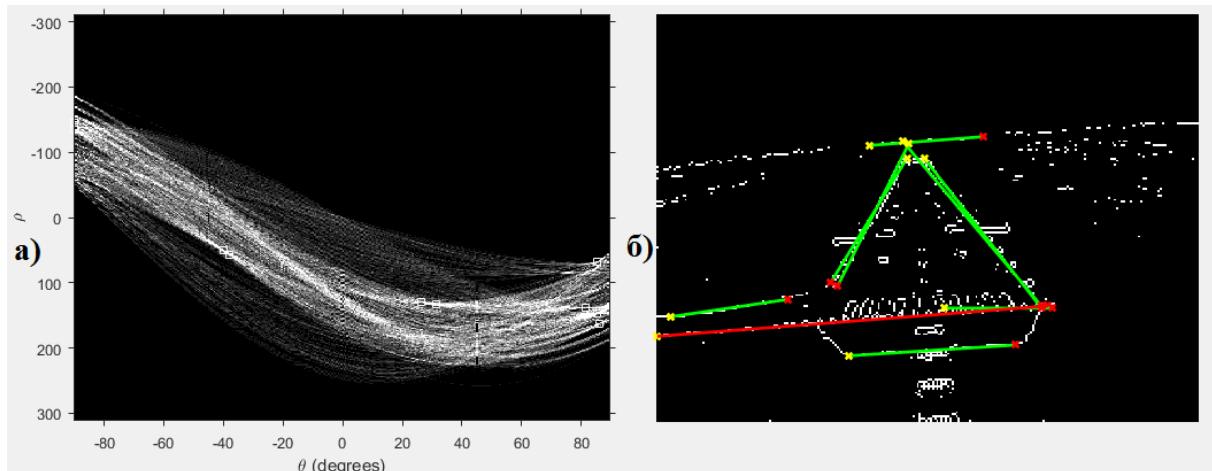


Рис. 2. а) визуализация аккумулятора преобразования Хафа,
б) выделенные кривые первого порядка на изображении

Одно из таких ограничений – погодное. На рис. 3 a представлена симуляция реальной ситуации. Светлое время суток, условия плохой видимости, соответствующие II–III категории метеорологических минимумов по нормам ИКАО [3]. Как видно на рис. 3 b , данный алгоритм не воспринимает фактические границы взлетно-посадочной полосы вовсе. Многократная Гауссова фильтрация также не приносит сколь либо положительного эффекта (рис. 3 c).

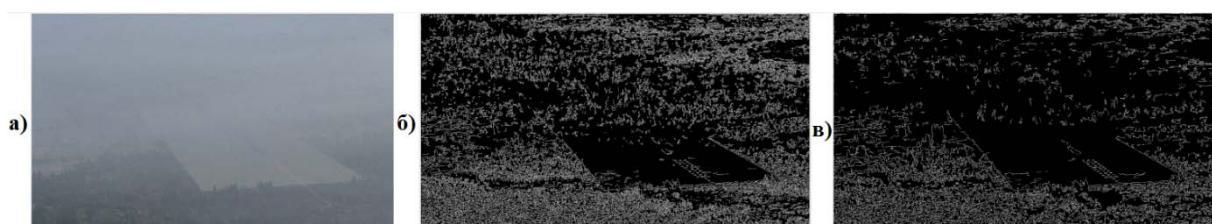


Рис. 3. Симуляция реальной ситуации: а) симуляция погодных условий II категории метеорологического минимума ИКАО, б) результат пороговой обработки, в) результат пороговой обработки Гауссовой фильтрации

Второе ограничение – зависимость эффективности обработки от разрешения изображения исходного изображения. На рис. 4 a представлено изображении низкого разрешения. Как видно на рис. 4 b – бинарное квантование, с использованием оператора Собеля [2] не показывает достаточную эффек-

тивность для обнаружения искусственного сооружения. Использования нелинейных типов фильтрации как исходного изображения (рис. 5а, б) так и результатов пороговой обработки (рис. 5в, г), не улучшает качество работы алгоритма, при этом преобразования данного типа необратимы.

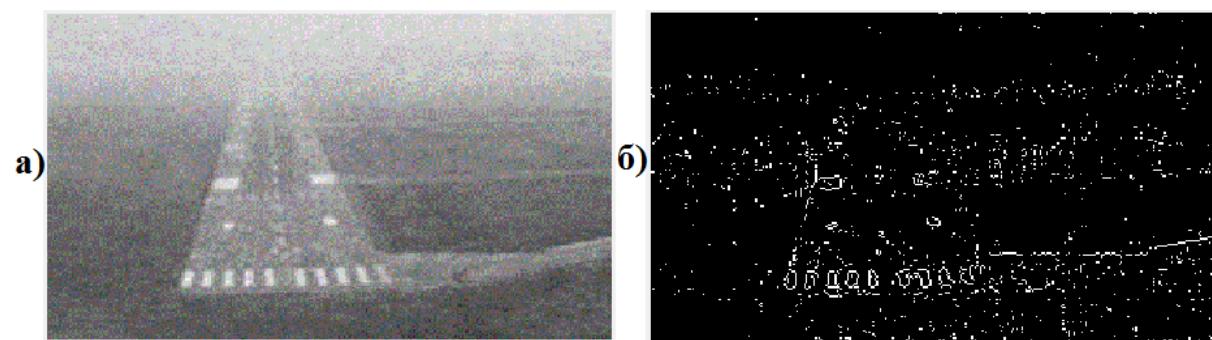


Рис. 4. Изображение: а) низкого разрешения, б) результат пороговой обработки с использованием оператора Собеля

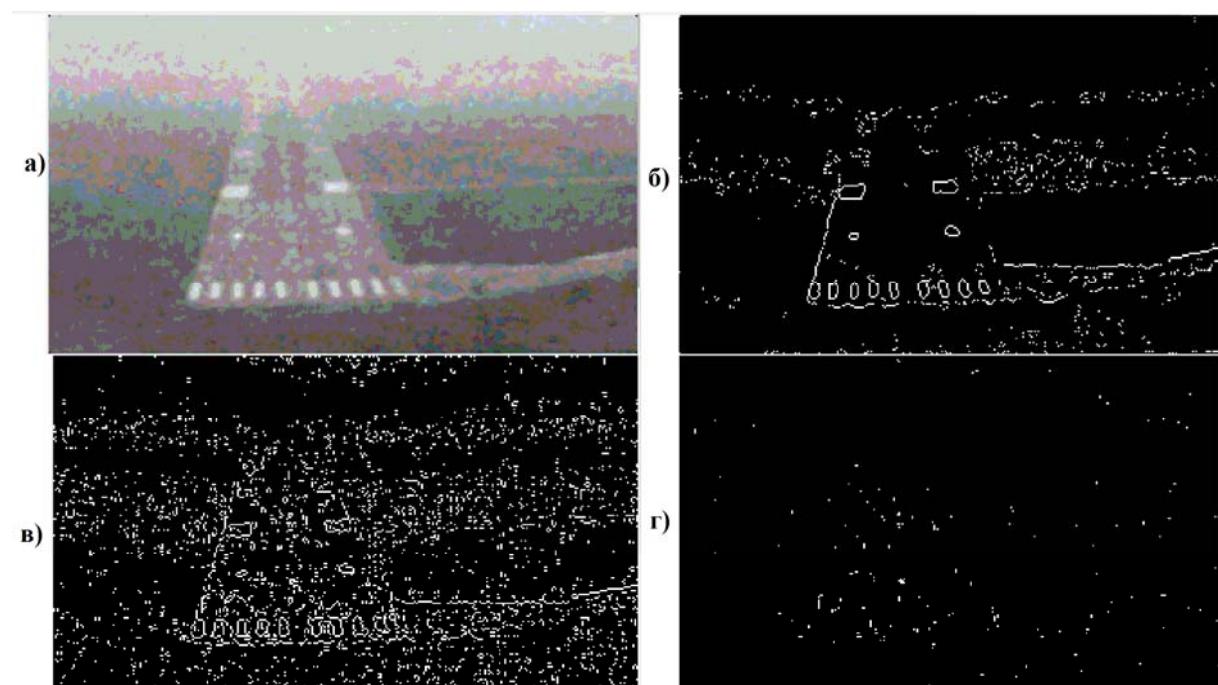


Рис. 5. Изображение: а) результат нелинейной фильтрации исходного изображения, б) результат пороговой обработки после нелинейной фильтрации, в) результат пороговой обработки, г) результат нелинейной фильтрации после пороговой обработки

Алгоритм выделения границы взлетно-посадочной полосы

Оказывается, эффективность алгоритма повышается при использовании оператора Кэнни рис. 6а. Добавление фильтра Гаусса к исходному изображению повышает эффективность работы алгоритма до требуемого уровня (рис. 6б).

Таким образом, после обработки фильтром Гаусса изображения с низким разрешением, пороговой обработки оператором Кэнни и вычислением границ искусственного сооружения преобразованием Хафа получаем взлетно-посадочную полосу с четко-выделенными границами (рис. 7).

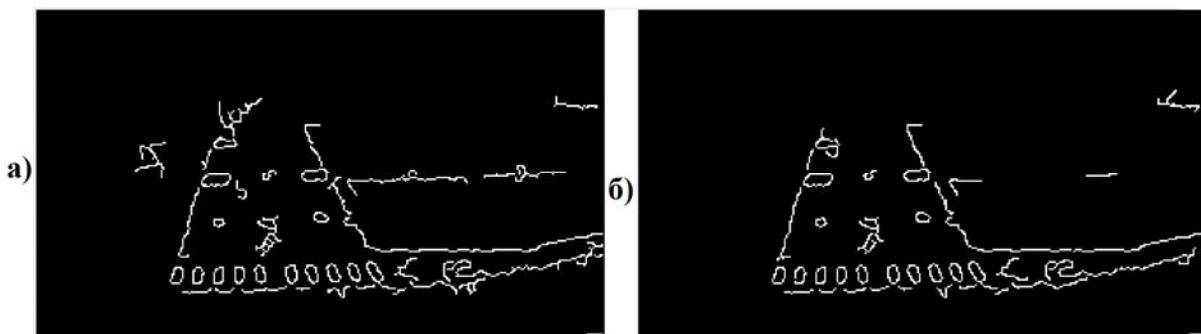


Рис. 6. а) Результат пороговой обработки оператором Кэнни, б) результат пороговой обработки оператором Кэнни с использование фильтра Гаусса

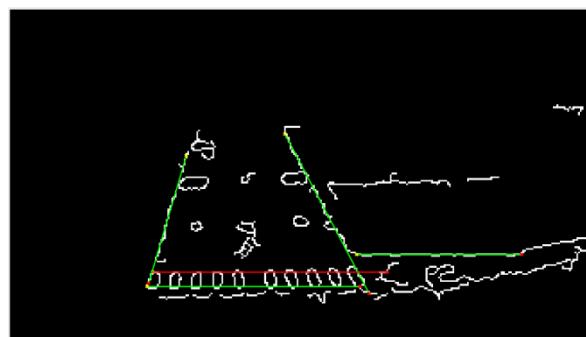


Рис. 7. Результат работы алгоритма выделения искусственных сооружений на изображении

Результаты статистического анализа достоверности результатов работы алгоритмов

Эффективность работы таких алгоритмов удобно измерять в двух величинах. Первая величина D отображает отношение суммы длин прямых правильно выделенного контура к реальному периметру взлетно-посадочной полосы. Вторая величина N покажет отношение суммы длин прямых правильно выделенного контура к общей сумме длин, выделенных алгоритмом на изображении. Таким образом мы получим исчерпывающую информацию о эффективности и помехоустойчивости алгоритма.

ТАБЛИЦА. Результаты оценки эффективности алгоритмов

	D	N
Sobel	0,4	0,35
Median + Sobel	0,4	0,3
Gauss + Sobel	0,4	0,4
Canny	0,6	0,5
Median + Canny	0,5	0,4
Gauss + Canny	0,9	0,6

Оценка эффективности была произведена и усреднена по 50-ти различным изображениям взлетно-посадочной полосы при схожих погодных условиях, классифицируемых III категорией метеоминимума ИКАО. Результаты оценки представлены в таблице (см. выше).

Заключение

Таким образом, алгоритм, представленный в данной статье, более эффективен, нежели [2]. Также стоит отметить, что применение линейной фильтрации также увеличивает эффективность выделения взлетно-посадочной полосы на изображении.

Список используемых источников

1. ИКАО Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Том 1. Проектирование и эксплуатация аэроромов, п. 5.3.1.8.
2. Логвин А. И., Волков А. В. Алгоритмы автоматического распознавания взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях // Научный вестник МГТУГА. 2015. № 213.
3. ИКАО Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.
5. Комаров Д. В., Визильтер Ю. В., Выголов О. В. Разработка алгоритма автоматического обнаружения взлетно-посадочной полосы на видеоизображениях // Техническое зрение в системах управления. 2011. № 2. С. 37–55.

УДК 378.147

АСПЕКТЫ ПОЛИМОДАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

А. Н. Бучатский, Я. В. Евстафьев, Е. И. Кузнецова, Г. Г. Рогозинский

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

В современном мире, стремительно движущемся к технологической сингулярности, парадоксальным является стагнация в некоторых областях, среди которых можно отметить дистанционное образование. Дальнейшее развитие образовательных технологий должно сопровождаться актуализацией технологической платформы в аспекте перспективных методов обработки информации, в том числе и с учетом полимодальных факторов.

полимодальное восприятие, речь, звук, мультидоменная модель.

Мультидоменная модель коммуникаций

Полимодальные интерфейсы позволяют обеспечить близкое к оптимальному распределение информационных потоков между различными сенсорными системами оператора, отвечающими за восприятия различных типов сигналов (модальностей). На сегодняшний день кроме «традиционной» зрительной модальности и, в некоторых случаях, аудиальной модальности, появляются приложения, использующие тактильные ощущения и ольфакторную компоненту (запахи) [1]. Одной из проблем разработки полимодальных систем представления данных является отсутствие интегрирующих моделей и средств универсального описания процессов, происходящих в различных средах – в физической среде, в среде кибернетической (или информационной) и в когнитивной области.

Рассматриваемая модель предполагает разделение пространства взаимодействия на три уровня (домена), каждый из которых связан с группами объектов общей природы – физическими, информационными (кибернетическими) и когнитивными. На границах доменов реализуются соответствующие интерфейсы, позволяющие осуществлять взаимодействие между элементами системы.

Для объекта A , принадлежащего физическому домену и обладающего множеством состояний собственного тезауруса $\langle A \rangle^{\xi^A}$, существует множество информационных представлений в тезауре ξ^B , являющихся сущностями информационного домена. Информационное взаимодействие состоит в изменении состояния объекта-приемника в ответ на воздействие сигнала, сформированного в соответствии с изменением состояния объекта-передатчика:

$$\langle A \rangle^{\xi^A} \xrightarrow{\text{Signal}} \left\langle \langle A \rangle^{\xi^A} \right\rangle^{\xi^B}. \quad (1)$$

Возникающее в процессе функционирования системы взаимодействие человека с информационной средой и, через нее, с физической средой, затрагивает все три домена. Выражение (1) в этом случае принимает вид (2):

$$\langle A \rangle^{\xi^A} \xrightarrow{Q_1} \langle C \rangle^{\xi^B} \xrightarrow{Q_2} \left\langle \left\langle A \rangle^{\xi^A} \right\rangle^{\xi^B} \right\rangle^{\xi^C}, \quad (2)$$

где Q_1, Q_2 – операторы преобразования представлений объекта ФД при формировании сигнала, его трансформациях в процессе передачи и приема; ξ^B, ξ^C – тезаурусы сигнала и приемника соответственно.

Для четырехмодального случая, включающего, к примеру, зрительную Q^V , аудиальную Q^A , тактильную Q^T и ольфакторную Q^O компоненты, имеем:

$$\bar{Z} = \left\{ Q^A; Q^V; Q^O; Q^T \right\}.$$

В результате воздействия векторного оператора \bar{Z} на тезаурус объекта в ИД в общем случае имеем:

$$\langle C \rangle^{\xi^{\tilde{C}}} \xrightarrow{\bar{Z}} \left\{ \left\langle \langle C \rangle^{\xi^{\tilde{C}}} \right\rangle^{\xi^{M_i}} \right\}_{i=1 \dots M_{\max}},$$

где M_i – i -ая модальность, M_{\max} – максимальное количество модальностей данных в рассматриваемой системе.

В соответствии с (2) переход от объектов ИД к КД для восприятия сенсорными органами человека-оператора будет записано выражением (3):

$$\left\{ \left\langle \langle C \rangle^{\xi^{\tilde{C}}} \right\rangle^{\xi^{M_i}} \right\}_{i=1 \dots M_{\max}} \xrightarrow{Q_j^N} \left\{ \left\langle \left\langle \langle C \rangle^{\xi^{\tilde{C}}} \right\rangle^{\xi^{M_i}} \right\rangle^{\xi^{U_i}} \right\}_{i=1 \dots M_{\max}} \quad (3)$$

где ξ^{U_i} – тезаурус оператора в когнитивном домене.

На рис. представлена модель полимодального мультиплекса данных в киберфизической системе, базирующаяся на модифицированной мультидоменной модели.

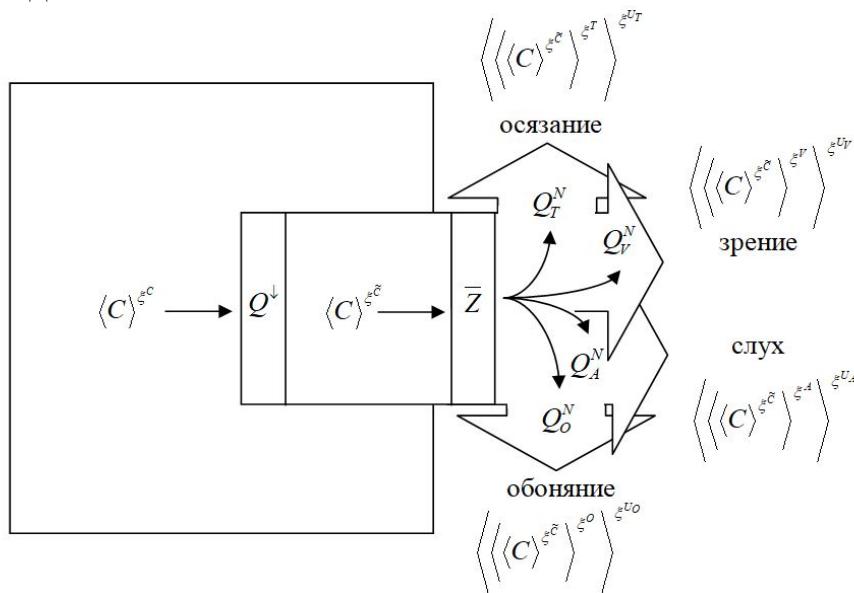


Рисунок. Модель полимодального мультиплекса данных в киберфизической системе

Представленные выше выражения дают формальное описание процессам, имеющим место в различных доменах и позволяют использовать единый символический аппарат, что важно с позиций разработки методов и теоретических моделей, направленных на формирование унифицированного комплекса средств проектирования полимодальных интерфейсов представления данных.

Фокусируя наше дальнейшее внимание на аудиальной компоненте, отметим необходимость обобщения представлений о восприятии контекстно-обусловленной речи.

Особенности восприятия речи как основа дистанционного обучения

Способность говорить и воспринимать речь – феноменальный аспект человеческого поведения. В обычном разговоре произносится примерно 180 слов в минуту. Чтобы наше восприятие речи было эффективным, надо исключительно тонко и быстро различать разные звуки. Например, произнесенное слово представляет собой короткий паттерн звуков, длиющийся менее одной секунды. Более того, восприятие речи не прекращается и тогда, когда образующие слова звуки существенно изменяются. Слова сохраняют свою идентичность и правильно воспринимаются даже при весьма неблагоприятных условиях. Речь остается понятной даже тогда, когда изменяется большинство физических характеристик речевых звуков, если это изменение не превышает определенного предела. То, что даже при таких условиях речь остается понятной, свидетельствует о том, что ее восприятие – выдающееся перцептивное и эволюционное достижение.

Особенности звуков речи определяются различием их акустических свойств: высоты, силы, тембра и длительности. Спектры гласных звуков неравномерны и, как правило, имеют подъемы, которые называются формантами. Спектры согласных звуков имеют более сложные акустические характеристики. Наряду с периодическими колебаниями звонким согласным свойственны непериодические колебания высокой частоты. Для других согласных (п, ш и др.) характерны только непериодические колебания различной частоты.

Чтобы звуковые колебания могли стать средством общения между людьми, они должны как-то отличаться и состоять из каких-либо отдельных звуковых единиц. Согласно современной теории речеобразования и восприятия речи, такими звуковыми единицами являются фонемы [2].

Как и все аудиальные стимулы, звуки речи образованы сигналами, имеющими различные физические свойства (т. е. разную интенсивность, частоту, сложность и продолжительность). Чтобы «раскрылась» содержащаяся в речевых звуках информация, они, как и все сложные символы, должны претерпеть некую специальную обработку. Восприятие речи требует от слушателя не только извлечения информации о наличии тех или иных звуков

или об их местоположении, но и раскрытия смысла — семантического послания, закодированного в звуках. Из этого следует, что восприятие речи отличается от восприятия других форм аудиальной стимуляции и потому требует своего собственного, специального механизма обработки информации.

Это обстоятельство и явилось предпосылкой создания на биологической основе единой теории, согласно которой нервная система человека имеет специальный «процессор» – речевую сенсорную модальность – фонетический, или речевой, модуль, предназначенный исключительно для обработки информации, содержащейся в звуках, идентифицированных как речь. Не исключено, что самым убедительным доказательством существования специфической речевой сенсорной модальности являются результаты тех исследований, авторы которых показали, что одни и те же акустические сигналы обрабатываются и воспринимаются по-разному в зависимости от того, принимает ли их слушатель за речь или за информацию другого рода. Иными словами, стратегия и критерии, к которым прибегают слушатели для оценки звуков, воспринимаемых как речь, отличаются от стратегии и критериев, используемых при восприятии аудиальных стимулов иного рода.

Распознавание речи, как следует из многочисленных экспериментальных и теоретических исследований, по-видимому, происходит последовательно в два этапа. Сначала слуховая система осуществляет перевод простых физических или акустических признаков речевого сигнала в дискретный ряд фонем. На втором этапе происходит непосредственный перевод фонем в языковую единицу [3, 4, 5].

Вопрос о существовании специфической сенсорной модальности или отдельного речевого модуля, предназначенных для обработки речевой стимуляции, остается открытым.

Список используемых источников

1. Sotnikov A. D., Rogozinsky G. G. The Multi Domain Infocommunication Model as the Basis of an Auditory Interfaces Development for Multimedia Informational Systems // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. № 5. С. 77–82.
2. Чистович Л. А., Венцов А. В., Гранстрем М. П. и др. Физиология речи. Восприятие речи человеком. М. : Наука, 1976. 388 с.
3. Любинский И. А., Позин Н. В. Моделирование процесса переработки информации о частоте и интенсивности звукового сигнала в слуховой системе // В сб. «Механизмы слуха». Проблемы физиологической акустики, т. 6. М. : Наука, 1967.
4. Соловьева А. И. Основы психологии слуха. Л. : Издательство Ленинградского университета, 1972.
5. Вартанян И. А. Слуховой анализ сложных звуков: Электрофизиологическое исследование. Л. : Наука, 1978. 152 с.

УДК 621.396.9

СЛОИСТЫЕ СТРУКТУРЫ СЕТЕЙ РАДИОДОСТУПА 5G

А. С. Васин, А. Е. Рыжков

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

Рассмотрены вертикальные и горизонтальные слоистые структуры сетей радиодоступа 5G в соответствии со специфицированными в них услугами. Обсуждаются принципы организации слоистых структур, включая шеринг функций на различных протокольных сетевых уровнях.

сеть 5G, Новое Радио, слой, сетевая функция.

В декабре 2017 г. опубликованы первые спецификации нового стандарта радиодоступа 5G *Новое Радио* – НР (*New radio*). В стандарте НР, как и в сетях стандарта 4G (LTE), на физическом уровне использована технология OFDM. Основной задачей сетей 5G является реализация самых разнообразных услуг.

Расширение услуг стало важной тенденцией развития стандарта LTE. Достаточно напомнить появившиеся в релизах 12–14 стандарта такие услуги и технологии как обмен информацией между машинами (LTE-M, NB-IoT), MCPTT и Sidelink в сетях общественной безопасности, связь на дорогах V2X. По сравнению с последним перечнем услуг в сетях LTE (релиз 14) список услуг в НР существенно расширен и уточнён (табл., см. ниже) [1].

Если архитектура сетей 3G+ и 4G базируется на формирование **сквозных каналов**, то в сетях 5G организуют **прямые соединения** в виде структурно независимых сетей, ориентированных на реализацию конкретных услуг. Поэтому базовая архитектура НР специфицирована в виде соединений функциональных узлов (рис. 1, см. ниже) [1]. Она состоит из подсистемы радиодоступа (R)AN и ядра сети (NR Core). В пользовательской плоскости обеспечивается прямое соединение между (абонентским) терминалом UE и сетью данных DN (на рис. 1 показано жирной линией).

Ядро сети составляют функциональные узлы, которые сеть 5G организует в соответствии с запрошенными услугами. Якорные функции в визитной сети выполняет UPF (*User Plane Function*), а функции доступа, регистрации и мобильности AMF (*Access and Mobility Management Function*). Фактически при организации и обслуживании прямых соединений сеть НР декомпозирируют для отдельных услуг или групп услуг на отдельные **слои**. Каждый слой функционально представляет собой самостоятельную сеть со своими специфическими характеристиками, возможностями и услугами.

ТАБЛИЦА. Классификация услуг и их характеристики в сетях НР

5QI	Тип	Приоритет	Доп. задержка, мс	Доп. потери блоков	Макс. Длина пакета ¹ , байт	Услуги	
B	GBR, критичные к задержкам	11	5	10^{-5}	160	Дистанционное управление	
C		12	10	10^{-6}	320	Интеллектуальные транспортные системы	
D		13	20	10^{-5}	640		
1	GBR	20	100	10^{-2}	—	Телефония в реальном времени	
2		40	150	10^{-3}	—	Видеотелефония	
3		30	50	10^{-3}	—	Игры в реальном времени, сообщения V2X, управление электросетями, мониторинг	
4		50	300	10^{-6}	—	Видео с буферизацией	
65		7	75	10^{-2}	—	Приоритетная связь в сетях общественной безопасности (MCPTT)	
66		20	100	10^{-2}	—	Неприоритетная связь в профессиональной мобильной связи	
75		25	50	10^{-2}	—	Сообщения V2X	
E		18	10	10^{-4}	255	Автоматизация управления	
F		19	10	10^{-4}	1358	Автоматизация процессов	
5	Non-GBR	10	100	10^{-6}		Сигнализация (IMS)	
6		60	300	10^{-6}		Видео с буферизацией, TCP/IP услуги для приоритетных пользователей	
7		70	100	10^{-3}		Аудио, видео в реальном времени, интерактивные игры	
8		80	300	10^{-6}		Видео с буферизацией, TCP/IP услуги	
9		90					
69		5	60	10^{-6}		Сигнализация MCPTT	
70		55	200	10^{-6}		MCPTT данные	
79		65	50	10^{-2}		Сообщения V2X	
G		66	10	10^{-6}		Мобильное вещание в 5G с малой задержкой	

1 – максимальная длина передаваемых пакетов ограничена только для ряда услуг с гарантированной скоростью (GBR).

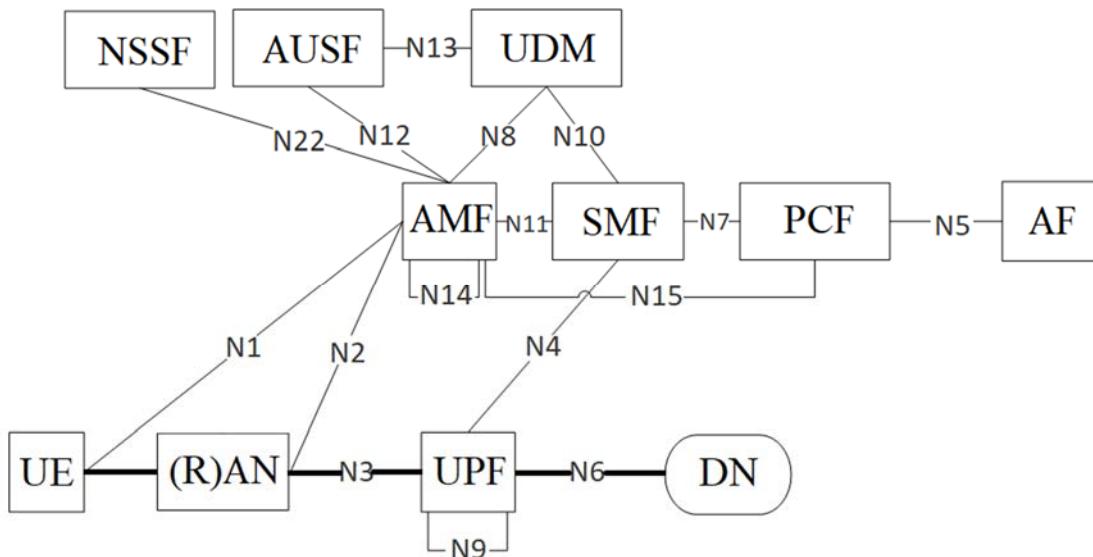


Рис. 1. Архитектура Нового Радио

Возможность реализации слоистых структур обуславливает компьютеризация и виртуализация практически всех функциональных узлов НР с широким использованием облачных структур. Организация слоя требует гибкого и быстрого выделения вычислительных ресурсов, памяти, а также адаптивного управления ресурсом радиоканалов.

Сетевой слой (*Network slice*) представляет собой комбинацию, включающую в себя требуемую конфигурацию сетевых функций и приложений с использованием облачной инфраструктуры, обеспечивающую специфические требования пользователей (бизнес-услуг). Различают вертикальные и горизонтальные слои. На рис. 2 в сети НР представлены 4 вертикальных слоя для 4 различных услуг: два слоя предназначены для обслуживания двух разных групп абонентов со смартфонами, один для сетей общественной безопасности и ещё один для сетей M2M [2].

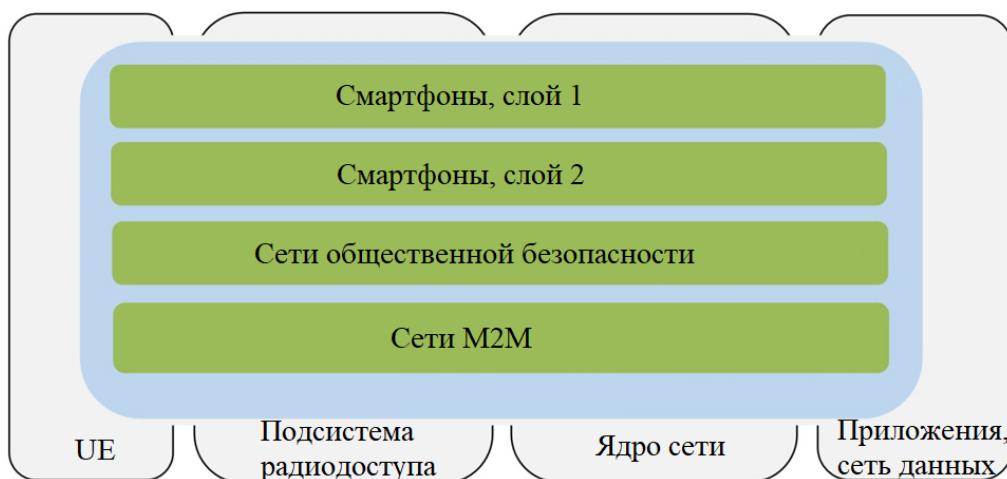


Рис. 2. Пример слоистой структуры

На рис. 3 показана организация слоев в ядре сети и в подсистеме абонентского доступа. Отметим, что наряду с радиодоступом в сетях НР возможны фиксированные кабельные соединения с абонентами.

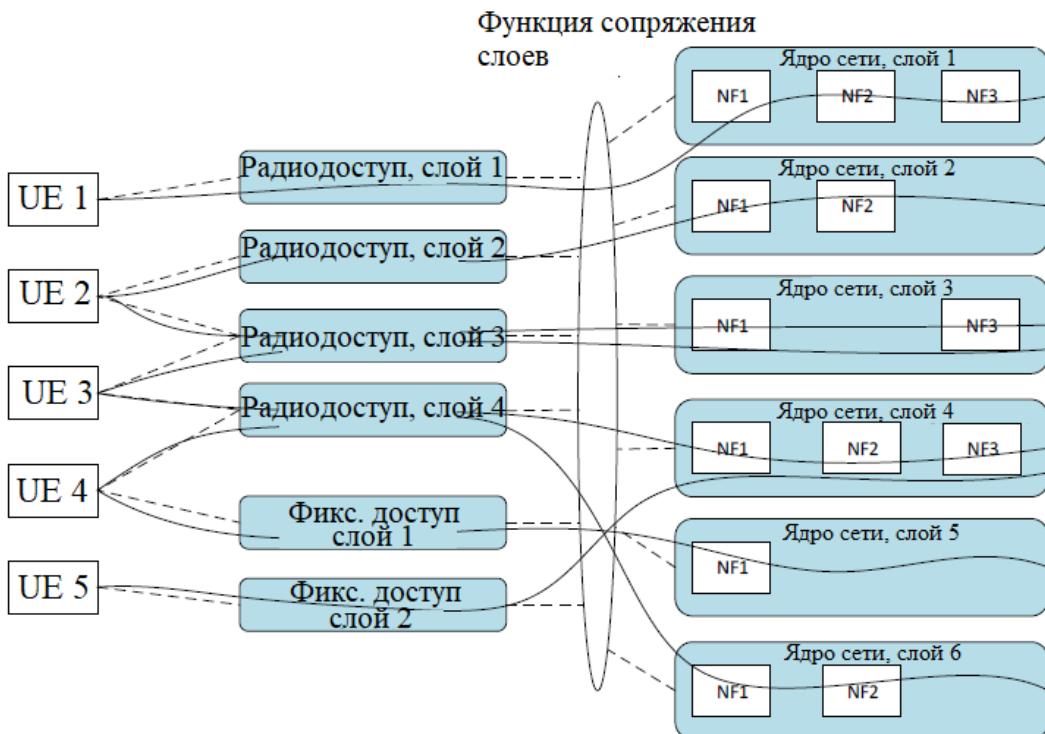


Рис. 3. Организация слоистой структуры

Выбор слоя и соответственно необходимых функциональных элементов обеспечивает NSSF (*Network Slice Selection Function*). В [1] стандартизированы 3 слоя с установленным QoS для следующих услуг:

- мобильное вещание в 5G eMBB (*Enhanced Mobile Broadcast*),
- сверхнадёжная связь с малыми задержками URLLC (*Ultra-Reliable and Low Latency Communications*),
- массивная (разветвлённая) сеть Интернета вещей MIoT (*Massive Internet of Things*).

Обобщенная вертикально-горизонтальная слоистая структура представлена на рис. 4. Вертикальные слои (столбцы) соответствуют услугам разных классов, горизонтальные — совместному использованию и разделению ресурсов на соответствующих протокольных уровнях [3].

В сравнении с сетями 3G-4G в сетях 5G расширено понятие шеринга (*sharing*), который распространяется на совместное использование и динамическое распределение сетевых ресурсов как в подсистеме радиодоступа, так и в ядре сети.



Рис. 4. Вертикально-горизонтальная слоистая структура

Список используемых источников

1. 3GPP TS 23.501 V15.0.0. System Architecture for the 5G System; Stage 2. 2017. 181 p.
2. Mademann F. System architecture milestone of 5G Phase 1 is achieved, 2017, December. URL: http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1930-sys_architecture (дата обращения 09.03.2018).
3. View on 5G Architecture (Version 2.0). URL: https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2017/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper-2-Summer-2017_For-Public-Consultation.pdf (дата обращения 09.03.2018).

УДК 621.396 (075)

ИНТЕРМОДУЛЯЦИЯ В РАДИОПЕРЕДАТЧИКАХ

Е. М. Виноградов, А. Д. Спирин

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

Статья содержит обзор математических моделей, которые оценивают уровни интермодуляционных продуктов в радиопередатчиках. Рассматриваются условия применения моделей для анализа электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

передаточная характеристика, полиномиальная аппроксимация, пик-фактор, точка пересечения, интермодуляционные продукты, электромагнитная совместимость.

Интермодуляция – явление, которое состоит в появлении новых частот на выходе нелинейного элемента или в среде с нелинейной проводимостью при действии на них двух или более частот.

При оценке электромагнитной совместимости (ЭМС) совокупностей радиоэлектронных средств интерес представляет анализ интермодуляционных продуктов (ИМП), возникающих в радиоприемных и радиопередающих устройствах. Современные программные средства, предназначенные для анализа ЭМС, как правило, ограничиваются оценкой ИМП только в радиоприемных устройствах. В то же время имеются математические модели, позволяющие оценить мощность ИМП, возникающих в радиопередатчиках (РПД). Применению этих моделей для анализа ЭМС препятствует недостаток информации о параметрах ЭМС в спецификациях РПД. В данной работе рассмотрены некоторые математические модели, которые могут быть использованы для анализа ИМП в РПД, и необходимые данные, которые следует включить в спецификации технических характеристик РПД для выполнения соответствующих расчетов.

Рекомендация МСЭ [1] выделяет пять типов интермодуляции в передатчиках:

- Тип 1. Интермодуляция в одиночном передатчике.
- Тип 2. Многоканальная интермодуляция.
- Тип 3. Интермодуляция между передатчиками.
- Тип 4. Интермодуляция в активных антенных.
- Тип 5. Интермодуляция в пассивных цепях.

Из пяти перечисленных типов интермодуляции в передатчиках остановимся на интермодуляции второго и третьего типов, которые представляются наиболее важными.

Интермодуляция второго типа

Этот тип интермодуляции возникает, когда на вход широкополосного усилителя мощности (УМ) передатчика, играющего роль сумматора, поступает несколько сигналов (рис. 1, см. ниже). Взаимодействие этих сигналов на нелинейности передаточной характеристики УМ порождает на выходе передатчика интермодуляционные колебания.

Для оценки мощности этих колебаний характеристика нелинейности УМ аппроксимируется полиномом с постоянными коэффициентами:

$$u_{\text{вых}}(t) = \sum_{i=1}^M a_i u_{\text{вх}}^i(t), \quad (1)$$

где $u_{\text{вых}}(t)$ и $u_{\text{вх}}(t)$ – сигналы на выходе и входе нелинейного элемента соответственно.

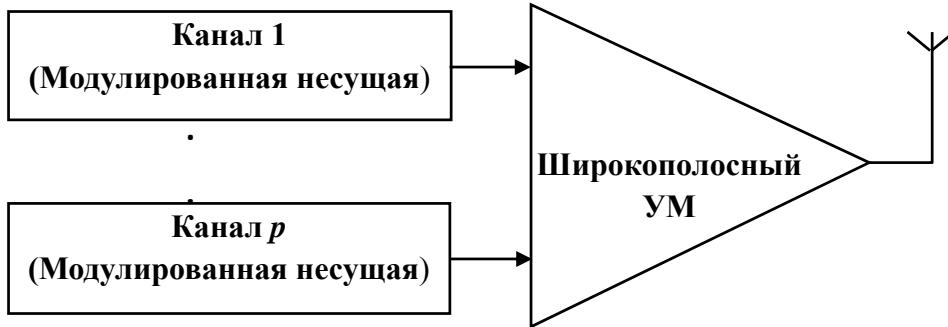


Рис. 1. Интермодуляция второго типа в передатчиках

На вход УМ поступает сигнал вида:

$$u_{\text{вх}}(t) = \sum_{j=1}^p U_j \cos(2\pi f_j t). \quad (2)$$

Следуя [2, 3], будем полагать, что интермодуляционные продукты порядка N , когда на вход УМ поступает сигнал вида (2), порождает только член полинома, аппроксимирующего характеристику нелинейности УМ, который имеет степень N . Вкладами, которые вносят в уровень ИМП члены полинома, имеющие степень выше, чем рассматриваемый порядок, пренебрегаем. Тогда

$$a_N u_{\text{вх}}^N(t) = a_N \left[\sum_{j=1}^p U_j \cos(2\pi f_j t) \right]^N. \quad (3)$$

Рассмотрим интермодуляционные продукты одного порядка N , отличающиеся видом комбинаций частот, которые их образуют:

$$f_{\text{им}1} = |\alpha_1 f_{11} + \alpha_2 f_{12} + \dots + \alpha_r f_{1r}|$$

$$f_{\text{им}2} = |\beta_1 f_{21} + \beta_2 f_{22} + \dots + \beta_q f_{2q}|,$$

где $f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1r}, (f_{iq})$ ($i = 1, 2$) – частоты сигналов из множества $\{f_j\}_{j=1}^{j=p}$, образующие ИМП ($r, q \leq p$); α_s ($s = 1, \dots, r$), β_t ($t = 1, \dots, q$) – целые числа (положительные и отрицательные); и $|\alpha_1| + |\alpha_2| + \dots + |\alpha_r| = |\beta_1| + |\beta_2| + \dots + |\beta_q| = N$.

Обозначим PIM_N мощность интермодуляционного продукта N -го порядка, образованного немодулированными несущими на частоте $f_{\text{им}1}$, и rim_N , мощность интермодуляционного продукта N -го порядка, образованного модулированными сигналами на частоте $f_{\text{им}2}$. Учитывая связь между амплитудой гармонического колебания U и его мощностью P на сопротивлении R ,

именно, $U = \sqrt{2RP}$, связь между мощностями pim_N и PIM_N устанавливает соотношение [2]:

$$\begin{aligned} pim_N &= PIM_N + 20 \lg \frac{(|\alpha_1|!)(|\alpha_2|!) \cdots (|\alpha_r|!)}{(|\beta_1|!)(|\beta_2|!) \cdots (|\beta_q|!)} + 10 \lg \frac{(P_{21})^{|\beta_1|}(P_{22})^{|\beta_2|} \cdots (P_{2q})^{|\beta_q|}}{(P_{11})^{|\alpha_1|}(P_{12})^{|\alpha_2|} \cdots (P_{1r})^{|\alpha_r|}} + \\ &+ 20 \lg (pf_{21}^{-|\beta_1|} pf_{22}^{-|\beta_2|} \cdots pf_{2q}^{-|\beta_q|}), \end{aligned} \quad (4)$$

где pim_N и PIM_N выражены в дБм или в дБВт, P_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, r(q)$) – мощности сигналов на частотах f_{ij} в мВт или Вт, а pf_{2j} – пик-факторы модулированных сигналов ($j = 1, \dots, q$), образующих ИМП на частоте $f_{им2}$.

Рассматривая N -ю гармонику излучений РПД как интермодуляционный продукт N -го порядка, образованный N одинаковыми частотами, в качестве опорного уровня можно взять уровень этой гармоники на выходе УМ передатчика. Выражение (4) для этого случая можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} pim_N &= P_N + 20 \lg \frac{N!}{(|\beta_1|!)(|\beta_2|!) \cdots (|\beta_q|!)} + 10 \lg \frac{(P_{21})^{|\beta_1|}(P_{22})^{|\beta_2|} \cdots (P_{2q})^{|\beta_q|}}{(P_T)^N} + \\ &+ 20 \lg (pf_{21}^{-|\beta_1|} pf_{22}^{-|\beta_2|} \cdots pf_{2q}^{-|\beta_q|}), \end{aligned} \quad (5)$$

где P_N – мощность гармоники с номером N (дБм или дБВт), а P_T – мощность основной несущей, при которой измерялась P_N (мВт или Вт).

Еще одна модель для оценки мощности ИМП второго типа предложена в [3]. Здесь множество сигналов, образующих ИМП, разделяют на сигналы с постоянной амплитудой и шумоподобные сигналы (имеют большой пик-фактор). Оценку мощности ИМП дает выражение:

$$PIM_N = \sum_{j=1}^r \alpha_j P_j - K_N - 20 \sum_{j=1}^r \lg (\alpha_j !) + 10 \sum_{j=1}^r \lg (|\alpha_j^*|!), \quad (6)$$

где r – число сигналов, образующих ИМП, P_j – мощность j -го сигнала, дБм, $\alpha_j^* = \alpha_j$, если на частоте f_j сигнал шумоподобный; $\alpha_j^* = 1$, если сигнал на частоте f_j синусоидальный с постоянной амплитудой; K_N – потери преобразования для интермодуляции N -го порядка, дБ.

Интермодуляция третьего типа

Этот тип интермодуляции возникает между передатчиками, которые работают на одну антенну, используя комбайннер, или антенны которых находятся достаточно близко друг к другу (рис. 2). Математические модели, разработанные на основе полиномиальной аппроксимации нелинейной передаточной функции УМ, выполняют оценку мощности двухсигнального

продукта интермодуляции на выходе УМ РПД. Одним из сигналов, участвующих в образовании ИМП, является сигнал передатчика (передатчика-жертвы) (P_{Tv}) на его рабочей частоте. Другим сигналом является внешний мешающий сигнал, поступающий на выход УМ через antennу передатчика (или через комбайннер) и цепи между antennой (комбайннером) и выходом УМ (P_{vi}), так что $f_{im} = |\pm m f_v \pm n f_i|$.

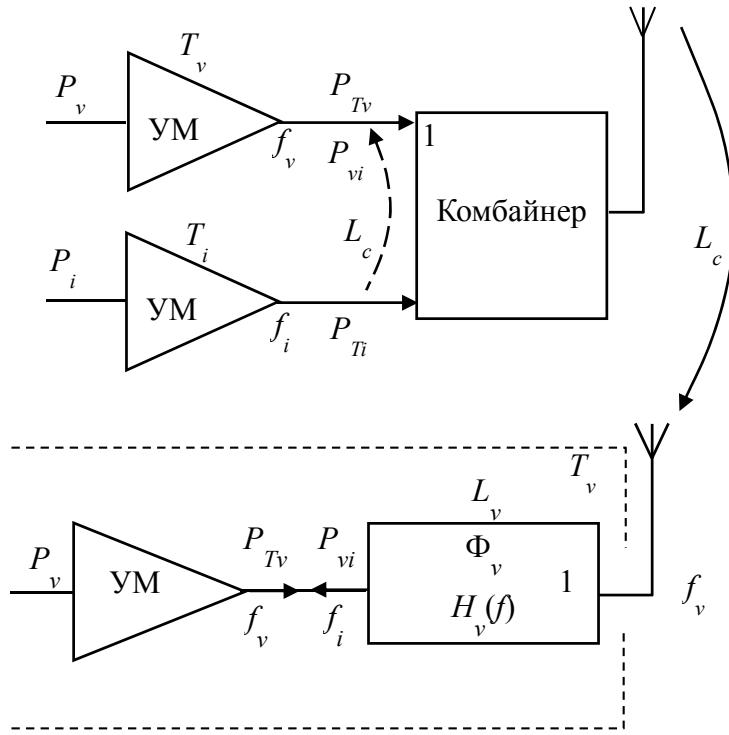


Рис. 2. Интермодуляция третьего типа в передатчиках

В зависимости от исходных данных для вычисления мощности интермодуляционного продукта могут использоваться разные модели.

А) Модель, использующая точку пересечения [4, 5]:

$$PIM_N = mP_{Tv} + nP_{vi} - (m+n-1)IPN_o, \quad (7)$$

где IPN_o – точка пересечения N -го порядка, отнесенная к выходу УМ передатчика-жертвы, дБм, мощности P_{Tv} и P_{vi} также выражены в дБм.

Б) Модель, полученная аппроксимацией характеристики нелинейности УМ полиномом с переменными коэффициентами [6, 7]:

$$PIM_N = nP_{vi} - K_{[m], n}, \quad (8)$$

где $K_{[m], n}$ – потери преобразования, дБ. Теоретический анализ и результаты измерений $K_{[m], n}$ показали, что при таком подходе потери преобразования практически не зависят от m до $m \leq 5$, и $n = 1 \dots 8$. Для указанных значений m и n можно считать $K_{[m], n} = K_n$. Для расчета PIM_N нужно иметь значение

$K_{[m], n}$. В тех случаях, когда информация о $K_{[m], n}$ отсутствует, можно воспользоваться соотношениями, полученными на основе статистической обработки ограниченного числа измерений [6]:

$$K_n = \begin{cases} K_1 + 30(n-1), & \text{для полупроводниковых УМ, дБ;} \\ K_1 + 40(n-1), & \text{для ламповых УМ, дБ.} \end{cases}$$

По результатам измерений значение K_1 меняется в достаточно широких границах, а именно, $K_1 = 10\dots40$ дБ. Среднее значение $K_1 = 18$ дБ [7]. Для интермодуляции третьего порядка в [8] предложено использовать модель (8) при $m=2$ и $n=1$. При этом $K_{[2],1}$ должно быть известно или определяться экспериментально.

С) В [9] для оценки ИМП 3-го порядка предложено использовать коэффициент, названный коэффициентом обратной интермодуляции, $L_{\text{им3}}$, который определяется как разность на выходе передатчика уровней мощности мешающего сигнала от внешнего источника и продукта интермодуляции на частоте $2f_{0T}-f_i$, где f_{0T} – частота передатчика, а f_i – частота помехи. Если этот коэффициент известен, то

$$PIM_3 = P_i - L_{\text{им3}}. \quad (9)$$

Проведенный обзор моделей позволяет сделать следующие выводы:

1. Для оценки мощности ИМП 2-го типа в качестве одного из параметров ЭМС передатчика нужно знать мощность и структуру одного ИМП интересующего порядка для немодулированных несущих (4), или мощность гармоники интересующего порядка и мощность несущей, порождающей эту гармонику (5), или потери преобразования для интермодуляции интересующего порядка (6).

2. Для оценки мощности ИМП 3-го типа в качестве одного из параметров ЭМС передатчика нужно знать точку пересечения интересующего порядка по выходу УМ передатчика (7) или потери преобразования для интермодуляции интересующего порядка (8). Дополнительно требуется информация о характеристике избирательности УМ передатчика. Для наиболее опасного ИМП 3-го порядка достаточно информации о коэффициенте обратной интермодуляции $L_{\text{им3}}$ (9).

Список используемых источников

1. Rec. ITU-RSM.1446. Definition and Measurement of Intermodulation Products in Transmitter Using Frequency, Phase, or Complex Modulation Techniques. ITU, 2000.
2. Smith J. L., Mandeville L. A. A Method to Predict the Level of Intermodulation Products in Broadband Power Amplifiers // Microwave Journal. Feb. 2003. Vol. 46, № 2. P. 62–78.
3. Maiuzzo M. Predicting Intermodulation Levels due to Distortion in Linear Broadband Amplifiers // IEEE Intern. Symp. EMC, Wakefield, USA, 1985. PP. 426–428.

4. Gavan J. Analysis of Intermodulation between Broadband Frequency Transmitters on Mobile Networks // IEEE Intern. Symp. EMC. 1982. Santa-Clara, Calif., USA. PP. 23–29.
5. Gavan J. Main Effects of Mutual Interference in Radio Communication Systems Using Broadband Transmitters // Electromagnetic Compatibility. Nov. 1986. Vol. EMC-28, № 4. PP. 211–219.
6. Maiuzzo M., Mackouse E. Transmitter Intermodulation Product Amplitudes // Proc. IEEE Intern. Symp. EMC. 1981. Boulder, CO, USA. PP. 133–138.
7. МККР Отчет 839. Процедура расчета продуктов взаимной модуляции в передатчике (ВМП) // Отчеты МККР. Приложение к т. 1: Использование спектра и контроль. МСЭ, 1990.
8. Рек. МСЭ-R SM.1134-1 Расчет интермодуляционных помех в сухопутной подвижной службе. ITU, 2007.
9. Rec. ITU-R SM.1446-0 Definition and measurement of intermodulation product in transmitter using frequency, phase or complex modulation techniques. ITU, 2011.

УДК 621.396

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ДЛЯ IoT

П. Ю. Виноградов

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

Наполнение концепции «Интернета вещей» многообразным технологическим содержанием и внедрение практических решений для её реализации начиная с 2010-х годов стало устойчивой тенденцией в информационных технологиях прежде всего, благодаря повсеместному распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений, развитию технологий межмашинного взаимодействия, освоению программно-конфигурируемых сетей. Сейчас «Интернет вещей» распространяется не только для «домашнего» применения, но и на промышленные объекты. Лавинообразно нарастает количество объектов IoT, например, датчиков, часто расположенных в труднодоступных местах. Какими бы «умными» и низкоэнергетическими эти устройства не были, они требуют электропитания. Возможные пути решения этой проблемы рассмотрены в статье.

IoT, использование энергии радиоизлучения и вибраций, пьезопреобразование.

Повсеместное развитие технологии Интернета вещей (IoT) в ближайшем будущем может столкнуться с проблемой питания отдельных объектов. Развитие современной электроники идет по пути снижения энергопотребления электронных компонентов, уменьшения уровня их рабочих напряжений

при росте объема обрабатываемой информации. При этом количество датчиков, контроллеров и других объектов IoT существенно возрастает, они могут располагаться в труднодоступных местах, в местах, где нет электрических сетей. Это общая тенденция в развитии телекоммуникаций.

Одним из возможных решений проблемы является применение альтернативных источников энергии, например, ветрогенераторов и солнечных батарей. Малое потребление энергии объектами IoT позволяет искать другие решения. Это может быть радиоизлучение фоновое или специально создаваемое [1, 2] или вибрации [3]. Подобный подход раньше казался фантастическим, а сейчас рассматривается не только как возможное решение, но и начинает реализовываться в конкретном оборудовании.

Использование энергии радиоизлучения для питания долгое время оставалось экзотикой. Однако именно эта технология имеет целый ряд уникальных достоинств и дает полную свободу при создании систем беспроводной передачи и сбора энергии радиочастотного излучения. Если требуется запитать мало потребляющее малогабаритное устройство или датчик, то к нему, конечно, можно протянуть провода или даже снабдить его батарейным питанием. А что делать, если этих датчиков – сотни? А если их масса и габариты критичны? А если все они находятся в труднодоступных местах? В этом случае даже, казалась бы, простая операция по смене батареек может оказаться чрезвычайно сложной затеей. В то же время существует множество способов получения бесплатной энергии буквально из воздуха! Солнечный свет, течение воды, ветер, движение человека – это далеко не полный перечень альтернативных источников. Каждый из них имеет свои преимущества и особенности (табл. 1, см. ниже) [1].

Энергия солнца, ветра, воды и мускул традиционна, но не всегда доступна. Новое направление – использование энергии радиоизлучения и вибраций. Первая есть всегда, особенно в городах, вторая присутствует на любых объектах, где работают механизмы.

Сейчас разрабатываются малогабаритные, не зависящие от погоды и внешних условий накопители (харвестеры) радиоизлучения, преобразующие энергию радиоволн в постоянное напряжение питания.

В таблице 2 (см. ниже) приведены результаты исследования плотности мощности радиоизлучения в различных диапазонах частот для Лондона [1].

Мощность излучения базовых станций существенно выше мощности излучения мобильных устройств. Это однозначно определяет полосу частот, в которой должны работать накопители. Уровни мощности радиоизлучения весьма малы, поэтому разрабатываемые устройства должны быть именно накопители, содержать аккумулятор или конденсатор.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение методов получения энергии

Вид энергии	Плотность мощности, мкВт/см ²	Недостатки	Достоинства
Солнечная энергия	100	Высокая эффективность только при солнечной погоде и только на открытых пространствах	Неисчерпаемый источник
Фоновое радиоволновое излучение	1	Невысокая мощность	Неисчерпаемый и легкодоступный источник
Направленное радиоволновое излучение	40	Высокая эффективность только вблизи передатчика радиоэнергии	Неисчерпаемый и легкодоступный источник
Тепловая энергия	135 при 5°C	Высокая эффективность только при большой разнице температур	Относительная простота построения на базе термопар
Тепловая энергия человеческого тела	40 при 5°C	Высокая эффективность только при большой разнице температур	Относительная простота построения на базе термопар
Механическая энергия движения тела	800	Требует движения	Высокая мощность. Полностью независимый источник питания
Ветровая энергия	177	Требует наличия ветра и открытого пространства	Высокая мощность
Вибрационная энергия	4	Требует наличия постоянных вибраций	Легкость внедрения в биометрические системы

ТАБЛИЦА 2. Результаты исследования мощности радиоизлучения в Лондоне

Источник	Диапазон частот, МГц	Средняя плотность мощности, нВт/см ²	Максимальная плотность мощности, нВт/см ²
Цифровое телевидение	470...610	0,89	460
GSM900 (MTx)	880...915	0,45	39
GSM900 (BTx)	925...960	36	1930
GSM1800 (MTx)	1710...1785	0,5	20
GSM1800 (BTx)	1805...1880	84	6390
3G (MTx)	1920...1980	0,46	66
3G (BTx)	2110...2170	12	240
Wi-Fi	2400...2500	0,18	6

На рисунке приведена структурная схема системы питания датчиков от внешнего радиоизлучения. Она содержит приемник-преобразователь излучения, накопитель и контроллер (MCU) [1]. Подобные устройства уже выпускаются.

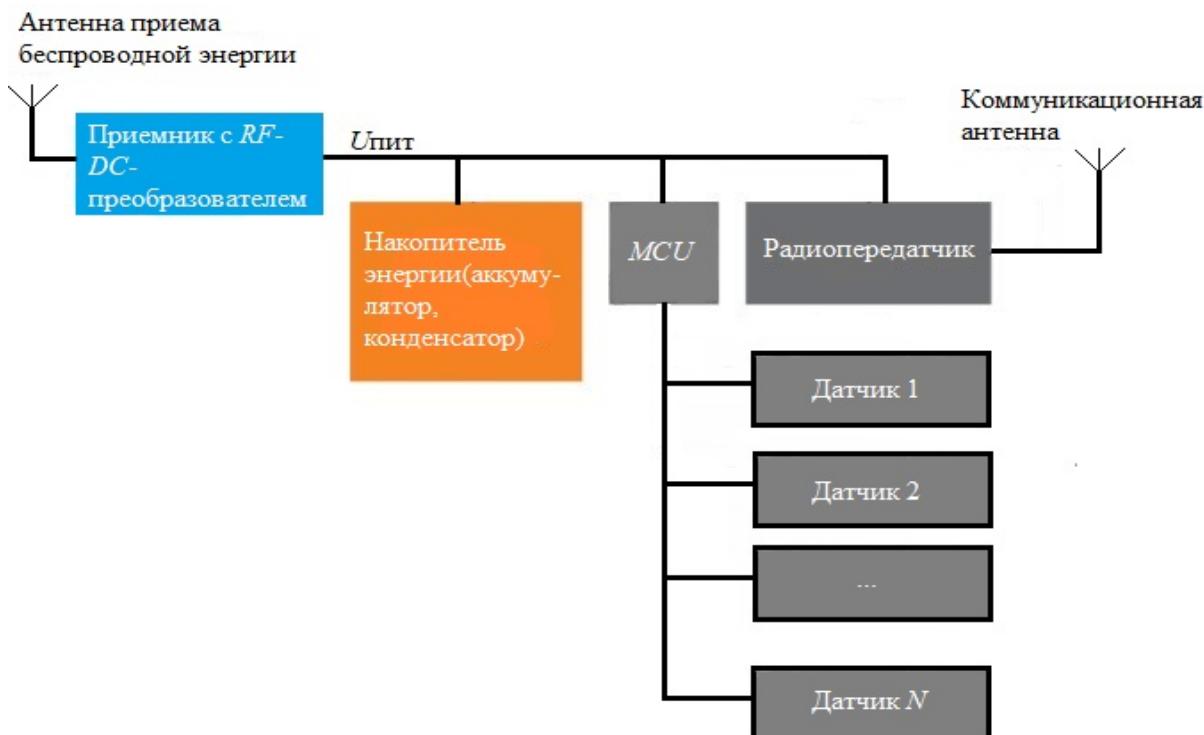


Рисунок. Комплект датчиков с системой питания от радиоизлучения.

Другое направление – пьезопреобразование и накопление энергии вибраций [3]. Устройство питания аналогично приведенному на рисунке с тем отличием, что на входе стоит пьезоэлектрический преобразователь и выпрямитель, затем накопитель и контроллер.

Список используемых источников

1. Гавриков В. Модули от Powercast: питание датчика от сотовой сети // Новости электроники. 2015. № 7. С. 16–22.
2. Tabassum H., Hossain E., Ogundipe A., Dong In Kim. Wireless-Powered Cellular Networks: Key Challenges and Solution Techniques // IEEE Communications Magazine, June 2015. PP. 63–71.
3. Бугаев В., Дидук В., Мусиенко М. Сборщики энергии вибраций от Mide Technology приходят на смену батарейкам // Новости электроники. 2015. №7. С. 23–27.

УДК 621.396

РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ

П. Ю. Виноградов

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

Согласно закону о техническом регулировании (от 27.12.2002 № 184-ФЗ) по всем направлениям деятельности должны быть разработаны регламенты. Всего их должно быть более 700. ГОСТы, инструкции, РД, ВСН, ВНТП и другая нормативная документация теперь носят рекомендательный характер. Однако быстро разработать такое количество регламентов не удалось. В первую очередь были разработаны регламенты по вопросам безопасности, продуктов питания и т.п., что понятно. Сейчас Правительство РФ решило принимать технические европейские и международные стандарты в качестве российских. Другое направление – разработка ведомственных стандартов крупными национальными компаниями (РЖД, Газпром, Росатом, Ростелеком и др.) Статья посвящена состоянию отечественной нормативной базы в области электропитания для телекоммуникаций.

международные, европейские, российские нормы в области электропитания, категории надежности электроснабжения, агрегаты гарантированного и бесперебойного электропитания.

В настоящее время практически сформировалась европейская система стандартизации. Основными организациями, принимающими стандарты, имеющие первостепенное значение для отрасли «Связь» в Европе, являются:

- ISO (*The International Organization for Standardization*) – ИСО, международная организация, принимающая стандарты, не связанные с электротехникой;
- CEN (*The Comité européen de normalisation*) – «европейский ИСО»;
- IEC (*The International Electrotechnical Commission*) – Международная электротехническая комиссия (МЭК);
- CENELEC (*The European Committee for Electrotechnical Standardization*) – «европейский МЭК»;
- ETSI (*The European Telecommunications Standardization Institute*) – Европейский институт стандартов в области связи.

Развитие российской нормативной базы в области электропитания телекоммуникационных систем сейчас идет по двум направлениям.

Первое – принятие в качестве национальных стандартов (ГОСТ Р) стандартов международных и европейских. Это касается отдельных элементов и подсистем, например, аккумуляторных батарей, используемых в качестве агрегатов бесперебойного питания. Все необходимые требования к свинцово-кислотным аккумуляторам открытых и закрытых типов и методы их испытаний изложены соответственно в стандартах IEC 896-1 (ГОСТ Р МЭК 896-1-95) и IEC 896-2 (ГОСТ Р МЭК 60896-2-99).

Такой же подход к нормированию величин питающих напряжений, допустимого уровня пульсаций, кратковременных выбросов питающего напряжения и других характеристик. Здесь за основу взяты три части европейского стандарта ETS 300 132. Equipment Engineering (EE); Power Supply interface at the input to telecommunications equipment; Part 1 – Interface operated by alternating current (AC), Part 2 – Interface operated by direct current (DC), Part 3 – operated by rectified current source, alternating current source or direct current source up to 400V. С 01.01.2015 года они являются ГОСТами России (ГОСТ Р 55949-2014, ГОСТ Р 55950-2014, ГОСТ Р 56003-2014). Соответственно эта часть нормативной деятельности в нашей стране находится на хорошем международном уровне.

Второе, крайне важное, направление – нормирование принципов построения всей системы электропитания и электроснабжения с точки зрения обеспечения высокой надежности связи. Понятно, что любой вид телекоммуникаций является модуляцией электрической энергии, поэтому перебои в питании не допустимы. Высокая надежность может быть обеспечена многократным резервированием всех составляющих системы электропитания, применением источников электроэнергии различных типов. Это требует больших затрат. Стоимость электропитающих установок сейчас доходит до 50 % общей стоимости оборудования. В новое время государство решило детально не регламентировать вопросы надежности, полагая, что рынок все наладит. Последний нормативный документ советской эпохи ВСН 332-93 (Ведомственные строительные нормы. Инструкция по проектированию электроустановок предприятий и сооружений электросвязи, проводного вещания, радиовещания и телевидения, 1993 г.) имел объем 80 стр. и подробно расписывал как обеспечить требования по надежности для всех существующих на тот момент видов связи. В дальнейшем нормативные документы периодически издавались министерством связи, существенно уменьшаясь в объеме и принимая все менее конкретный характер. Предел наступил в 2012 г., когда Минкомсвязи был издан приказ № 284 от 06.12.2012, отменивший все предыдущие нормы и утвердивший новые требования к построению телефонной сети общего пользования. Общий объем этого документа 11 стр., электропитанию посвящен пункт 6 в семь с половиной строк. Наверно думали, что нехорошо навязывать операторам жесткие требования.

Если оператор А сделает связь надежную (дорогую), оператор В ненадежную (дешевую), то абоненты выберут оператора А и он победит в конкурентной борьбе. На самом деле все операторы стали экономить и качество связи начало ухудшаться. Связь – это не только развлечения, но и вопросы национальной безопасности, жизни и здоровья людей.

Сейчас положение выправляется. Проект последнего приказа Минкомсвязи рассматривает все средства телекоммуникаций как преемники электрической энергии, разделяя их на принятые в нашей стране категории: особая группа I категории, I категория, II и III категории.

Прописаны требования к электроснабжению. Куда в зависимости от категории входит использование двух независимых взаимно резервируемых линий электропередачи с применением автоматического введения резерва, автоматизированных дизельных электрических станций в качестве агрегатов гарантированного электроснабжения, предусмотрена возможность применения альтернативных источников энергии, например, аккумуляторов на основе лития [1], указано минимальное время аккумуляторного резерва.

В таблице приведены основные типы телекоммуникационных объектов и соответствующие им категории электроснабжения.

ТАБЛИЦА. Категорирование средств связи
в части обеспечения надежности электроснабжения

№	Принадлежность средства связи	Категория надежности электроснабжения
1	Средства связи транзитных международных узлов связи	Особая группа I категории
2	Средства связи, образующие точки присоединения к сети международной и междугородной телефонной сети	I категории
3	Средства связи узлов связи сетей фиксированной зоновой телефонной связи	Особая группа I категории
4	Средства связи, образующие точки присоединения к сети, фиксированной зоновой телефонной связи	I категории
5	Средства связи узлов связи сетей подвижной радиосвязи и подвижной радиотелефонной связи	Особая группа I категории
6	Средства связи, образующие точки присоединения к сети подвижной радиосвязи и подвижной радиотелефонной связи	I категории
7	Средства связи узлов связи сетей подвижной спутниковой радиосвязи	Особая группа I категории
8	Средства связи, образующие точки присоединения к сети подвижной спутниковой радиосвязи	I категории
9	Средства связи узлов связи сетей местной телефонной связи с количеством портов более 10000	Особая группа I категории
10	Средства связи узлов связи сетей местной телефонной связи, которые соединяются с узлами обслуживания вызовов экстренных оперативных служб	Особая группа I категории

№	Принадлежность средства связи	Категория надежности электроснабжения
11	Средства связи, образующие точки присоединения узлов связи сетей местной телефонной связи, которые соединяются с узлами обслуживания экстренных оперативных служб	I категории
12	Средства связи узлов связи сетей местной телефонной связи с количеством портов от 1024 до 10000	II категория
13	Средства связи, образующие точки присоединения узлов связи сетей местной телефонной связи	II категория
14	Средства связи узлов связи местной телефонной связи с количеством портов до 1024	II категория
15	Средства связи. Образующие точки присоединения узлов связи сетей местной телефонной связи с количеством протоков до 1024	II категория
16	Средства связи оптических линий связи абонентского доступа к сети местной телефонной связи	III категория
17	Средства связи подсистемы базовых станций сети подвижной радиосвязи	III категория
18	Средства коллективного доступа, с применением к оторых оказываются универсальные услуги телефонной сети с использованием таксофонов, многофункциональных устройств, информационных киосков и аналогичных устройств	III категория

Список используемых источников

1. Виноградов П. Ю. Перспективы использования литиевых аккумуляторов в системах электропитания для телекоммуникаций // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 132–135.

УДК 004.932.2

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОГО ОПИСАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ

В. Ю. Волков, М. В. Созинова

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

Данная статья посвящена одному из перспективных методов преобразования изображения, позволяющему создать описание изображения в виде структуры данных.

Структурное описание основывается на представлении изображения в виде набора примитивов разного уровня, описывающих наиболее значимые части сцены. Для последующего распознавания сцены, заданной на основе структурного описания, достаточно в качестве эталона задать описание наиболее значимых структурных особенностей распознаваемой сцены. Кроме того, преимуществом структурного подхода является существенное сокращение ресурсов, требуемых для хранения изображений в памяти устройства.

структурное описание, таблица первичных связей, распознавание изображений, всекурсное распознавание.

Задача построения компактного описания сцены изображения является важной задачей в области цифровой обработки изображений.

Как правило, полуточечное или цветное представление изображения является избыточным, и при решении задачи распознавания сцены непосредственно по полуточечному изображению возникает много трудностей. Так, изменение условий съемки, освещенности приводит к существенным изменениям объектов на полуточечном изображении, вследствие чего, существенно снижается эффективность традиционных методов распознавания (например, по контурным или текстурным признакам). С этой точки зрения более надежным представляется не пиксельное, а структурное описание изображения [1].

Такое описание изображений широко используется в системах обработки изображений [2]. Однако, поскольку наличие шумов на изображении часто приводят к неоднозначности структурного представления объектов, наиболее частой областью применения данного подхода является распознавание четко выделяемых структурированных символов, таких как чертежи и схемы [3], а также печатные и рукописные символы [4]. Тем не менее, применение структурного описания для задачи распознавания промышленного пейзажа так же возможно. Основные трудности построения качественного структурного описания возникают на этапе бинаризации изображения. Для корректного построения описания необходимо точно выделять отдельные объекты на изображении, определять их границы и параметры. Поэтому решающую роль в построении описания играют используемые методы предварительной обработки изображения.

В случае структурного описания изображение представляется в виде множества объектов-примитивов различного уровня. К самому нижнему уровню структурного описания относятся особые точки изображения. Это точки окончания линий, перегибов, точки пересечения нескольких линий. Более высокий уровень предполагает описание простейших геометрических фигур (прямых линий, окружностей, прямоугольников), присутствующих на изображении. Высший уровень представляет собой описание

объектов на изображении как совокупность простейших фигур и особых точек. Кроме того, структурное описание содержит информацию о связях между объектами на каждом уровне описания. Пример структурной схемы изображения приведен на рис. 1.



Рис. 3 Пример структурной схемы изображения

Такое описание структуры изображения имеет ряд преимуществ, по сравнению с традиционным представлением изображения в виде матрицы яркостей. Структурное описание позволяет:

- отбросить все несущественные детали изображения, которые могут привести к снижению вероятности правильного распознавания изображения;
- существенно увеличить время работы алгоритмов распознавания;
- оно является более компактным и занимает меньше места в памяти устройства, в котором оно хранится.

Для построения структурного описания реализован следующий алгоритм:

1. Исходное полутоновое изображение приводится к бинарному контурному виду.

Для этого может быть использован любой алгоритм оконтурирования, например, фильтр Робертса или Кирша, или алгоритмы, основанные на вычислении поля модулей градиентов яркостей изображения. Выбор алгоритма оконтурирования обуславливается конкретными условиями использования алгоритма. В данной работе предлагается использовать простой алгоритм пороговой бинаризации изображения. В качестве порогового значения, выбирается среднее значение яркости в некоторой зоне вокруг текущей точки. Для дальнейшего построения контура из полученного бинарного

изображения предлагается использовать морфологическую функцию выделения границ. Суть алгоритма морфологического выделения границ заключается в выполнении операции эрозии для заданного бинарного изображения с последующим вычитанием полученного результата из исходного бинарного изображения.

Полученное таким образом контурное изображение имеет ширину контура в один пиксель, что упрощает дальнейшую обработку изображения.

2. На полученном контурном изображении производится фильтрация объектов.

Изображение фильтруется по принципу 8-ми связности [5]. Объект считается связанным, если между любыми двумя точками объекта существует путь, целиком состоящий из точек этого объекта и при этом все точки пути являются 8-ми смежными. При фильтрации отслеживается площадь выделяемых объектов. Те объекты, площадь которых выходит за пределы допустимых границ, не рассматриваются. При последующей обработке каждый выделенный объект изображения анализируется отдельно.

3. Для каждого объекта определяются его структурные параметры.

Для выделения параметров объектов на каждом уровне структурной схемы изображения выполняется ряд морфологических операций, а также алгоритмов, использующих преобразование Хафа [6], выделяются основные параметры каждого объекта. В том числе, определяются концевые точки, точки перегибов и пересечения нескольких линий. В зависимости от структуры эталонного изображения, для анализируемого объекта выделяются основные геометрические фигуры, такие как окружность или прямоугольник.

При этом, для обнаружения концевых точек, точек перегибов и точек пересечения нескольких линий используются алгоритмы прохода с заданными масками. Для определения объектов более высокого уровня, таких как окружности и прямоугольники и прямые линии, применяются алгоритмы, использующие преобразование Хафа.

Для выделенных таким образом подобъектов разных уровней (узловых точек и геометрических фигур) фиксируется их расположение относительно друг друга, относительные размеры и площади, а также связи между узловыми точками.

4. По полученным данным для каждого объекта строится структурное описание всего обрабатываемого изображения.

Описание структуры изображения задается в так называемых таблицах первичных связей [7]. Они составляются как на отдельные узловые точки изображения, так и на выделенные геометрические объекты. Таблицы первичных связей представляют собой двумерные таблицы, в каждой ячейке которой содержится информация о связях между двумя подобъектами изображения (узлами или геометрическими объектами).

При составлении таблицы для геометрических объектов, в каждую ячейку таблицы записывается расстояние между центрами двух объектов, отношение их площадей, а также типы каждого из объектов.

В случае же составления таблицы первичных связей более низкого уровня, для значимых узлов изображения, заполняются только те ячейки таблицы, соответствующие узлы которых связаны между собой на бинарном изображении. При этом сохраняется такая информация, как длина линии, связывающая данные узлы, угол наклона данной линии, а также тип обоих узлов.

При таком способе построения описания отбрасываются все незначительные детали изображения в зависимости от структуры заданного эталона, что позволяет существенно упростить и ускорить дальнейшее распознавание изображения.

В качестве примера на рис. 2 приведено исходное полутоновое изображение сцены. Результат построения структурного описания для заданного изображения приведен на рис. 3.



Рис. 4. Исходное полутоновое изображение

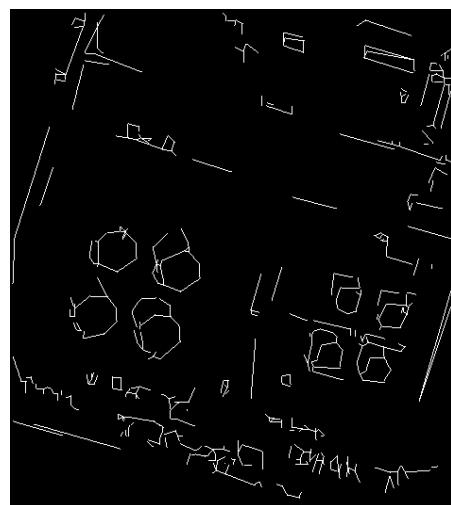


Рис. 5. Структурное представление

Полученное структурное описание изображений может быть использовано для реализации алгоритмов распознавания по заданному описанию эталона. При этом, поскольку в составленных таблицах первичных связях вся информация о выделенных подобъектах вычислена относительно друг друга, на эффективность процесса распознавания в данном случае не влияет возможное несоответствие масштабов и ракурсов текущего распознаваемого изображения с заданным эталоном.

В качестве примера на рис. 4 приведено описание эталонного изображения для распознавания. Процесс распознавания включает в себя поиск на исходном изображении объектов, соответствующих эталонному по форме и взаимному расположению. Результат распознавания выбранного

эталона приведен на рис. 5. На результирующем изображении отмечены подозрительные объекты, выделенные на этапе построения структурного описания и удовлетворяющие заданным параметрам поиска в соответствии с эталонным изображением. На данном примере видно, что ориентация и масштаб заданного эталона не повлияли на эффективность распознавания.

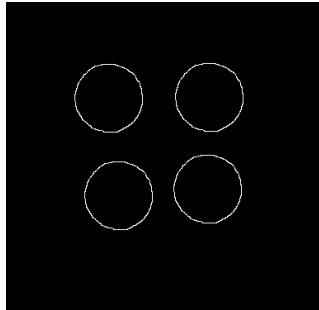


Рис. 6. Эталонное изображение

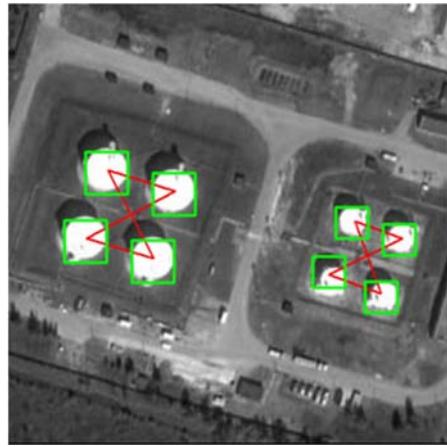


Рис. 7. Результат распознавания

Список используемых источников

1. Фу К. Структурные методы распознавания образов. М. : Мир, 1977.
2. Хорошевский В. Ф. Семантическая интерпретация паттернов данных на основе структурного подхода // Искусственный интеллект и принятие решений. 2013. № 2. С. 3–13.
3. Павлюк О. В., Савчинский Б. Д. Эффективный синтаксический анализ и распознавание структурированных изображений // Управляющие системы и машины. 2005. № 5. С. 13–24.
4. Хаустов П. А. Алгоритмы распознавания рукописных символов на основе построения структурных моделей. Компьютерная оптика. 2017. Т. 41. № 1. С. 67–78.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера, 2005.
6. Duda R. O., Hart P. E., Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures. Comm. ACM, Vol. 15, January 1972, pp. 11–15.
7. Автоматический анализ сложных изображений: сб. переводов / под ред. Э. М. Бравермана. М. : Мир, 1969. С. 22–30.

УДК 621.396

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЦАФАР

Р. Э. Волков, С. В. Кузьмин

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

В сложных радиоэлектронных системах, как связи, так и радиолокации применяются фазированные антенные решётки, перспективным направлением развития которых являются цифровые активные ФАР. В статье рассматриваются тенденции развития элементной базы, для данного направления.

ЦАФАР, радиолокация, связь, цифровая обработка сигналов.

В настоящее время интенсивно развиваются антенные системы с цифровой обработкой сигнала – адаптивные антенные решетки с цифровым формированием диаграмм направленности [1, 2]. Они получили название ЦАФАР – цифровые активные фазированные антенные решетки. Направление ЦАФАР достаточно глубоко проработано [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. В таких решетках сигнал, принятый каждым элементом, преобразуется в цифровой код, а формирование ДН и дальнейшая обработка производится в цифровом виде. Иногда, оцифровывается сигнал, принятый группой, например, строкой плоской решетки со сканированием луча по углу места. Т. е. цифровая обработка информации в таких системах начинается практически прямо в антенне. Обобщенная структура приёмно-передающего модуля (ППМ) ЦАФАР приведена на рис. 1.

Существует несколько направлений создания сверхширокополосных ЦАФАР:

1) Создание традиционной ЦАФАР, где сканирование осуществляется путем изменения относительных фаз между отдельными элементами решетки, с помощью фазовращателей. Широкополосность таких фазированных антенных решёток (ФАР) определяется частотными характеристиками основных составляющих решетки: излучателей и фазовращателей. Наиболее слабым звеном в этой цепочке, с точки зрения широкополосности является фазовращатель.

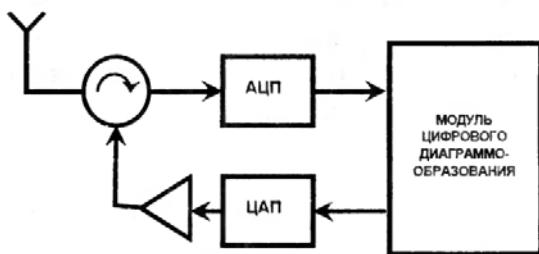


Рис. 1. Приемопередающий модуль ЦАР

2) ЦАФАР с частотным сканированием луча. Изменение частоты генерации (или приема) приводит к изменению электрического расстояния между излучателями, и, следовательно, изменению фазового распределения в решетке, управляемые фазовращатели при этом не нужны [14].

Направленность парциальных диаграмм линейных антенн зависит от формы и ширины спектра сигнала и связывает параметры сигнала и решетки [20]. При широкополосном возбуждении в решетке с линиями задержки произойдет сужение главного лепестка ДН и снизится максимальный уровень боковых лепестков. ДН останется симметричной относительно угла фазирования, однако произойдет «заплыивание» её нулей.

При использовании фазовращателей, при всех углах, отличных от 0 симметрия ДН рушится, главный лепесток расширяется, уровень боковых лепестков поднимается, при этом нули так же «заплынут».

При прохождении широкополосного сигнала через ФАР, меняется не только её ДН, но и частотно-временная структура сигнала, приходящего на вход оптимального фильтра. Нарушается согласование сигнала с фильтром, происходит дополнительная потеря энергии сигнала и снижается отношение сигнал-шум на выходе приемника. Поскольку парциальные диаграммы антенн-излучателей эквивалентной решетки для ФАР всегда ориентированы по нормали к антенне, а для ФАР с линиями задержки – в направлении фазирования решетки, то в первом случае сигналы, приходящие с любого направления, отличного от нормали, ослаблены парциальными диаграммами в этом направлении, а во втором случае этого ослабления нет. Следовательно, ФАР с использованием линий задержки имеют приемущества как по сохранению формы ДН в полосе, так и по отношению сигнал-шум в приемнике.

Примером приемо-передающего модуля может служить продукция компании Nallatech Ltd [4]. В состав модуля входят FPGA+АЦП+компактPCI. FPGA-серия Vittex-E позволяет осуществить предварительную обработку отсчетов АЦП с частотой ввода данных до 300 МГц. Структурная схема такого модуля представлена на рис. 2.

Использование FPGA, в отличие от DSP-схемотехники, позволяет жестко синхронизировать пошаговое выполнение алгоритмов ЦОС в многоканальных системах благодаря отказу от использования аппаратных прерываний [9].

Особенностью МЦПМ на базе Virtex-II Pro X или Virtex-7 – параллельная обработка сигналов четырех и более микросхем АЦП (ЦАП) в одном чипе ПЛИС, при наличии в АЦП LVDS-интерфейсов [10].

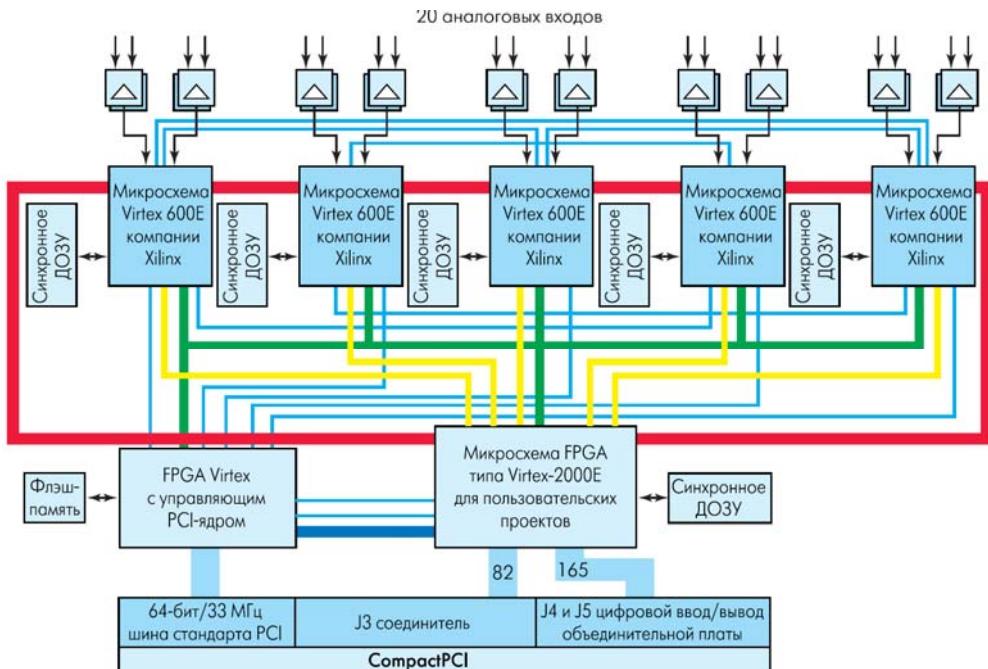


Рис. 2. Структурная схема модуля фирмы Nallatech, содержащая 20 АЦП

Рынок современных высокоскоростных АЦП и ЦАП стремительно развивается [12]. Одними из наиболее известных фирм-разработчиков высокоскоростных АЦП являются Texas Instruments, Analog Devices и E2V. Самые последние модели АЦП этих фирм представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Сравнение АЦП ведущих производителей

Параметр	ADC08DJ3200	AD9689	EV12AD500A
Разрядность	8	14	12
Частота дискретизации, ГГц	6,4	2,6	5,2
Полоса входного сигнала, ГГц	8	9	3
Потребляемая мощность, Вт	2,8	3	2,3
Габаритные размеры, мм	10×10	12×12	14×14

Рассмотрев основные схемотехнические подходы к реализации ЦАР, следует отметить, что наиболее узким местом современных технологий является все еще недостаточное быстродействие АЦП и ЦАП, низкая пропускная способность интерфейсов межмодульных соединений. Темпы роста производительности DSP и FPGA намного опережают возможности средств ввода-вывода цифровых данных. Прогресс в решении этих проблем неизбежно расширит сферы применения ЦАФАР и функциональных возможностей систем, созданных на их основе.

Список используемых источников

1. Слюсар В. И. Схемотехника цифровых антенных решеток, грани возможного // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2004. № 8. С. 34–40.
2. Слюсар В. И. Smart-антенны пошли в серию // Электроника: НТБ. 2004. № 1. С. 52–55.
3. Шмачилин П. А. Характеристики бортовых цифровых АФАР СВЧ : дис. ... канд. техн. наук 05.12.07 / Шмачилин Павел Александрович. Москва, 2011. 150 с.
4. Слюсар В.И. Цифровые антенные решетки – будущее радиолокации // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2001. №3. С.42-47.
5. Слюсар В. И. Цифровое формирование луча в системах связи: Будущее рождается сегодня // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2001. № 1. С. 6–12.
6. Слюсар В. И. Цифровые антенные решетки, решения задач GPS // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009. № 1. С. 74–78.
7. Слюсар В. И. Цифровые антенные решетки в мобильной спутниковой связи // Первая миля, 2008. № 4. С. 10–15.
8. Воскресенский Д. И., Канащенков А. И. Активные фазированные антенные решётки. М. : Радиотехника, 2004.
9. Пистолькорс А. А., Литвинов О. С. Введение в теорию адаптивных антенн. М. : Наука, 1991. 200 с.
10. Бахрах Л. Д., Литвинов О. С., Морозов Н. Я. Перспективы разработок антенн, излучающих сверхкороткие импульсы // Антенны. 2006. № 7. С. 85–91.
11. Побережный Е. С. Цифровые радиоприемные устройства. М. : Радио и связь, 1987. 184 с.
12. Прилуцкий А. А. Возбуждение АФАР больших электрических размеров широкополосным ЛЧМ сигналом // Электронная техника. 2016. № 1. С. 4–18.
13. Кузелин М. Современные ПЛИС фирмы Xilinx. Серия Virtex – ни года без нового семейства // Электроника: НТБ. 2004. № 4. С. 20–24.
14. Добрынина Е. М., Малахов Р. Ю. Цифровые антенные решетки для бортовых радиолокационных систем // Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 186.
15. Добрынина Е. М., Малахов Р. Ю. Цифровой приемо-передающий модуль активной фазированной антенной решетки // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 209.
16. Активные фазированные антенные решетки / Под ред. Д. И. Воскресенского и А. И. Канащенкова. М. : Радиотехника, 2004. 488 с.
17. Thomas Kaiser, Andr'e Bourdoux, Holger Boche, Javier Rodr'iguez Fonollosa, Jørgen Bach Andersen, and Wolfgang Utschick – Smart Antennas. State of the Art, Hindawi Publishing Corporation, 2005.
18. Проблемы антенной техники / Под ред. Л. Д. Бахраха, Д. И. Воскресенского. М. : Радио и связь, 1989.
19. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов / Под ред. Д. И. Воскресенского. М. : Радиотехника, 2012. 744 с.
20. Слюсар В. И. Цифровое формирование луча в системах связи: Будущее рождается сегодня // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2001. № 1. С. 6–12.

УДК 537.521.7

СНИЖЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВБЛИЗИ ЭЛЕКТРОДОВ С ПОМОЩЬЮ КОНСТРУКТИВНЫХ ПРИЕМОВ

Е. М. Волокобинский

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

Снижения напряженности электрического поля вблизи электродов можно добиться с помощью конструктивных приемов. При сужении диэлектрика в центральной части на высоких частотах разряд у электродов не возникает. Сужение не должно быть чрезмерным, так как иначе увеличивается напряженность поля в средней части диэлектрика. Можно произвести углубление арматуры в диэлектрик; у арматуры можно создать выступы, направленные вдоль поверхности диэлектрика. Хорошие результаты можно получить, уменьшая площадь сечения диэлектрика в средней части и закрывая электроды защитным покрытием. Приводятся сведения о принципах конструирования, разработанных на кафедре.

напряженность электрического поля, конструктивные приемы, диэлектрик, разряд, электрод.

На кафедре радиосистем и обработки сигналов СПбГУТ была разработана методика расчета высоковольтных изделий, предназначенных для обработки сигналов [1].

Данная работа посвящена исследованию и совершенствованию методов конструирования, выбора рациональной формы и габаритов деталей для антенно-фидерных устройств, принятых для использования на практике при конструировании беспилотных аппаратов при разработке конструкций малогабаритных изделий, предназначенных для эксплуатации при пониженном атмосферном давлении.

Теоретические методы, разработанные на кафедре, применяются при использовании новых изоляционных материалов из различных диэлектриков, деталей с эпоксидной, стеклянной, полимерной и другого типа изоляцией. Детали, предназначенные для эксплуатации в воздушной среде, конструируются таким образом, чтобы не происходило поверхностного перекрытия в рабочих условиях при испытаниях. При небольших давлениях напряжение перекрытия примерно пропорционально атмосферному давлению. При пониженных давлениях с возрастанием расстояния между элек-

тродами и малых расстояниях между ними пробивное напряжение увеличивается пропорционально расстоянию, а при больших расстояниях изменяется несущественно.

На рис. 1 приведены кривые, изображающие зависимость напряжения перекрытия по поверхности диэлектрика от расстояния между электродами при разных атмосферных давлениях и постоянном напряжении на электродах.

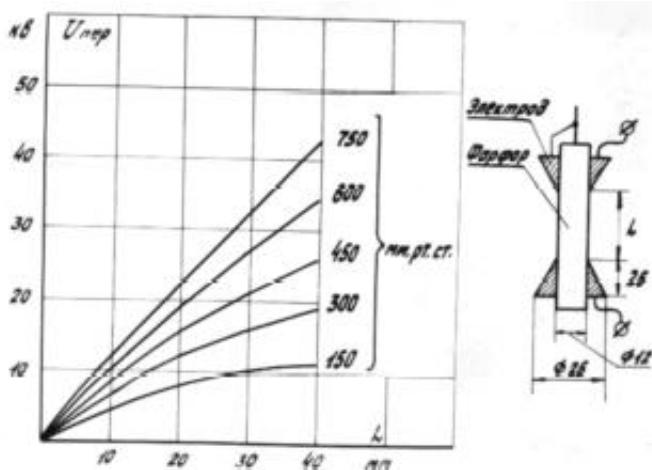


Рис. 1. Напряжение перекрытия по поверхности диэлектрика при разных атмосферных давлениях

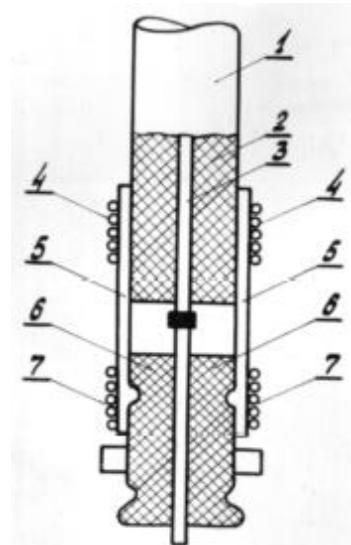


Рис. 2. Конструкция изолятора и локальной защиты на напряжении до 10 кВ:
1 – кабель; 2 и 3 – изоляция и жила кабеля; 4 и 7 – бандаж;
5 – локальная защита; 6 – изолатор

При пониженных давлениях нельзя заметно повысить напряжение перекрытия, увеличивая размеры основной детали (диэлектрика); в этих случаях для устранения поверхностного перекрытия конструктивно предлагаются применять локальные защиты, покрывающие диэлектрик и предотвращающие возможность разряда по поверхности при напряжениях порядка 10 кВ (рис. 2).

Для определения рациональной формы и размеров диэлектрика и локальной защиты проводились как теоретические, так и экспериментальные исследования.

Эксперименты показывают, что напряжение пробоя на постоянном токе между электродами, создающими неравномерное поле по поверхности соприкосновения диэлектрической пластины и элементов локальной защиты, возрастает с увеличением длины разрядного промежутка и давления локальной защиты на диэлектрик.

Можно дать следующее объяснение явлений, происходящих в сильных электрических полях на поверхностях соприкосновения диэлектриков (рис. 3).

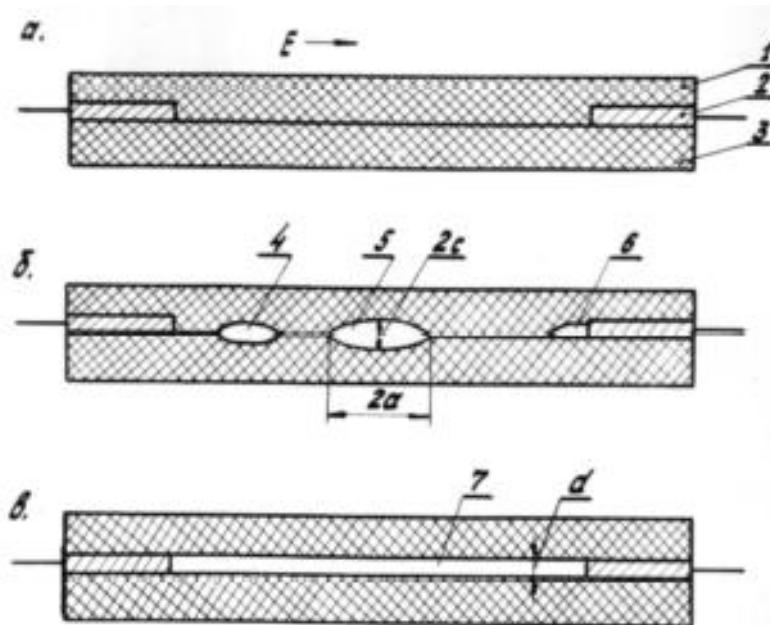


Рис. 3. К пробою по поверхности соприкосновения диэлектриков:
1 и 3 – эластичный и твердый диэлектрики; 2 – электрод; 4, 5, 6 и 7 – воздушные зазоры

Пусть вектор электрического поля E направлен вдоль поверхности соприкосновения (рис. 3). Можно представить три случая: идеальное соприкосновение диэлектриков (рис. 3 a), между диэлектриком и его локальной защитой в отдельных местах остаются небольшие зазоры (рис. 3 b), между диэлектриками имеется воздушный зазор (рис. 3 c). В случае идеального соприкосновения поверхность раздела не должна влиять на пробой: разряд развивается в одном из диэлектриков; напряжение пробоя определяется электрической прочностью этого диэлектрика, величиной разрядного промежутка и формой электродов. На практике идеальное соприкосновение получить не удается. На поверхности всегда остаются адсорбированные посторонние атомы, создаются поверхностные состояния, которые захватывают заряды, искажающие электрическое поле. В связи с этим пробой происходит вдоль поверхности раздела в одном из материалов, причем напряжение пробоя оказывается всего на 20–40 % ниже, чем в монолитном диэлектрике.

Хорошее сопротивление получается в случае прижима покрытия под высоким давлением (50 – 250 кг/см 2) к очищенной поверхности диэлектрика. Если между слоями имеется достаточно толстый воздушный зазор, то разряд в нем происходит также как в воздухе у поверхности диэлектрика. Если

же толщина зазора меньше наибольшего диаметра электронной лавины, то напряжение пробоя повышается.

Представляет интерес случай, когда имеются небольшие зазоры (рис. 3б) между диэлектриком и его локальной защитой. Эти зазоры заполнены воздухом и имеют случайные размеры, которые уменьшаются с увеличением давления покрытия на диэлектрик.

Для выяснения зависимости напряжения перекрытия $U_{\text{пер}}$ от длины разрядного промежутка l и величины давления P рассмотрим экспериментальный образец и полученные на нем результаты (рис. 4).

Пробой по поверхности происходит, если выполняются два условия: во-первых, напряженность электрического поля достаточно велика, чтобы началась ионизация газа во включениях; во-вторых, ионизация должна приводить к прорастанию канала разряда от одного электрода до другого. Конструктивные методы исследования процессов используются при окончательном формировании высокочастотных элементов аппаратуры при создании систем обработки сигналов.

Список используемых источников

1. Ястребов А. С. Применение компьютерного моделирования для исследования структуры неоднородных материалов, применяемых в технике связи // Труды учебных заведений связи. 1997. № 163.

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

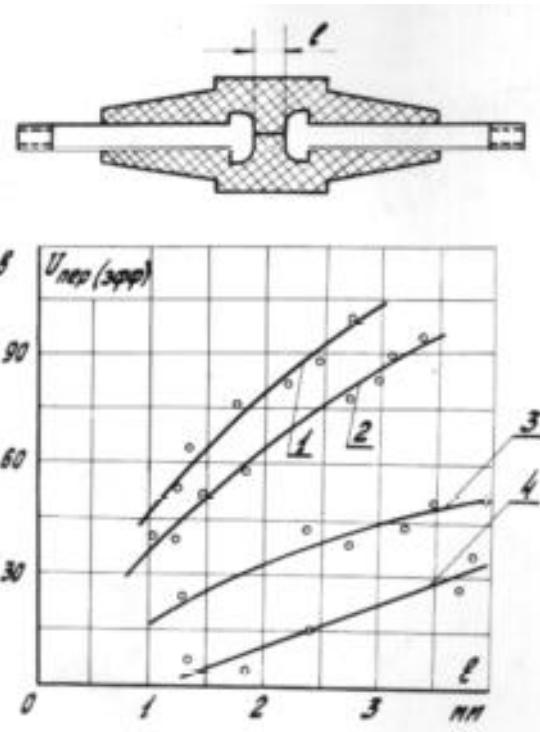


Рис.4. К перекрытию по поверхности образцов диэлектрика: 1 – пробой монолитного образца; 2, 3 и 4 – перекрытие по поверхности различным образом обработанных образцов

УДК 654.165

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Р. В. Глазков

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

В статье предложен метод повышения энергоэффективности гетерогенных сетей мобильной связи, за счет одновременного использования стимулирующего баланса абонентской нагрузки, перераспределения ресурсов макробазовой станции, а также использования стратегий переключения режимов работы фемто сот.

гетерогенные сети, фемтосоты, энергоэффективность, баланс нагрузки, режимы работы базовых станций.

В последнее десятилетие индустрия телекоммуникаций развивается ускоренными темпами и проходит очередной эволюционный виток – переход от так называемых технологий четвертого поколения (4G) к технологиям пятого поколения (5G). Одним из важнейших направлений в развитии сетей пятого поколения стали гетерогенные сети, состоящие из территориально-разделенных областей покрытия радиосвязи, называемыми макро, микро, пико и фемто сотами. Данные сети особенно часто используются для сверхплотных зон покрытия, таких как спортивные стадионы, места массового скопления людей, торговые центры, крупные транспортные узлы и т. д. Исследования показывают, что беспроводной трафик данных вырастет более чем на 600 % к 2020 г., а, следовательно, производительность подобных сетей является важным фактором обеспечения требуемого качества сервиса (QoS) [1].

В настоящее время требования к энергопотреблению становятся все более и более жесткими, а исследования не всегда являются комплексными. При этом стандартизующие организации ставят одной из важнейших целей сетей мобильной связи следующих поколений – экологичность и максимальную энергоэффективность. В целях сокращения потребления энергии было создано несколько проектов, таких как Energy Aware Radio and Network Technologies (EARTH), целью которых является достижение сокращения общего энергопотребления широкополосных сетей радиодоступа на 50 % [2]. Таким образом тема проработки механизма обеспечения энергоэффективности в гетерогенных сетях мобильной связи при одновременном использовании алгоритмов баланса абонентской нагрузки, перераспределении ресурсов радиоканала между макро и фемто сотами, а также

стратегий переключения режимов работы фемто базовых станций (БС), от частичного перехода в режим пониженного энергопотребления вплоть до полного отключения, а также при использовании механизмов позиционирования [3] и управления сетью [4] является актуальной.

В данной статье основной целью является разработка метода повышения энергоэффективности в плотных небольших гетерогенных сетях, а также обеспечении комплексного подхода к проблеме и разработке алгоритма повышения энергоэффективности, совмещенного с перераспределением абонентской нагрузки и ресурсов сети.

В рамках работы над статьей переиспользуется модель гетерогенной сети мобильной связи (рис. 1), созданная в системе MATLAB для работы над исследованием [5].

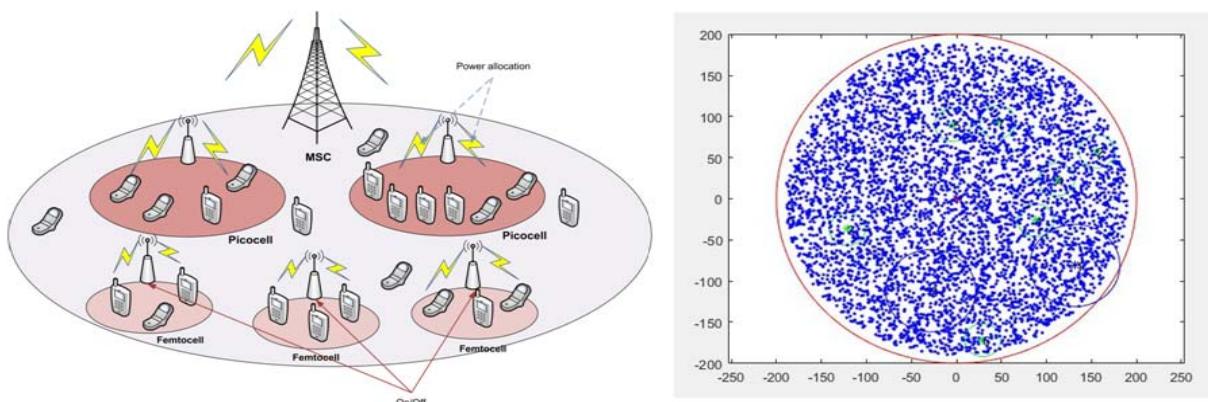


Рис. 1. Обобщенная схема сети, используемой в модели и результат моделирования

Основное внимание в нашей работе уделяется обеспечению энергоэффективности, то есть максимизации пропускной способности сети и снижению энергопотребления. В математической форме данная задача выражается формулой:

$$\max EE_k^n(\lambda) = \frac{R \uparrow}{P \downarrow},$$

где R – общая пропускная способность сети, а P – общее энергопотребление.

Особенности работы аппаратного обеспечения базовых станций имеют большое значение при разработке режимов работы БС, и могут позволить реализовать отключение определенных аппаратных компонентов в условиях низкого трафика на базовой станции. В аппаратной модели БС рассматривается программируемая пользователем вентильная матрицу (FPGA) и некоторые другие интегрированные схемы для реализации множества функций, таких как шифрование данных, аппаратная аутентификация и протокол сетевого времени (NTP). Радиокомпонент в FPGA действует как интерфейс между микропроцессором и радиочастотным (RF) приемопередатчиком. Хотя это не так экономично с точки зрения энергоэффективности,

существование FPGA в аппаратной модели может обеспечить необходимую гибкость для интеграции проприетарных решений в аппаратуру с малыми сотами. Компонент активного охлаждения не включен в аппаратную модель, поскольку текущее оборудование фемто сот предназначено для охлаждения естественной конвекцией, и в рамках данной работы мы предполагаем, что это будет нормой для большинства небольших устройств в ближайшем будущем. Для передачи и приема данных есть отдельные приемопередающие компоненты, каждый из которых потребляет определенное количество энергии. Усилитель мощности радиочастоты (РА) присутствует для передачи сигнала большой мощности в передающей антенне. Основываясь на описанной выше аппаратной модели, потребляемая мощность P для малой соты ячейки (в Вт) рассчитывается:

$$P = P_{\mu\rho} + P_{trans} + P_{PA} + P_{FPGA},$$

где $P_{\mu\rho}$, P_{trans} , P_{PA} и P_{FPGA} значениями потребляемой мощности микропроцессоров, передатчика, усилителя (РА) и FPGA соответственно.

На основе модели энергопотребления для фемто базовых станций используются режимы активной работы, ожидания и полного выключения, соответственно в данном случае учитываются три категории энергопотребления:

Активный режим (*on*) – полнофункциональная сотовая сеть с максимальным энергопотреблением:

$$P_{on} = P_{\mu\rho} + P_{trans} + P_{PA} + P_{FPGA}.$$

Режим сна (*standby*) – отключены радиомодуль и блок обработки радиосигналов – БС может легко вернуться в активный режим:

$$P_{standby} = P_{\mu\rho} + P_{FPGA}.$$

Полностью неактивный режим (*off*) – БС выключена:

$$P_{off} = 0.$$

Цель использования разных режимов работы БС - максимизировать использование БС для обслуживания активных пользователей в рамках стратегии оптимизации энергопотребления. Стратегия в данном случае применяется только к фемтосотам, где методы балансировки нагрузки эффективны для не полностью загруженных сот, имеющих общее покрытие с другими фемто сотами. В рамках работы стратегии, некоторые из фемто сот будут полностью или частично отключены, а их абоненты будут обслуживаться соседними БС.

Вычислительная сложность получения оптимального решения повышения энергоэффективности для гетерогенной сотовой сети достаточно высока. Мы разделяем задачу оптимизации на три подпункта, чтобы уменьшить вычислительную сложность: предварительное перераспределение

абонентов, стимулирующее перераспределение ресурсов (повторная ассоциация абонентских терминалов с сотами с наилучшей производительностью и одновременное перераспределение ресурсов макро БС на эти фемто соты) и стратегия включения/выключения базовых станций, повышающая эффективность использования энергии всей гетерогенной сотовой сети. Разработанный алгоритм представлен на рис. 2.

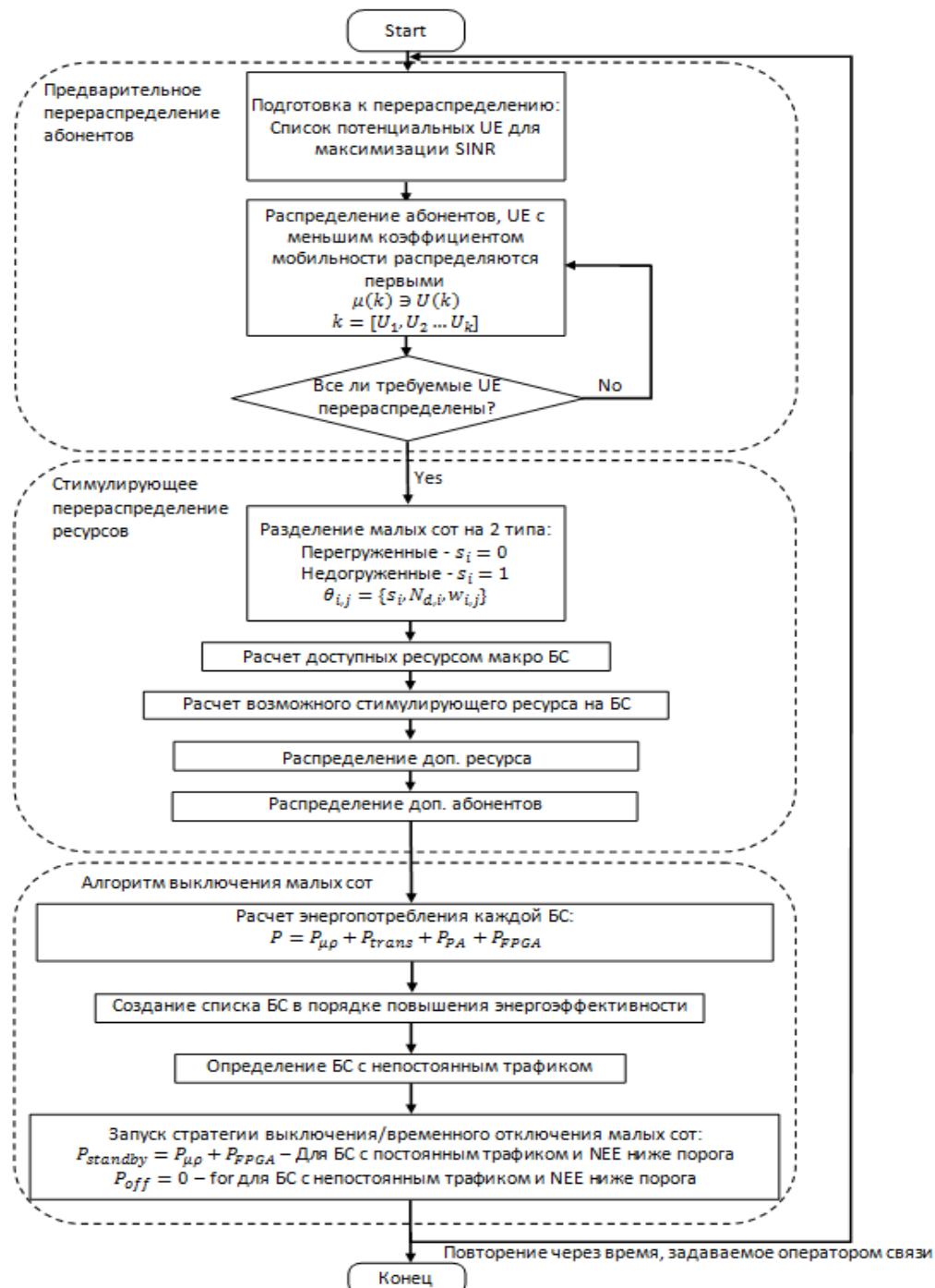


Рис. 2. Разработанный алгоритм повышения энергоэффективности

В результате моделирования было показано, что распределение ресурсов макро сот фемто сотам с при одновременном стимулирующем перераспределении абонентов позволяет повысить энергоэффективность, не перегружая при этом сеть. Результаты моделирования сети с использованием различных алгоритмов приведены на рис. 3. Тестирование модели показало повышение суммарной энергоэффективности гетерогенной сети мобильной при одновременном использовании стимулирующего перераспределения ресурсов макро базовой станции и комбинированной стратегии полного или частичного отключения фемто БС. Будут проводиться дальнейшие исследования для выявления возможности внедрения представленных алгоритмов.

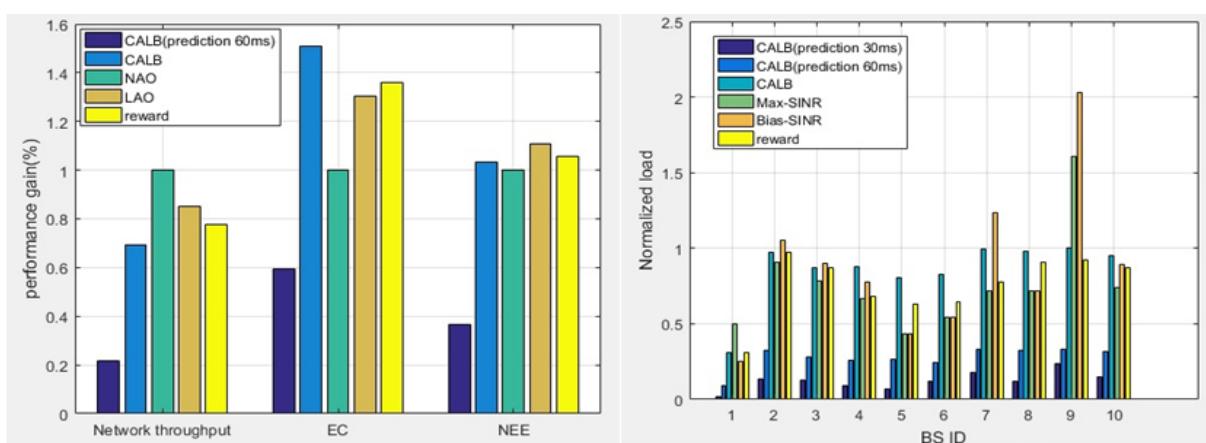


Рис. 3. Производительность сети и нагрузка на базовые станции при использовании различных алгоритмов

Список используемых источников

1. Hoydis J., Kobayashi M., and Debbah M. Green small-cell networks // IEEE Veh. Technol. Mag., 2011, vol. 6, no. 1. PP. 37–43.
2. Mesodiakaki A., Adelantado F., Antonopoulos A., Kartsakli E., Alonso L., and Verikoukis C. Energy impact of outdoor small cell backhaul in green heterogeneous networks // IEEE CAMAD 2014, IEEE, DOI: 10.13140/2.1.3618.0162.
3. Киреев А. В., Фокин Г. А. Оценка точности локального позиционирования устройств с помощью радиокарт и инерциальной навигационной системы // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 4. С. 54–62.
4. Фокин Г. А. Управление самоорганизующимися пакетными радиосетями на основе радиостанций с направленными антennами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 / Фокин Григорий Алексеевич. Санкт-Петербург, 2009. 17 с.
5. Xiaoge Huang, Zhifang Zhang, Weipeng Dai, Qiong Huang, Qianbin Chen, Energy-Efficient Femtocells Active/Idle Control and Load Balancing in Heterogeneous Networks // Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering book series (LNICST, volume 210), 2017.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук профессором О. В. Воробьевым.

УДК 004.93

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

А. А. Гоголь, П. И. Синеоков

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

Описаны некоторые рекомендации к устройствам виртуальной реальности. Проведено поверхностное сравнение VR устройств и их особенностей с последующим рассмотрением их актуальности. Указаны важные составляющие качества восприятия в современных устройствах виртуальной реальности.

виртуальная реальность, вергенция, аккомодация, технология NE-LF.

Разберем несколько существующих рекомендаций для изображения виртуальной реальности. За каждой из них «стоит» определенным образом сконструированное устройство. Самое распространенное на сегодняшний день, упрощенно выглядит так (рис. 1, см. ниже), и включает в себя систему трекинга (например, используется акселерометр или гироскоп), один дисплей (или два, для каждого глаза) и линзы. Популярен он по причине простоты своей конструкции и способов создания контента для него. А соответственно популярны и рекомендации, по которым сконструировано данное устройство. Качество восприятия картинки зависит от разрешения дисплея и частоты его обновления (чем выше – тем качественней). Здесь идет речь только о визуальной составляющей и не учитывается восприятие вестибулярным аппаратом. Сейчас распространены шлемы с разрешением экрана 2160×1200 (или 1080×1200 для каждого глаза), углом обзора в 110° и частотой обновления 90 Гц [1]. К сожалению, данные рекомендации не решают конфликта между вергенцией (одновременное движение обоих глаз в противоположных направлениях) и аккомодацией глаз (фокусирование на объекте) и проблемы с вестибулярным аппаратом, а именно с внутренним ухом. И при длительном использовании шлема виртуальной реальности (VR), приводят к возникновению симптомов морской болезни [2].

Конфликт вергенции-аккомодации решён в устройстве, предложенном компанией NVIDIA [3]. В их VR шлеме реализована технология NE-LF (*Near-Eye Light Field*). Суть этой технологии заключается в двух жидко-

криスタллических дисплеях (LCD) установленных друг за другом. Изображение на них имеет разные области фокусировки или фокальные плоскости и образует единое световое поле (*light field*) (Рис. 2).

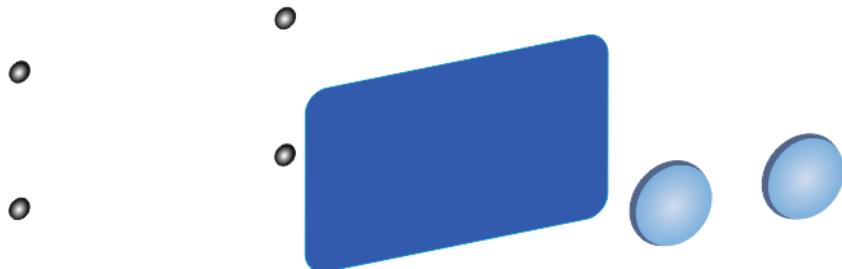


Рис. 1. Упрощенная модель шлема виртуальной реальности.
Слева на право: датчики, дисплей, линзы



Рис. 2. Пример изображения полученного с помощью технологии NE-LF.
Слева на право: изображение на фронтальном дисплее, изображение на тыльном дисплее, финальное изображение с фокусом на переднем плане

Не развитость рекомендации к шлему NVIDIA проявляется в малом количестве контента и не отложенном алгоритме его создания.

На данный момент времени некоторые устройства, позволяющие запечатлеть изображение (смартфоны, фотокамеры) обладают функцией (или имеют возможность установки программного обеспечения, отвечающего за это [4]) выборочного автофокуса (*selective focus*). Но данная функция применяма чаще всего к статичному изображению. Есть два основных способа получить изображение с селективным фокусом. Первый, реализуется на устройстве – фотокамере или смартфоне. Второй на этапе постобработки изображения, но картинка, получаемая таким способом, менее естественна. Для видео пока, применим только второй способ.

Изображение-«заготовка» для выборочного автофокуса может использоваться в контенте для шлема NVIDIA. Так как имеет в себе изображения с разными зонами чёткости.

По схожему пути с NVIDIA пошла компания Oculus [5]. Но вместо одного из дисплеев используется пространственный модулятор света (ПМС). Который моделирует фазу светового пучка. Таким образом появляется «глубина» виртуального пространства и человек может фокусироваться на любом объекте. Данная разработка является логическим продолжением той, что предложила NVIDIA, но более ресурсно-затратная.

Из вышеизложенного «вытекает», что второй способ получения VR контента, несмотря на свою комфортность для восприятия, находится на начальной стадии разработки. Но имеет перспективы.

Имеется еще один способ решения конфликта вергенции-аккомодации: использовать в шлеме виртуальной реальности оборудование, отслеживающее движения глаз (*eye tracker*). Но данный способ и соответствующие ему условные рекомендации недостаточно развиты, чтобы брать их во внимание.

Заключение

Исходя из того, что нам стало известно о проблемах, можно с уверенностью заявить, что устройства виртуальной реальности нуждаются в рекомендациях к оценке качества восприятия, которые учитывали бы вергенцию и аккомодацию наших глаз. И позволяли бы использовать меньше мощностей вычислительных машин.

Безусловно, фокусирование на объектах определенным образом расширяет степень свободы виртуального пространства. И улучшает некоторые составляющие восприятия. Именно поэтому данная возможность в виртуальной реальности должна учитываться при оценке качества.

Список используемых источников

1. <https://www.vive.com/ru/product/>
2. <https://static.oculus.com/documents/gear-vr-health-and-safety-warnings-ru.pdf>
3. Douglas Lanman, David Luebk. Near-Eye Light Field Displays // ACM Transactions on Graphics (TOG), Volume 32 Issue 6, November 2013 (Proceedings of SIGGRAPH Asia). URL: <http://research.nvidia.com/publication/near-eye-light-field-displays-0>
4. Carlos Hernández. Lens Blur in the new Google Camera app // Wednesday, April 16, 2014. URL: <https://research.googleblog.com/2014/04/lens-blur-in-new-google-camera-app.html>
5. Focal Surface Display. URL: <https://www.oculus.com/blog/oculus-research-to-present-focal-surface-display-discovery-at-siggraph/>

УДК 621.396

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ДОПЛЕРОВСКОЙ РЛС

О. С. Голод, Н. С. Мочалкин

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

В статье рассмотрен разработанный и реализованный в учебных целях метод физического моделирования относительного движения поверхности, рассеивающей радиоволны, и РЛС, способ моделирования требуемой ширины и пространственного расположения диаграммы направленности антенны доплеровской РЛС, а также рассеивающих свойств движущейся поверхности при использовании серийной доплеровской РЛС типа «Искра 1». Получены необходимые соотношения для пересчета эквивалентных параметров моделируемой РЛС по геометрическим характеристикам модели. Приведены результаты измерений спектров и одномерного закона распределения мгновенных значений доплеровского сигнала, подтвердившие адекватность модели реальным процессам. Указанные измерения выполнялись с использованием блока осциллографического цифрового BORDO-211.

случайный сигнал, скорость, плотность вероятности, спектр, доплеровская система.

В настоящее время практическое использование доплеровских систем с непрерывным излучением простирается от медицины до космической техники [1]. Задачи, решаемые такими системами можно разделить на две категории: задачи определения скорости внешних объектов и задача определения собственной скорости движения носителя РЛС относительно земной или водной поверхности. Во втором случае антенна РЛС должна иметь узкую диаграмму направленности, ориентированную под острым углом к рассеивающей земной или водной поверхности [2, 3]. Поскольку моделирование осуществлялось с использованием серийной доплеровской РЛС типа «ИСКРА-1», имеющей диаграмму направленности шириной 20 градусов, то физическое моделирование собственного движения носителя РЛС включало решение следующих задач: как моделировать движение рассеивающей поверхности под лучом доплеровского измерителя собственной скорости (ДИС), как имитировать требуемую ширину одного луча (4–7°) диаграммы направленности ДИС при реальной ширине диаграммы РЛС «ИСКРА-1», как моделировать дискретный характер рассеяния движущейся поверхности.

Движение рассеивающей поверхности под лучом ДИС можно моделировать посредством движущейся ленты (типа транспортера) с приводом от электродвигателя с регулируемой скоростью вращения. Однако такой

способ трудно реализуем. Более простым в реализации является использование вращающегося диска, на плоскую поверхность которого направлен луч РЛС «ИСКРА-1» рис. 1. Линейная скорость W поверхности диска определяется соотношением:

$$W = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30} [m/c],$$

где n – число оборотов диска в минуту, R – отстояние рассеивающей части поверхности диска от оси вращения.



Рис. 1. Общий вид модели

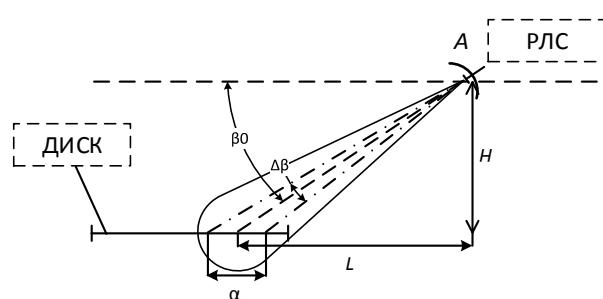


Рис. 2. Геометрическая интерпретация задачи

Для моделирования требуемой ширины ($4\text{--}7^\circ$) диаграммы направленности ДИС вращающийся диск был накрыт металлическим экраном, в котором на удалении от оси вращения диска на расстоянии $R = 15,7$ см было вырезано окно с размером « $\alpha = 4$ см» в продольном направлении и « $b = 2$ см» – в радиальном направлении. РЛС «ИСКРА-1» располагается на штативе. Антенна РЛС направлена на вырезанное в экране окно, превышение антенны H над движущейся поверхностью $H = 25$ см (рис. 2), здесь A – точка установки антенны РЛС, H – превышение антенны над движущейся поверхностью, α – продольный размер окна в экране, β_0 – угол наклона моделируемого луча ДИС относительно горизонта, $\Delta\beta$ – ширина луча моделируемой диаграммы направленности ДИС, L – горизонтальная проекция расстояния антенны РЛС до середины рассеивающей поверхности диска.

Из геометрических построений можно получить:

$$\beta_0 = \arctg\left(\frac{H}{L}\right),$$

$$\Delta\beta \cong \frac{\alpha \cdot \sin^2(\beta_0)}{H}.$$

При этом величина доплеровской F_d частоты определяется как:

$$F_d = \frac{\pi}{15 \cdot \lambda} \cdot R \cdot n \cdot \cos(\beta_0) , \quad (2)$$

где λ – длина волны РЛС.

На рис. 3 показана связь эквивалентной ширины $\Delta\beta$ диаграммы направленности моделируемой антенны ДИС и угла наклона β_0 моделируемой антенны. При изменении L одновременно будет меняться и угол β_0 наклона эквивалентного луча ДИС и эквивалентная ширина $\Delta\beta$ диаграммы направленности. В моделирующей установке $a = 4$ см, $H = 25$ см, следовательно, при моделировании изменения угла наклона β_0 луча в пределах, используемых в практических ДИС $45^{\circ}\div 65^{\circ}$ моделируемая ширина луча $\Delta\beta$ будет также изменяться в пределах от $4^{\circ}30'$ до $7^{\circ}30'$. При необходимости сохранения неизменной ширины $\Delta\beta$ луча, как это имеет место в реальных ДИС, следует при увеличении угла β_0 , соответственно уменьшать продольный размер « α » окна, закрывая его металлической пластинкой. Для моделирования дискретного характера рассеивания радиоволн на земной или водной поверхности диск был выполнен из радиопрозрачного материала, на который были приклеены металлические опилки.

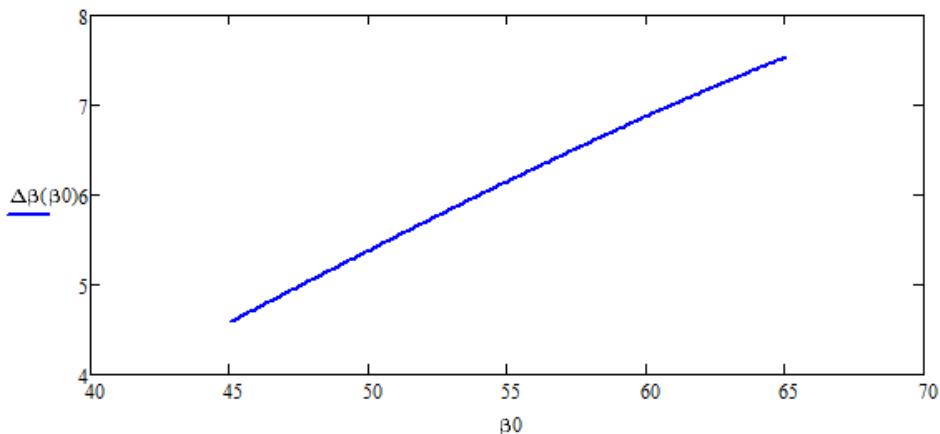


Рис. 3. Зависимость ширины диаграммы направленности эквивалентного ДИС от угла наклона луча

Для моделирования зависимости доплеровской частоты F_d от скорости W движения ДИС необходимо изменять скорость вращения n диска, при этом величина n измерялась фототахометром марки DT2234B, эквивалентная скорость движения ДИС рассчитывалась по формуле (2).

Изменения доплеровского сигнала на выходе РЛС «Искра – 1», соответствующие изменениям параметров сигнала на выходе эквивалентного ДИС, наблюдались и измерялись посредством цифровой осциллографической платы типа BORDO-211. Осцилограмма сигнала представлена на рис. 4, она имеет характерный вид узкополосного гауссова шума.

При этом регистрировались спектр и закон распределения мгновенных значений сигналов (см. соответственно рис. 5 и рис. 6) на выходе приемного тракта РЛС при различных положениях луча и скорости W движения эквивалентного ДИС.

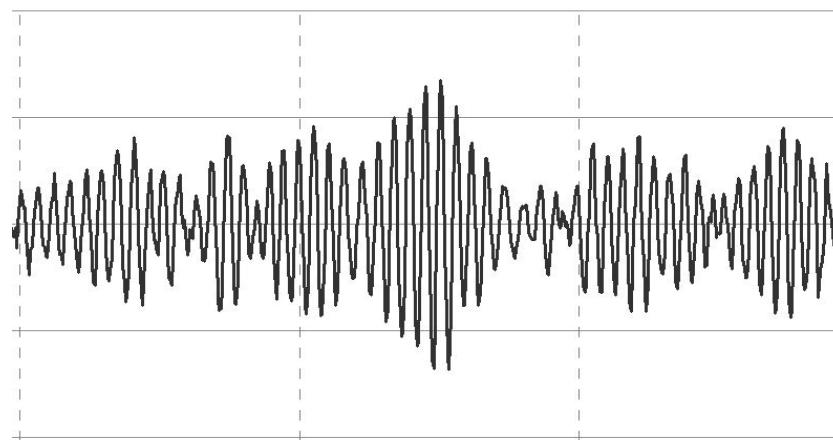


Рис. 4. Осциллографмма сигнала ДИС

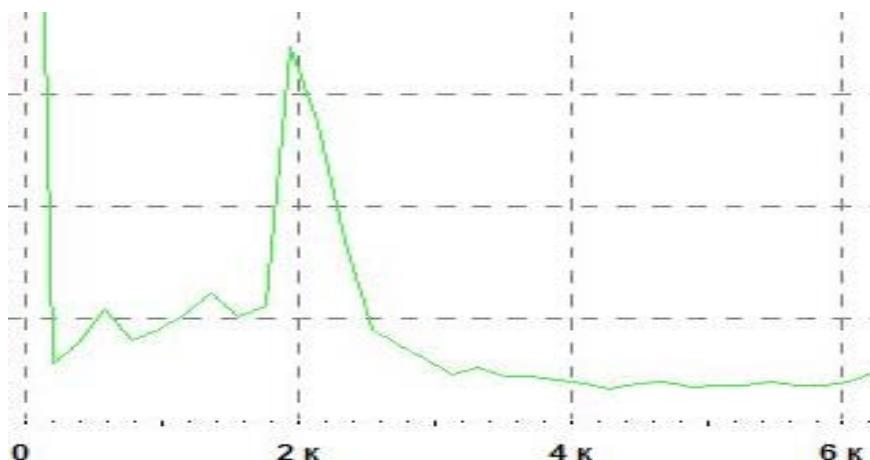


Рис. 5. Спектр сигнала

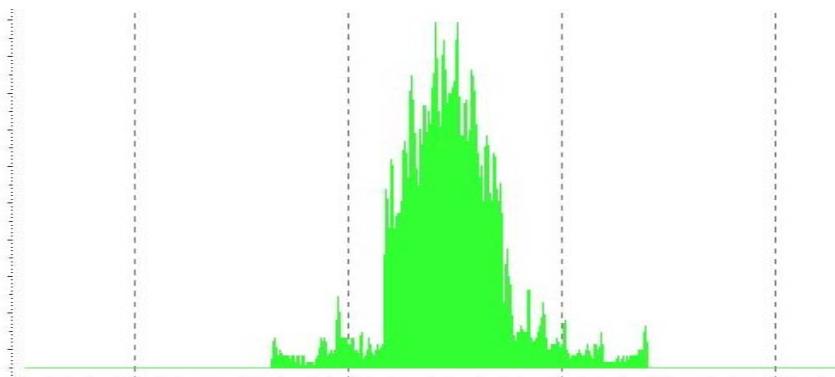


Рис. 6. Распределение мгновенных значений доплеровского сигнала

Максимум спектральной плотности доплеровского сигнала соответствует величине скорости, рассчитанной по формуле (2), распределение мгновенных значений доплеровского сигнала близко к нормальному закону с нулевым математическим ожиданием, что хорошо согласуется с осциллограммой (рис. 4). Приведенные результаты измерений подтверждают адекватность физической модели реальным процессам в ДИС при измерении собственной скорости движения носителя ДИС над земной или водной поверхностью. Рассмотренная моделирующая установка внедрена в учебный процесс на кафедре РОС.

Список используемых источников

1. Васин В. В. Методы измерения координат и радиальной скорости объектов в радиотехнических измерительных системах. Конспект лекций. М. : МИЭМ, 1975.
2. Бакулов П. А. Радиолокационные системы : учебник для ВУЗов. М. : Радиотехника, 2004. 323 с.
3. Казаринов Ю. М. [и др.] Радиотехнические системы: учебник для вузов / Под ред. Ю. М. Казаринова. М. : Академия, 2008. 590 с.

УДК 621.396.677.4

ПРИМЕНЕНИЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АНТЕННЫХ ПОЛЕЙ ПЕРЕДАЮЩИХ РАДИОЦЕНТРОВ КВ ДИАПАЗОНА

В. М. Голубев, В. Д. Пашкевич

Открытое акционерное общество «Научно-технический институт «Радиосвязь»

В статье рассмотрены основные типы существующих передающих антенн коротковолнового диапазона, которые в настоящее время широко используются на стационарных передающих радиоцентрах. Предлагается концепция построения антенных полей из унифицированных широкополосных логопериодических излучателей и разработанных на их основе АФАР, позволяющая сократить количество антенн и площадь антенного поля передающего радиоцентра.

логопериодическая антенна, диаграмма направленности, фазированная антенная решетка, коэффициент усиления, коэффициент стоячей волны.

Существующие в настоящее время на передающих радиоцентрах направленные антенны коротковолнового диапазона предназначены для обслуживания трасс различной протяжённости:

- короткие трассы, протяжённость до 800 км;
- средние, 800–3000 км;
- дальние, свыше 3000 км.

Для обслуживания коротких трасс используются антенны зенитного или около зенитного излучения, формирующие диаграммы направленности в вертикальной плоскости под углами места 45–90°. В настоящее время для этих целей используются морально и физически устаревшие антенны на основе объемных симметричных вибраторов типов ВГДШ, УГДШ [1] и т. д. Главными недостатками таких антенн являются низкий коэффициент усиления (КУ), составляющий величину в зависимости от частоты и угла места не более 5 дБи и относительная узкополосность с коэффициентом перекрытия по частоте не более 3. Таким образом, для перекрытия диапазона частот, используемого на ближних радиотрассах, необходимо применять не менее трех типоразмеров таких антенн для обеспечения работы одного радиоканала.

Взамен антенн типа ВГДШ нами предлагается логопериодическая антenna зенитного излучения ЛПГ 150/15, идея создания которой состоит в том, что, подбрав низкие значения параметров логопериодической структуры – знаменателя геометрической прогрессии τ и относительного расстояния между вибраторами σ мы получили antennу с относительно коротким полотном и широкой диаграммой направленности в вертикальной плоскости. Отражение от земной поверхности при выбранной высоте подвеса позволяет получить преимущественное излучение под углами места 45–90°.

Для подтверждения целесообразности применения антennы ЛПГ 150/15 в качестве антennы ближней связи, характеристики ее электродинамической модели сравнивались с характеристиками моделей антenn ВГДШ трех основных типоразмеров (ВГДШ 25/25*2 диапазона 2–6 МГц, ВГДШ 12,5/15*2 диапазона 4–12 МГц и ВГДШ 8/10*1 диапазона 6–18 МГц). Расчеты были выполнены с помощью пакета программ NEC2dX v. 5.8.1., в которой предусмотрена возможность использования метода Зоммерфельда-Нортонна, позволяющего учитывать влияние реальной земли на характеристики излучения антennы. На рис. 1 представлены расчетные модели антenn.

Результаты сравнительных расчётов характеристик излучения указанных антenn показали:

- значение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) для антennы ЛПГ 150/15 составляет менее 3-х в диапазоне от 2 до 20 МГц, для ВГДШ трех типоразмеров – менее 4,5 в каждой частотном диапазоне;

- диаграмма направленности (ДН) ЛПГ 150/15 стабильна в двух плоскостях в десятикратном диапазоне частот при максимуме излучения, ориентированном под углами места 45–90°, а антenna типа ВГДШ имеет преобладающее излучение в угломестном секторе 45–90° только примерно в двухкратном диапазоне частот;
- коэффициент усиления в диапазоне 2–20 МГц составил для ЛПГ 150/15 величину от 7 до 9 дБи, а для ВГДШ лишь 4–6 дБи.

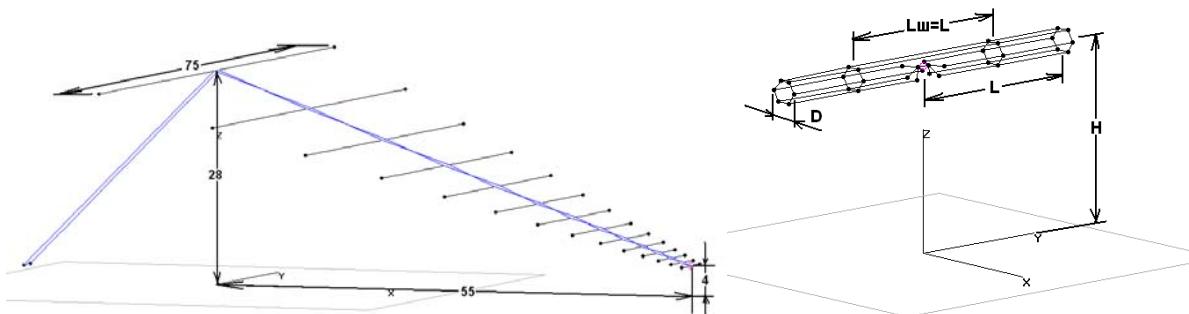


Рис. 1. Геометрия расчетных моделей антенн ЛПГ 150/15 и ВГДШ

Следует отметить, что указанные недостатки антенны ВГДШ будут свойственны любым симметричным излучателям и с горизонтальными и с наклонными плечами, т. к. вид диаграммы направленности в вертикальной плоскости определяется электрическим расстоянием от фазового центра излучателя до поверхности земли. При высоте подвеса излучателя больше чем $0,4\lambda$ излучение в зенит сильно ослабляется за счет суперпозиции прямой и отраженной волн, а уменьшение высоты подвеса ниже $0,15\lambda$ приводит к недопустимому ухудшению уровня согласования.

Широко распространенными антennами для трасс средней протяженности являются двойные ромбические антенны (РГД) [1], которые принадлежат к классу антенн бегущей волны. Антенны РГД обладают следующими недостатками:

- коэффициент перекрытия по частоте не более 2,5;
- с ростом частоты диаграмма направленности в азимутальной и угломестной плоскостях сильно сужается, что отрицательно сказывается на секторе обслуживания;
- конструкция антенны сложна и громоздка.

Достоинством ромбической антенны является высокий коэффициент усиления, достигающий 15–16 дБи.

На средних трассах также применяется классическая логопериодическая антenna с плоским наклонным полотном (рис. 2). Для её установки на поле требуется не менее шести мачт. С целью уменьшения затрат на изготовление и обслуживание была разработана конструкция антенны изогну-

той формы (ЛПГИ), позволяющая обойтись одной мачтой в середине структуры и одной стойкой у точки питания. Такая антенна имеет электрические характеристики, не уступающие характеристикам классической ЛПА. Расчетный КУ антенны ЛГПИ равен 9–11 дБи под углами места 15–25°. По результатам испытаний антенна ЛПГИ имеет КСВН не более 2 в питающем фидере с волновым сопротивлением 300 Ом в диапазоне 2–30 МГц.

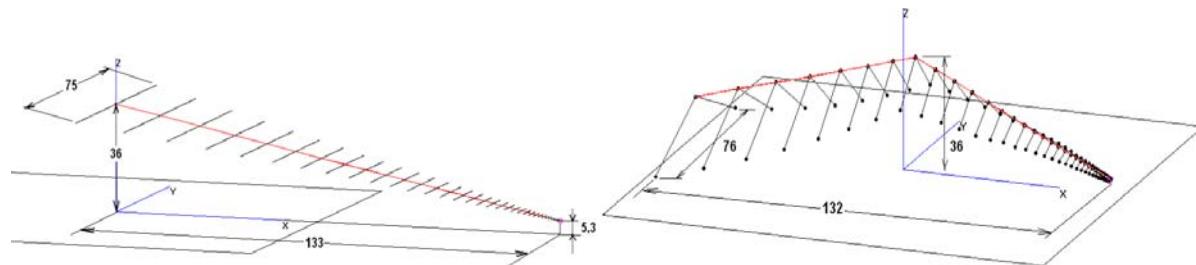


Рис. 2. Геометрия классической антенны ЛПА и изогнутой антенны ЛПГИ

Для обслуживания магистральных трасс широкое применение на передающих радиоцентрах получили синфазные горизонтальные диапазонные антенны с апериодическим рефлектором. Отличительная особенность этих антенн – создание прижатой к земле узкой, вплоть до единиц градусов по уровню половинной мощности диаграммы, обладающей высокой направленностью с коэффициентом усиления достигающим 17–18 дБи. Однако конструкция таких антенн очень сложна и дорога, при возведении такой конструкции предполагается задействование нескольких стационарных башенных опор высотами до 80 метров, кроме того известные антенны с типоразмерами СГД4/4РА, СГД4/8РА, СГД8/8РА, СГД 8/16РА [2] обладают всего лишь двухкратным перекрытием по частоте.

Перспективным направлением развития антенн для магистральных линий связи представляется создание активных фазированных антенных решеток (АФАР), выполняемых на базе логопериодических антенн изогнутой формы. Предлагается двухэлементная антenna решетка из антенн ЛПГИ (рис. 3), имеющая два режима работы. Основной режим – антенны из состава ФАР работают автономно. При этом существует возможность одновременной работы двух независимых радиоканалов в азимутальном секторе равном ширине ДН одиночной антенны ЛГПИ. Второй режим – это пространственное сложение мощности (ПСМ) двух радиопередатчиков в режиме фазирования, что позволяет организовать в заданном направлении один радиоканал, но с учетоменной эффективной изотропно-излучаемой мощностью.

На трассах большой протяженности (3000–6000 км), могут быть использованы четырехэлементные решетки с КУ 13–16 дБи (рис. 4), а для ма-

гистральных радиолиний протяженностями свыше 5000 км – восьмиэлементные двухэтажные конструкции с КУ 15–20 дБи (рис. 5), выполненные на базе плоских логопериодических антенн.

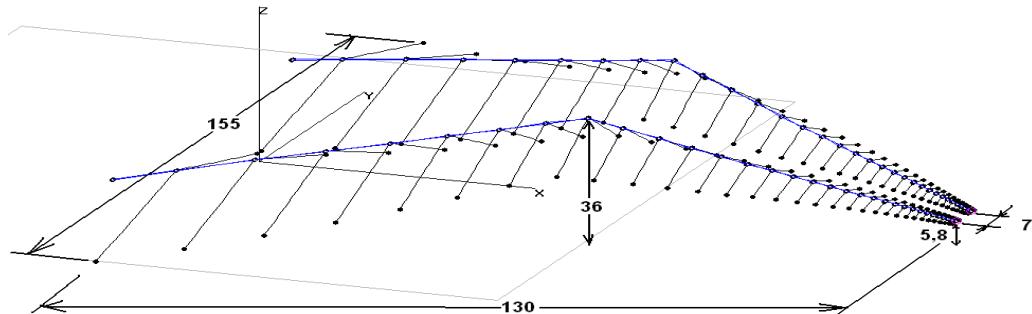


Рис. 3. Двухэлементная ФАР на базе антенн ЛПГИ

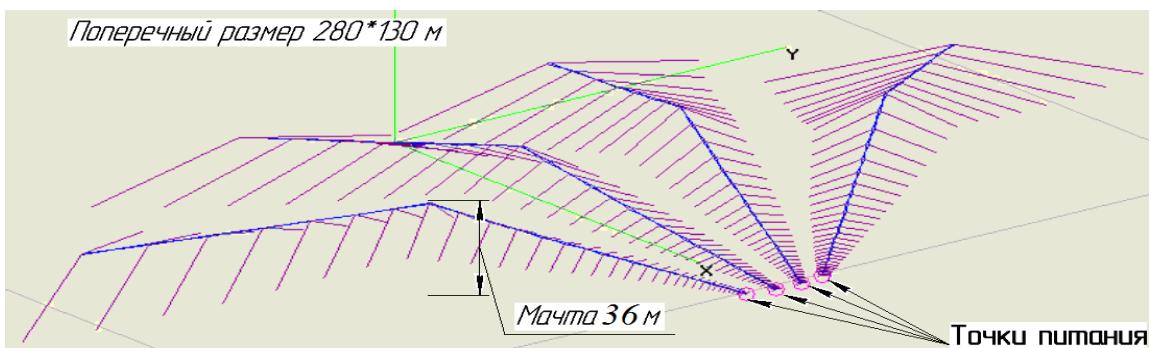


Рис. 4. Четырехэлементная ФАР на базе антенн ЛПГИ

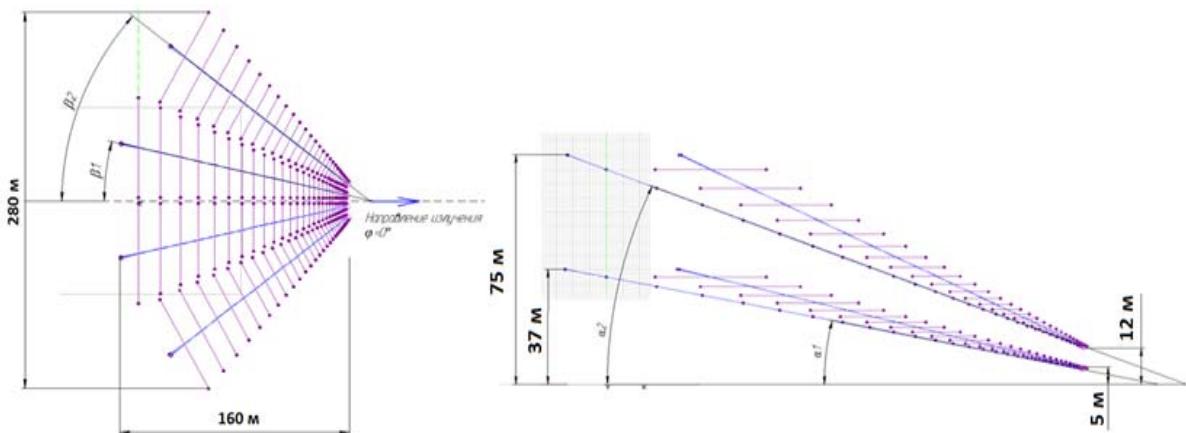


Рис. 5. Восьмиэлементная двухэтажная ФАР на базе плоских ЛПА

Разнесение четырех элементов в горизонтальной плоскости позволяет обеспечить сектор сканирования максимума главного лепестка в плоскости ϕ от минус тридцати до плюс тридцати градусов.

Применение на передающих радиоцентрах антенных систем на базе унифицированных широкополосных логопериодических излучателей позволит достичь:

- сокращения количества типоразмеров антенно-фидерных устройств для перекрытия всего рабочего диапазона;
- упрощения и удешевления конструкций АФУ за счет сокращения количества опорных мачт и занимаемых площадей без потери энергетических характеристик в сравнении с существующими;
- возможности эффективного использования логопериодических антенн в качестве излучателей АФАР для повышения энергопотенциала радиолинии и достижения возможности управления максимумом лепестка диаграммы с целью расширения зоны обслуживания.

Список используемых источников

1. Айзенберг Г. З., Белоусов С. П., Журбенко Э. М. Коротковолновые антенны / под ред. Г. З. Айзенберга. М. : Радио и связь, 1985. 535 с.
2. Проведение научно-исследовательских работ в области обеспечения надежной и бесперебойной передачи информации по безопасности мореплавания на трассах северного морского пути. Модернизации коротковолнового радиоцентра морских районов ГМССБ А3, А4 (2 этап): отчет о НИР / Русин С. В., Пашкевич В. Д., Мешалкин В. А. СПб. : ОАО «НТИ «Радиосвязь», 2013. 228 с.

УДК 621.389

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЭС

И. А. Горобцов, Д. И. Кирик

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

Рассматриваются особенности использования микроконтроллеров и отладочных средств компании STMicroelectronics при проектировании РЭА. Описана архитектура микроконтроллеров, а также проводится оценка функциональных возможностей периферии этих устройств.

микроконтроллеры, STM32, проектирование РЭА.

Микроконтроллеры находят широкое применение в самых разнообразных сферах жизни человека: от бытовых приборов до промышленной техники. В связи с появлением новых аппаратных решений, повышаются и требования к разрабатываемым микросхемам этого типа: увеличение быстродействия, большая производительность, меньшее энергопотребление.

ние, малые габариты микросхемы, адаптация к выполнению различных задач. Этими качествами обладают контроллеры компании STMicroelectronics.

ARM-микроконтроллеры STM32 являются современными системами на кристалле, сочетающими такие достоинства, как:

- 32-х разрядная архитектура ядра;
- Высокая производительность ядра при низком энергопотреблении;
- Настраиваемая система прерываний;
- Широкий спектр микроконтроллеров семейства, отличающихся по составу периферии, частоте работы.

Микроконтроллеры STM32 применяются разработчиками при решении широкого круга задач: от реализации центральных устройств управления системами сбора и обработки информации до контроллеров периферии и внешних интерфейсов.

Выбор микроконтроллера для разрабатываемой системы зависит от ее функционала. STMicroelectronics предлагает три линейки микроконтроллеров:

- микроконтроллеры высокой производительности [1];
- микроконтроллеры общего применения [2];
- микроконтроллеры с низким потреблением энергии [3].

Первое семейство отличается лучшей в своем классе производительностью при выполнении программ, передаче данных и обработке сигналов, большим объемом памяти и количеством периферийных устройств, а также энергоэффективностью. В состав семейства входят микроконтроллеры STM32F2, STM32F4, STM32F7 и STM32H7. Само семейство подразделяется на три линейки, которые отличаются производительностью, тактовой частотой, числом периферийных устройств и интерфейсных модулей, памятью (рис. 1).

Семейство общего применения охватывает широкий спектр устройств на промышленном, медицинском и потребительском рынках. Эти микроконтроллеры имеют частоту процессора до 72 МГц, до 1 Мбайт Flash и 512 Кбайт RAM и множество встроенных периферийных устройств, таких как USB, таймеры, USART, датчик температуры, АЦП и ЦАП. В состав семейства входят микроконтроллеры STM32F0, STM32F1 и STM32F3 (рис. 2).

Микроконтроллеры низкого энергопотребления предназначены для устройств, работающих от аккумулятора, что, соответственно, требует длительного срока ее службы. Микроконтроллеры достигают наименьшего энергопотребления в 170 нА в режиме сна с обеспечением работы SRAM. В состав семейства входят микроконтроллеры STM32L0, STM32L1, STM32L4 и STM32L4+ (рис. 3).

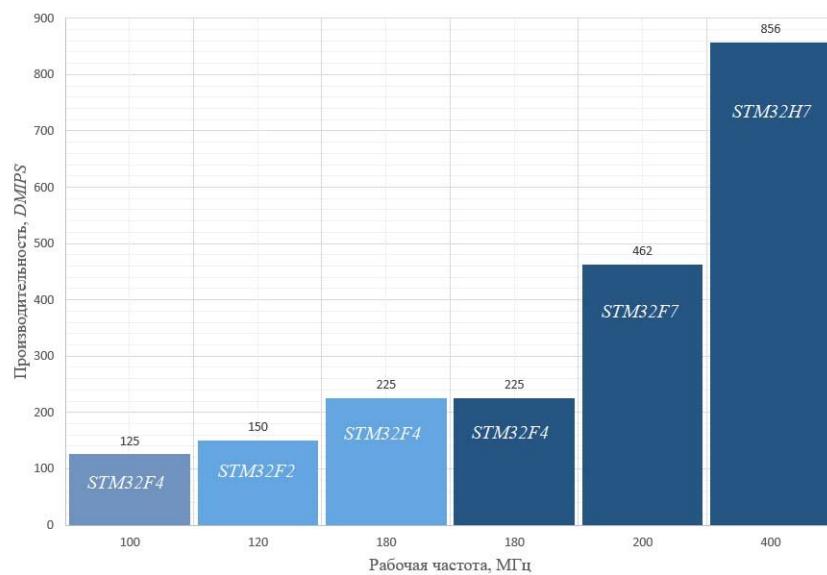


Рис. 1. Характеристики семейства микроконтроллеров высокой производительности

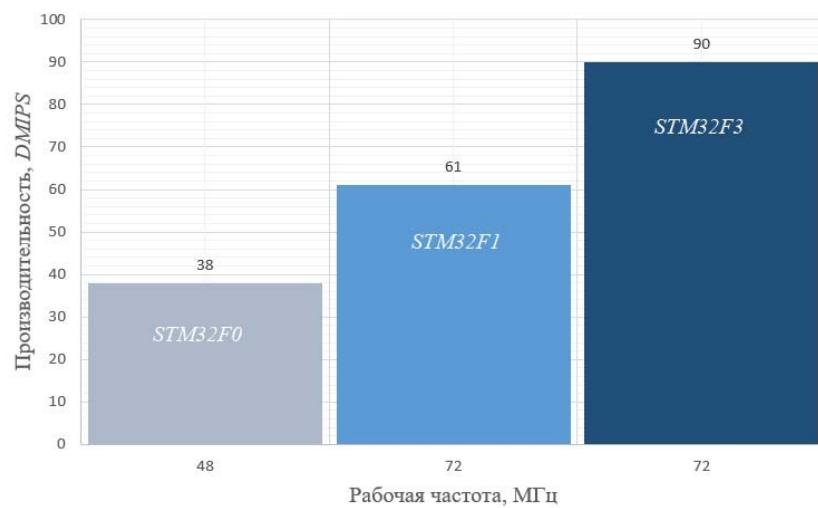


Рис. 2. Характеристики семейства микроконтроллеров общего применения

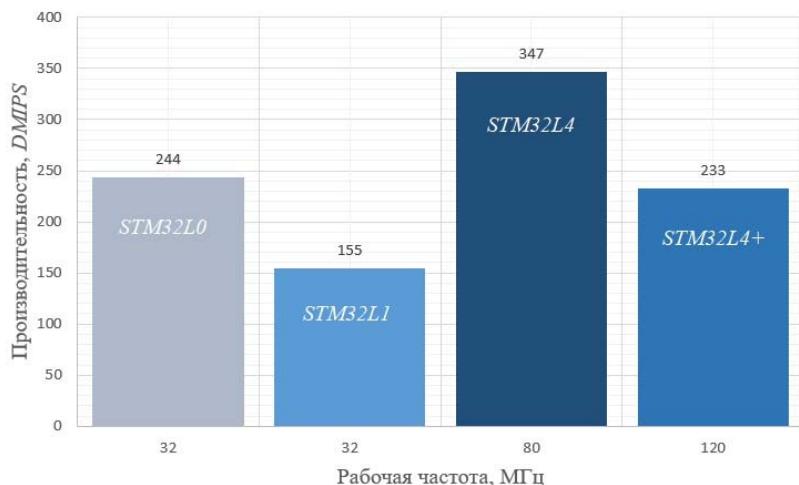


Рис. 3. Характеристики семейства микроконтроллеров низкого энергопотребления

Все микроконтроллеры внутри своих семейств совместимы друг с другом, то есть при смене контроллера в устройстве незначительные изменения возникнут только в коде программы. Все пины контроллеров расположены в одинаковом порядке, вследствие чего не потребуется перепроектирование системы.

Ядра микроконтроллеров тактируются внутренним кварцевым резонатором. Помимо этого, имеется возможность подключения внешних источников тактирования, работающих на разных частотах. От ядра отходят шина АHB, служащая для связи ядра и периферии, также к ней подключены контроллеры памяти и DMA. К даннойшине подключены две периферийные шины APB1 и APB2, имеющие одинаковое назначение, но отвечающие за разные периферийные блоки [4].

Все линейки имеют разный объем периферийных устройств и интерфейсных модулей. В связи с ограничениями по производительности и потреблению энергии, имеющемуся ядру, некоторые семейства не поддерживают ряд периферийных блоков. Например, STM32L0 не поддерживает функции DSP процессора, в отличие от STM32H7. В наличие микроконтроллеров имеются несколько внешних и внутренних резонаторов, таймеры, порты ввода/вывода, аналогово-цифровой преобразователь, интерфейсы передачи данных SPI, USART, I²C, память Flash, RAM, контроллер DMA.

Для облегчения проектирования устройств, STMicroelectronics предлагает широкий набор инструментов:

- набор драйверов всех стандартных блоков;
- документация, библиотеки, примеры программ;
- среды для проектирования, такие как uVision3, EWARM и многие другие;
- оценочные стартовые наборы и наборы для проектирования.

Кроме того, компания STMicroelectronics предоставляет разработчикам в свободном доступе визуальный графический редактор STM32CubeMX, позволяющий сократить время разработки кода программы. Данное программное обеспечение позволяет создать программный код, позволяющий обойтись лишь начальными сведениями об аппаратной и программной архитектуре микроконтроллера (рис. 4). Подключение портов и периферии, управление шинами, выбор и настройка тактирующего устройства, подключение прерываний, расчет потребляемой энергии, предоставление документации на используемый микроконтроллер, примеры рабочих программ – лишь малый набор функций данного программного обеспечения [5].

Для различных сфер применения радиоэлектронных средств важны свои определенные характеристики. Так, для устройств, питающихся от батареи, важно энергопотребление системы, для промышленного оборудования важна высокая производительность. Таким образом, анализ продукции

микроконтроллеров компании STMicroelectronics показывает, что в арсенале разработчиков есть разнообразные средства и инструменты для решения широкого класса задач. Большинство микроконтроллеров имеют необходимые для этого показатели: разнообразные режимы пониженного энергопотребления, активные часы реального времени, энергонезависимую память для хранения данных.

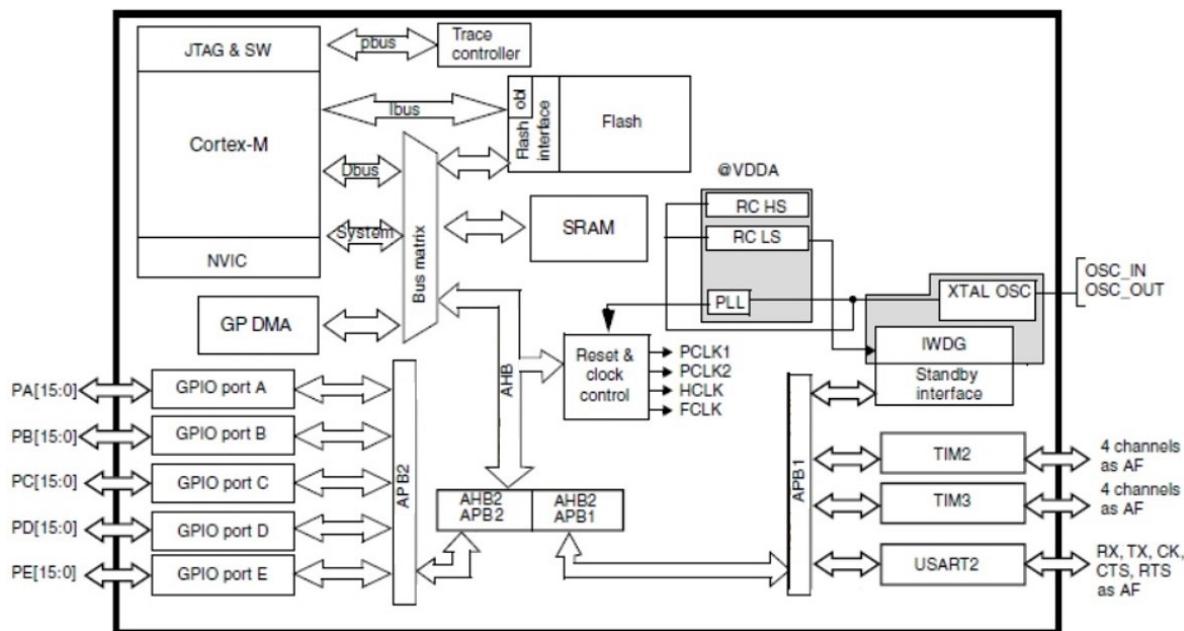


Рис. 4. Архитектура микроконтроллеров STM32

Список используемых источников

- Микроконтроллеры STM32 высокой производительности [Электронный ресурс] // STMicroelectronics, 1987–2018. URL: https://my.st.com/content/my_st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-high-performance-mcus.html?querycriteria=productId=SC2154
- Микроконтроллеры STM32 общего назначения [Электронный ресурс] // STMicroelectronics, 1987–2018. URL: https://my.st.com/content/my_st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-mainstream-mcus.html?querycriteria=productId=SC2155
- Микроконтроллеры STM32 низкого энергопотребления [Электронный ресурс] // STMicroelectronics, 1987–2018. URL: https://my.st.com/content/my_st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-ultra-low-power-mcus.html?querycriteria=productId=SC2157
- Техническая документация на микроконтроллер серии STM32F1 [Электронный ресурс] // STMicroelectronics, 1987–2018. URL: <http://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f105r8.pdf>
- Руководство пользователя STM32CubeMX [Электронный ресурс] // STMicroelectronics, 1987–2018. URL: http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/10/c5/1a/43/3a/70/43/7d/DM00104712.pdf/files/DM00104712.pdf/jcr:content/translations/en.DM00104712.pdf

УДК 621.396

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ ПЕРЕДАЮЩЕГО РАДИОЦЕНТРА ВОЕННОГО ОКРУГА НА ОСНОВЕ АКТИВНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

П. А. Горшков, С. С. Гурьянов

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В настоящее время, перед Вооруженными Силами и другими силовыми структурами РФ поставлены новые задачи. Так как огромная территория России остается слаборазвитой в вопросах связи, существует необходимость оперативно реагировать на различные угрозы, ввиду того, что невозможно предугадать, где в следующий момент произойдет инцидент (техногенная катастрофа, террористический акт, стихийное бедствие и т.д.) В данном случае невозможно обойтись без систем радиосвязи КВ-диапазона. В данной статье приведены примеры решения этой проблемы, освещенные в мировой литературе и периодических изданиях.

коротковолновая связь, коротковолновые антенны, активные фазированные антенные решетки.

Системы радиосвязи КВ-диапазона позволяют с минимальными затратами сил и средств передавать информацию на большие расстояния (рис. 1).



Рис. 1. Военные округа Российской Федерации (1 – Западный, 2 – Южный, 3 – Центральный, 4 – Восточный)

Радиопередача на большие расстояния возможна только благодаря существованию отражающих слоёв в верхней части земной атмосферы. Эти слои образуются, потому что ультрафиолетовые лучи солнечного света

расщепляют некоторые из газовых молекул на положительно заряженные частицы – ионы и на электроны. Такой процесс называется ионизацией, а ионизированную область атмосферы обычно называют ионосферой. Радиоволны, проникая в ионосферу, преломляются и при достаточной ионизации могут возвратиться обратно на землю. На рис. 2 изображены три возможных случая доведения радиоволн в ионосфере в зависимости от степени ионизации [1].

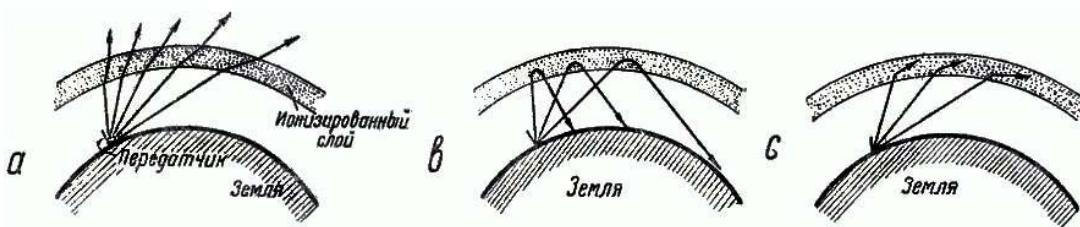


Рис. 2. Варианты распространения радиоволн

В первом случае ионизация слаба, и волны проходят через слой, только слегка искривляя свой путь. Во втором случае ионизации достаточно, чтобы волны отразились и вернулись обратно на землю, и, наконец, в третьем случае ионизация настолько сильна, что волны полностью поглощаются [6].

Ионосфера состоит обычно из нескольких ионизированных слоёв. Из них наибольшую роль при распространении радиоволн играют слои *E* и *F*. Высота слоя *E* над поверхностью Земли составляет около 100 км, а слоя *F* – 220–240 км. На эти слои совершенно не влияет погода вблизи поверхности Земли [1].

К коротким волнам относится диапазон радиоволн с частотой от 3 МГц (длина волны 100 м) до 30 МГц (длина волны 10 м).

Способ распространения коротких волн на дальние расстояния путем отражения от ионосферы и поверхности Земли называют скачковым, который характеризуется расстоянием скачка, числом скачков, углами выхода и прихода, максимальной применимой частотой (МПЧ) и наименьшей применимой частотой (НПЧ) [1].

Рассмотрим техническую составляющую. Несмотря на совершенствование передатчика и приемника, новых свойств система радиосвязи практически не получает. Возникает необходимость в разработке перспективных стационарных радиоцентров на новых принципах.

Возможным выходом из этой ситуации является создание комплекса технических средств на основе активных фазированных антенных решеток, т. е. переход к модульному принципу коллективного пользования радиооборудования ПДРЦ, с пространственным сложением радиосигнала.

Это позволит существенно расширить возможности РЦ:

- по обеспечению скрытности и устойчивости управления войсками и оружием по радио;
- по защите системы радиосвязи от непреднамеренного и преднамеренного воздействия;
- при обеспечении работы радиолиний в условиях воздействия других дестабилизирующих факторов.

Фазированная антенная решетка – это система излучателей, амплитуда и фаза токов в которых может быть подобрана так, что в силу интерференции излученных ими волн суммарное излучение формируется в виде остронаправленного луча. Направление и форма луча могут изменяться за счет подбора амплитудно-фазового распределения токов в излучателях (рис. 3) [7].

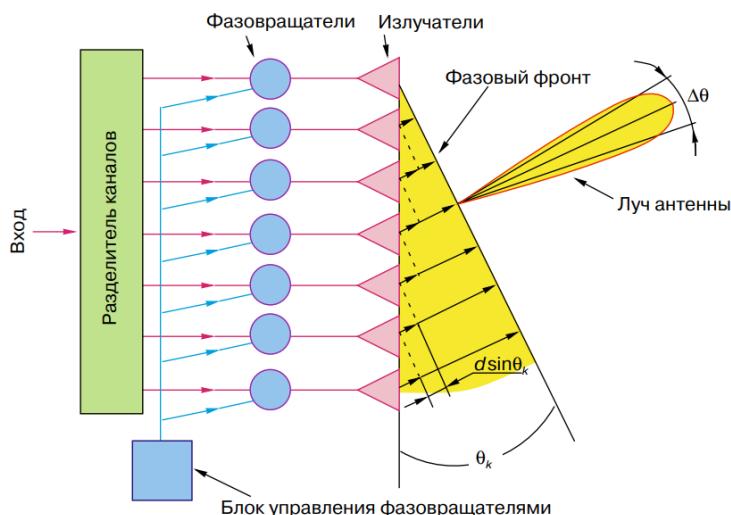


Рис. 3. Схема и принцип действия фазированной активной антенной решетки

Управление лучом АФАР осуществляется следующим образом. Введем обозначения: dx , dy – межэлементное расстояние в решетке по осям x и y ; R , θ , ϕ – сферическая система координат (рис. 4) [2].

В АФАР с прямоугольной сеткой расположения излучателей для быстрого расчета фазовых сдвигов всех излучателей удобно вначале вычислить разности фаз между соседними элементами вдоль осей x и y [3]:

$$\begin{aligned}\Delta\Phi_x &= -(2\pi/\lambda)dx \sin \theta_0 \cos \varphi_0; \\ \Delta\Phi_y &= -(2\pi/\lambda)dy \sin \theta_0 \sin \varphi_0.\end{aligned}$$

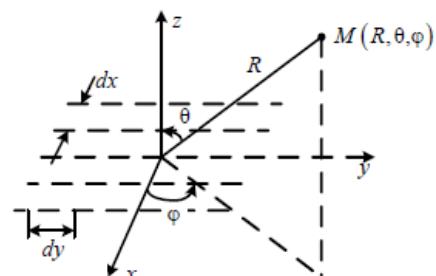


Рис. 4. Прямоугольная структура АР в сферической системе координат

После этого может быть проведено последовательное умножение фазовых сдвигов на все целые числа m и n , вплоть до максимальных M и N , соответствующих числу колонок и рядов решетки. И, наконец, суммирование найденных кратных значений дает требуемые фазы каждого элемента [3]:

$$\Phi_{mn} = m\Delta\Phi_x + n\Delta\Phi_y,$$

где m (номер колонки) и n (номер строки) определяются положением излучателя в антенной решетке.

В программе трехмерного моделирования процессов распространения электромагнитных полей CST STUDIO SUITE построены модели излучателей и их диаграммы направленности в составе антенных решеток (рис. 5).

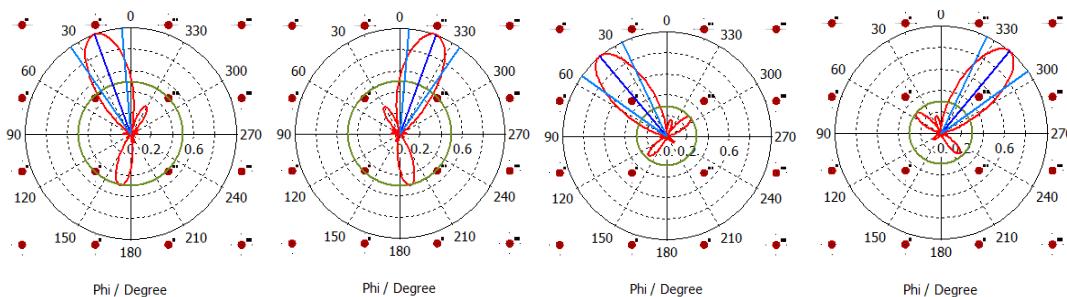


Рис. 5. Диаграмма направленности АФАР размером 4×4 с главным лепестком $+20$ и -20 градусов, $+40$ и -40 градусов (частота 14 МГц)

Подобный способ вычисления фаз позволяет построить очень изящную систему управления решеткой, обычно называемую строчно-столбцовой системой управления (рис. 6) [3].

К элементам с номером mp по двум независимым каналам подводятся два сигнала, содержащих закодированные значения $m\Delta\Phi_x$ и $n\Delta\Phi_y$. Сумматоры, расположенные в непосредственной близости от фазирующего устройства, осуществляют сложение $m\Delta\Phi_x$ и $n\Delta\Phi_y$ [3].

Полное число управляемых шин в АФАР с числом элементов $N = M \cdot N_1$ равно только $M + N_1$, что делает управляемую систему простой и надежной и обеспечивает хорошее быстродействие [3].

В излучающей апертуре с треугольной сеткой расположения элементов непосредственно применяется система управления по строкам и столбцам в координатах x и y , что требует примерно вдвое большего числа управляемых шин по сравнению с АФАР с прямоугольной сеткой. Уменьшение

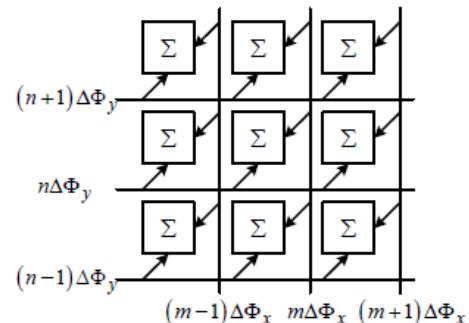


Рис. 6. Структура строчно-столбцовой системы управления АФАР

числа шин возможно при косоугольном расположении строк и столбцов, однако это создает некоторые затруднения при вычислении управляющих кодов. В решетках с неэквидистантным расположением элементов управление по строкам и столбцам неэффективно, и приходится предусматривать индивидуальное вычисление требуемых фаз для каждого элемента [3].

Список используемых источников

1. Гуревич А. В., Цедилина Е. Е. Сверхдалльнее распространение коротких радиоволн. М. : Наука, 1979. 248 с.
2. Чистюхин В. В. Антенно-фидерные устройства: учеб. пособие. М. : МИЭТ, 2010. 200 с.
3. Воскресенский Д. И. Активные фазированные антенные решетки. М. : Радиотехника, 2004. 488 с.
4. Ротхаммель К. Антенны : пер. с нем. 3-е изд., доп. М. : Энергия, 1979. 320 с.
5. Фатеев А. В. Применение ПО CST Microwave Studio для расчета антенн и устройств СВЧ : Учебное пособие. Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2014. 120 с.
6. Хитров Б. Роль ионосферы в дальней радиосвязи [Электронный ресурс] // Радиофронт. 1941. № 7. Режим доступа: http://the-mostly.ru/misc/rol_ionosfery_v_dalnyei_radiosvyazi.html
7. Радиоволны и их распространение [Электронный ресурс] // 73! UA9LBG & Радио-Вектор-Тюмень. Режим доступа: <http://www.cqf.su/theory01.html>

*Статья представлена старшим научным сотрудником НИЦ ВАС,
кандидатом технических наук, доцентом В. А. Мешалкиным.*

УДК 621.391.827.4

ВЫБОР ПОРОГА ОГРАНИЧЕНИЯ В УСИЛИТЕЛЕ МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ С КАМ

В. Э. Гуревич, С. Г. Егоров

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

Анализируются нелинейные искажения группового сигнала в радиосистемах абонентского доступа с кодовым разделением каналов и прямым расширением спектра, с учетом воздействия аддитивного гауссовского шума. Даются рекомендации по выбору порога ограничения радиосигнала с квадратурно-амплитудной модуляцией. Представленные расчеты и графики могут быть использованы на этапе проектирования приемо-передающего оборудования для уменьшения нелинейных искажений в усилителях мощности и повышения реальной помехоустойчивости систем радиодоступа.

радиосистема абонентского доступа, CDMA, радиотракт, групповой сигнал, усилитель мощности, нелинейные искажения, амплитудная характеристика, порог ограничения, вероятность ошибки, КАМ.

Радиосистемы абонентского доступа (РСД), предназначенные для организации беспроводных сетей по принципу «точка – много точек», обеспечивают подключение абонентов к телефонным сетям общего пользования и высокоскоростной доступ в Интернет. Широкое распространение, благодаря высокой помехоустойчивости и защищенности от интерференционных воздействий, получили цифровые РСД, построенные на основе кодового разделения с прямым расширением спектра (DS-CDMA) [1].

Стандарты беспроводной связи на основе CDMA и квадратурно-амплитудной модуляции (КАМ, QAM) эффективно используют доступный диапазон радиочастот, но имеют и недостаток – высокую чувствительность к искажениям сигнала в усилителях мощности базовых станций. Проблема исследования и повышения реальной помехоустойчивости систем CDMA весьма актуальна. Оптимизация цифровых трактов систем передачи требует объективной оценки качества передачи сигналов при учете всей совокупности ухудшающих факторов [2].

В системе CDMA с КАМ исходящий сигнал каждого абонента модулирует присвоенную ему кодовую последовательность, например, одну из функций Уолша. Амплитуды отдельных чипов группового видеосигнала в его независимых между собой синфазной **I** и квадратурной **Q** составляющих имеют вид

$$A(t) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k(t) w_k(t), \quad B(t) = \sum_{k=0}^{N-1} b_k(t) w_k(t),$$

где $a_k(t)$ и $b_k(t)$ – информационные двоичные символы **1** и **-1** абонентов, $w_k(t)$ – канальный переносчик k -го канала составляющей, N – базис ортогональной системы Уолша.

Групповой радиосигнал, образованный в результате модуляции колебания несущей частоты ω составляющими видеосигнала $A(t)$ и $B(t)$,

$$S(t) = A(t) \cos \omega t + B(t) \sin \omega t = v(t) \cos(\omega t - \varphi(t)),$$

где огибающая и мгновенная фаза

$$v(t) = \sqrt{A^2(t) + B^2(t)}, \quad \varphi(t) = \arctg[B(t)/A(t)].$$

Распределения дискретных значений чипов, принимающих в стволах **I** и **Q** значения $a_i = 2i - L$ и $b_k = 2k - L$ соответственно, где $i, k = 0, 1, \dots, L$, подчиняются одинаковым биномиальным законам, а двумерное распределение огибающей

$$w_v(v_{i,k}) = C_L^i C_L^k q^{i+k} (1-q)^{i+k},$$

где q и $1-q$ – вероятности появления символов **+1** и **-1** соответственно.

При $N \geq 16$ можно считать, что квадратурные составляющие $A(t)$ и $B(t)$ распределены по нормальному закону с одинаковыми нулевыми математическими ожиданиями и одинаковыми СКО $\sigma_A = \sigma_B = \sqrt{N-1}$. Тогда плотность вероятности огибающей v аппроксимируется рэлеевским законом распределения:

$$w_v(v) = \frac{2}{\sigma_A^2} \exp\left(-\frac{v^2}{\sigma_A^2}\right).$$

Если на вход нелинейного усилителя мощности (НУ) поступает сигнал $S(t)$, то выходной сигнал:

$$\tilde{S}(t) = G(v) \cos[\omega t + \varphi(t)],$$

где амплитудную характеристику (АХ) $G(v)$ удобно представить, как безынерционное преобразование [2], [3]:

$$G(v) = \frac{v}{\left[1 + \left(\frac{v}{s}\right)^{2p}\right]^{\frac{1}{2p}}}.$$

Здесь s – порог ограничения, p – коэффициент, определяющий степень нелинейности АХ. Семейство АХ типа $G(v)$ при $s = 15$ и $p = 1; 2; 10$ показано на рис. 1.

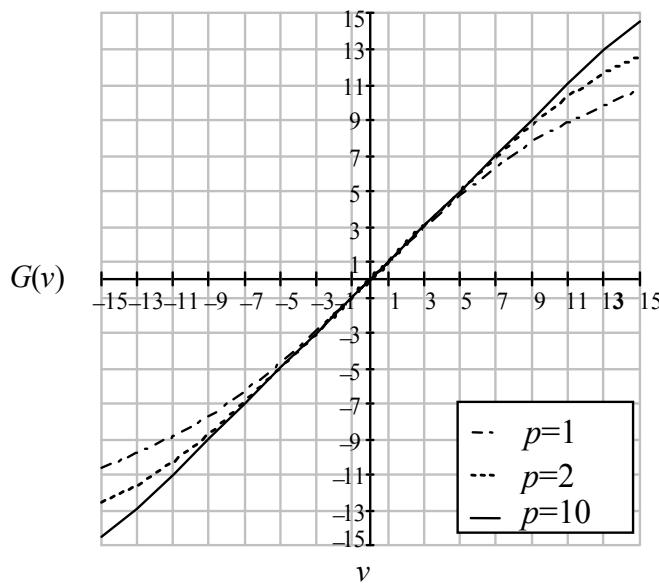


Рис. 1. Семейство амплитудных характеристик $G(v)$

Для расширения зоны действия базовой станции желательно повышение мощности излучаемого сигнала. Энергетическая эффективность передатчика при этом возрастает и достигает самого высокого значения при работе усилителя мощности вблизи порога ограничения s . Однако в этом режиме увеличиваются нелинейные искажения сигнала.

В качестве примера на рис. 2 показана зависимость требуемого отношения сигнал-шум по мощности $c/\text{ш}_{\text{треб}} = 10 \left(\lg \sigma_A^2 / \sigma_e^2 \right)$ от коэффициента p , относительного порога ограничения $\gamma = s/N$ и дисперсии шума σ_e^2 , позволяющих получить вероятность ошибки $p_{\text{ош}} \leq 10^{-3}$ в системе с КАМ-16 [2].

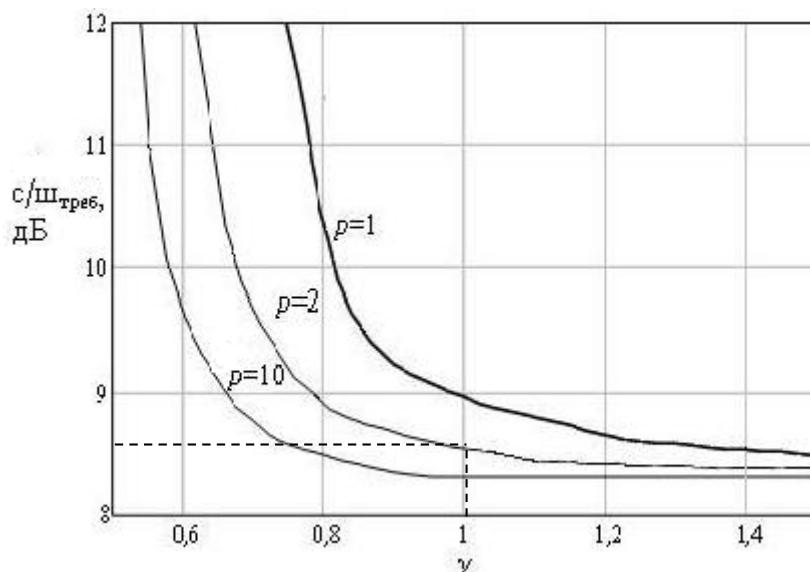


Рис. 2. Зависимость требуемого отношения $c/\text{ш}_{\text{треб}}$ от γ при $p_{\text{ош}} \leq 10^{-3}$

Оптимальным значением порога ограничения является такое, при котором обеспечивается максимальная энергетическая эффективность и выполняются заданные требования по помехоустойчивости. При таком пороге обеспечивается минимум общего ухудшения (*Total Degradation*, TD) из-за нелинейности [4]:

$$TD = c/\text{ш}_{\text{НУ}} - c/\text{ш} + \beta_{\text{пик}},$$

где пик-фактор сигнала в НУ $\beta_{\text{пик}} = 10 \lg \left(s^2 / \sigma_v^2 \right)$, $c/\text{ш}$ и $c/\text{ш}_{\text{НУ}}$ — отношения сигнал/шум в дБ, необходимые для обеспечения требуемой вероятности ошибки, соответственно без учета и с учетом нелинейных искажений, а дисперсия амплитуды на выходе НУ:

$$\sigma_v^2 = \int_0^\infty [G(v)]^2 w(v) dv = \sum_i \sum_k C_L^i C_L^k q^{i+k} (1-q)^{i+k} G(v_{i,k})^2 \approx \\ \approx s^2 \left(1 + \exp\left(\frac{s^2}{2\sigma_A^2}\right) \text{Ei}\left(\frac{-s^2}{2\sigma_A^2}\right) \frac{s^2}{2\sigma_A^2} \right),$$

где $\text{Ei}\left(\frac{-s^2}{2\sigma_A^2}\right) = \int_{-\infty}^{\frac{-s^2}{2\sigma_A^2}} \frac{e^t}{t} dt$ – табулированная интегральная показательная функция.

Зная минимальное значение $\beta_{\text{пик}}$ на выходе НУ, можно выбрать порог ограничения из соотношения:

$$s_{\text{выбр}} = N \cdot 10^{\frac{\beta_{\text{пик.выбр}}}{20}}.$$

Рассчитанная зависимость TD от $\beta_{\text{пик}}$ показана на рис. 3. В качестве примера для $p = 1$ найдены минимальное значение TD=TD_{мин}=4 в дБ и соответствующее ему значение $\beta_{\text{пик.выхбр}} = \beta_{\text{пик.выбр}} = 2,5$.

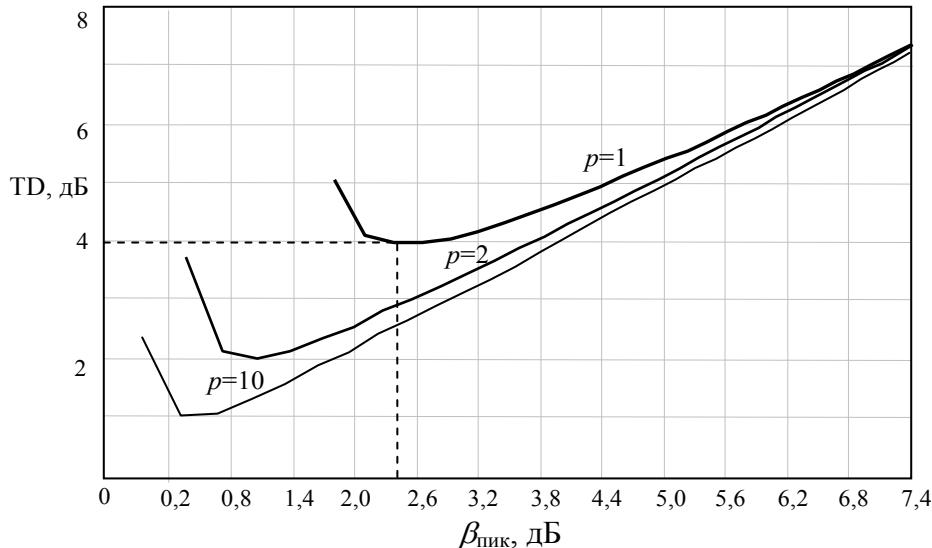


Рис. 3. Ухудшение из-за нелинейности АХ при различных значениях коэффициента p

Графики на рис. 2 и рис. 3 могут быть использованы для определения необходимого отношения с/ш на входе НУ и задания требований к групповому тракту. Пусть, например, заданы вероятность ошибки $P_{\text{ош}} = 10^{-3}$, $\gamma = s/N = 1$, $p = 1$, тогда отношение с/ш на входе РУ без учета искажений в усилителе согласно рис. 2 должно составлять 8,5 дБ. Шум-фактор приемного тракта обычно составляет от 0,3 до 3 дБ, а шум-фактор усилителя – около 1 дБ.

Тогда отношение с/ш на входе приемника должно быть от $8,5 + 1 + 0,3 = 9,8$ дБ до 12,5 дБ.

Заключение

Предложены сравнительно простые аналитические способы оценки предельных величин уровня ограничения группового сигнала в системах CDMA с КАМ, исходя из требуемой вероятности битовой ошибки. Представлены численные и графические примеры использования этих оценок для правильного задания амплитудной характеристики группового усилителя.

Список используемых источников

1. Ипатов В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. М. : Техносфера, 2007. 488 с.
2. Гуревич В. Э., Егоров С. Г. Исследование нелинейных искажений радиосигнала в системе CDMA с квадратурно-амплитудной модуляцией // Информационно-управляющие системы. 2015. № 5. С. 106–115.
3. Rapp C. Effects of HPA-Nonlinearity on a 4-DPSK/OFDM-Signal for a Digital Sound Broadcasting System // Proceedings of the Second European Conference on Satellite Communications. – Liege, Belgium, Oct. 22-24, 1991. PP. 179–184.
4. Thompson S. C., Proakis J. G., Zeidler J. R. The effectiveness of signal clipping for PAPR and total degradation reduction in OFDM systems // Proc. IEEE Global Telecommunications Conference, GLOBECOM, St. Louis, Dec. 2005. PP. 2807–2811.

УДК 623.624

ПОГЛОТИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ОГНЕСТОЙКИМИ СВОЙСТВАМИ

А. В. Гуряева, Д. И. Кирик, Т. Ю. Ковалева

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

Рассмотрены результаты моделирования поглотителя электромагнитных волн на основе композиционных материалов с огнестойкими свойствами и экспериментальные исследования электрофизических и огнестойких параметров поглотителя, выполненного в виде покрытия металлических поверхностей защищаемых элементов изделий.

композит, наполнитель низковязкая полимерная матрица, адгезия, когезия.

Создание легких, прочных огнестойких поглотителей электромагнитных волн (ПЭВ), функциональных в широкой полосе диапазона СВЧ зависит в первую очередь от электрофизических свойств используемых компонентов составов, заданных конструктивных и технологических параметров. Поглотитель электромагнитных волн может быть выполнен в виде композитной структуры элементов изделий защищаемого объекта или в виде покрытий.

Разработка ПЭВ с заданными огнестойкими свойствами в виде покрытия, включает моделированием поглощающей структуры, экспериментальные исследования электрофизических свойств, технологию синтеза поглотителя и испытаний огнезащитных характеристик.

Исходя из возможных областей применения ПЭВ в виде покрытий и условий эксплуатации, перспективным является лакокрасочный способ изготовления композита. При использовании лакокрасочного процесса изготовления и нанесения радиопоглощающей композитной структуры необходимо выполнение следующих требований:

- полимеризации композиций методом холодного отверждения;
- вязкости составов по ВЗ – 4 не более 30 сек;
- максимально возможной степени экологической чистоты используемых компонентов – не менее 3 гр. СЭС;
- эластичности покрытия $\Delta l \geq 20\%$;
- теплостойкости $\geq 190^{\circ}\text{C}$ в течение 20 часов без изменения функциональных свойств ПЭВ.

Выполнение поставленных требований позволит использования ПЭВ в стационарных условиях и на подвижных объектах.

Требуемые поглощающие, теплостойкие и огнестойкие свойства композитных структур ПЭВ достигаются выбором исходных компонентов, синтезом композиций на их основе и конструктивным выполнением.

В качестве возможных путей реализации радиопоглощающего композита с огнестойкими свойствами, были рассмотрены варианты лакокрасочных композиций на основе термостойких кремнийорганических каучуков и полимеров с дисперсными наполнителями, изменяющими свой физический объем при нагревании (углеродные порошки, аэрированные порошки) и порошкообразных смешанных углеродных и магнитных наполнителей [1].

Выбор компонентов структуры композита осуществляется на основе предварительного анализа электромагнитных параметров используемых материалов и расчета требуемых параметров. На качество структуры композита ПЭВ оказывают влияние, как наполнитель, так и полимерная матрица, а также и их взаимодействие, и совместимость.

Выбор полимерной матрицы является важнейшим этапом проектирования, ее тип, частично определяет электрофизические свойства и частично

или полностью определяет ряд эксплуатационных свойств изделий, таких, как химическую стойкость, горючесть, теплостойкость, эластичность, погодостойкость, ударную прочность, коробление, прочность на отрыв и при сдвиге.

Исходя из требований по эластичности (использование ПЭВ в виде покрытия) и вязкости, выбор полимерной матрицы композитного покрытия был остановлен на группе, так называемых жидких каучуков. Наличие в жидких каучуках разнообразных функциональных групп позволяет проводить их взаимодействие с изоцианатами, аминами, эпоксидными и акрилатными смолами и другими соединениями, получая компаунды с широким диапазоном свойств. Кроме того, жидкие каучуки, в силу своей малой вязкости, позволяют получать вулканизируемые компаунды, содержащие различные наполнители в количестве, ограничиваемом только пределом смачиваемости частиц. Требование обязательного «холодного» отверждения значительно ограничило круг возможных к применению жидких полимеров и каучуков [1, 2].

При высоких рабочих температурах у металлов и неметаллов, как правило, снижается прочность, а у металлов – еще и коррозионная стойкость. В связи с этим встает вопрос о композитных покрытиях, которые должны сочетать в себе одновременно радиопоглощающие, антикоррозионные и огнезащитные свойства.

Наиболее распространенным способом защиты конструкционных материалов от разрушающего воздействия коррозионной среды являются лакокрасочные материалы на основе полиорганосилоксанов, которые на протяжении нескольких десятилетий входят в ряд важнейших термостойких защитных покрытий, способных противостоять действию температур 200–600°C.

Способность покрытия сохранять свои защитные и физико-механические свойства после воздействия высоких температур (термостойкость) определяется:

- химической природой и строением полимеров, используемых в качестве пленкообразующих веществ;
- видом пигментов и наполнителей, входящих в лакокрасочную композицию и оказывающих существенное влияние на свойства покрытий;
- технологией нанесения покрытия и качеством предварительной подготовки поверхности.

Кремнийорганические лакокрасочные покрытия обладают свойствами высокой термостойкости и в этом отношении они являются уникальны. В работе рассмотрен вариант поглотителя электромагнитных волн (излучений) с повышенной огнестойкостью, позволяющий решить комплексную проблему экранирования на высоких частотах посредством поглощения

рассеянного излучения и поглощения мощности электромагнитного излучения в широком диапазоне частот.

В работе проведены исследования электрофизических свойств компонентов поглотителей, их влияние на величину коэффициента отражения при нормальных и высоких температурах окружающей среды.

В качестве наполнителей структуры огнестойкого поглотителя использовались проводящие (углерод, графит) частицы и аэрированные диэлектрические частицы (слюда, перлит, вермикулит). в качестве связующего исследовались некоторые термостойкие матрицы, в частности хлорсульфированный каучук ХСПЭ-81 (ТУ 47.02.1.007-89), лестосил НЧ и СМ (ТУ 38.03.1.006-90).

Результат экспериментальных исследований электрофизических свойств ПЭВ в заданном широком диапазоне функционирования представлен на рис. 1.



Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения модельного образца ПЭВ в диапазоне длин волн $\lambda_{\min} / \lambda_{\max} \geq 10$

По результатам измерений электрофизических параметров модельного образца ПЭВ можно отметить равномерно высокий уровень поглощения в заданном диапазоне длин волн.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать вывод о том, что область оптимального содержания наполнителя для определенного типа связующего соответствует 7–30 %. Большее наполнение приводит к интенсивному выгоранию вспененного угольного слоя, его озолению и осыпанию с поверхности.

Повышение количества окисленного графита в композиции приводит к увеличению коэффициента вспучивания, но при этом теряется прочность

коксового слоя, что на наш взгляд связано с резким увеличением поверхности и снижением соотношения связующее (ХСПЭ) – смачиваемая поверхность наполнителя (графит, вермикулит).

На рис. 2 представлена зависимость времени защитного действия покрытий на основе огнестойкого связующего от изменения концентрации наполнителя (графит, вермикулит).

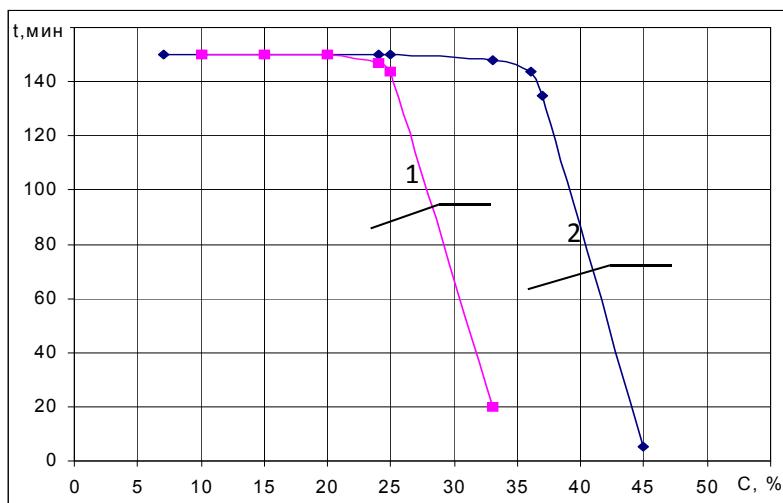


Рис. 2. Экспериментальная зависимость времени защитного действия покрытий на основе ХСПЭ: 1 – от концентрации окисленного графита; 2 – от концентрации окисленного графита и вермикулита

Представленная зависимость так же наглядно показывает ту область оптимальных концентраций 23–37 %, которая соответствует максимуму времени защитного действия. Проведенные исследования теплозащитных и огнезащитных свойств показали, что введение в состав образцов материалов композита аэрированного наполнителя, позволило повысить время защитного действия до 100 минут (при концентрациях наполнителя 20–30 %). Тот же показатель для образцов материалов без аэрированного наполнителя не превысил 20 мин., при этом огневое воздействие на образец привело к образованию трещин в месте огневого воздействия, однако, отслоения покрытия от металлической подложки и расслоения полимерной пленки, не наблюдалось.

Разработанный ПЭВ выполнен в виде радиопоглощающего покрытия, на основе композиционного материала, имеет малыми массогабаритные параметры и препятствует распространению пламени при возгорании. Данный тип поглотителя предназначен для покрытий стен, потолка и пола безэховых камер, используемых для работы оборудования в широком диапазоне частот [2].

Использование разработанного композитного поглотителя ЭМВ позволяет решить комплексную проблему экранирования на высоких частотах

и защиту элементов объектов от источников внешнего излучения в широком диапазоне частот.

Список используемых источников

1. Ковалева Т. Ю., Андрющенко М. С. Моделирование и синтез радиопоглощающих материалов для защиты наземной военной техники // Вопросы оборонной техники, серия 16: Технические средства противодействия терроризму. СПб. : НПО Специальных материалов, 2011. вып. 9–10. С. 21–26.

2. Ковалева Т. Ю., Андрющенко М. С., Ковалева А. Г., Ермаков А. В., Старобинец И. М. Разработка многоцелевых защитных композитных материалов и особенности их применения на объектах военной техники // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды ХVI Всероссийской научно-практической конференции. РАПАН. 2015. Т. 3. С. 226–231.

УДК 537.8

АНТЕННЫ МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН С ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ

В. В. Давыдов¹, В. И. Дудкин¹, В. А. Полянский²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

²Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

В статье описана конструкция и принцип работы рамочной антенны метрового диапазона. Ее особенность в том, что приемная часть выполнена в виде волоконного световода, покрытого магнитострикционным материалом. Деформация магнитострикционного материала под действием радиочастотного магнитного поля вызывает модуляцию оптического сигнала. Прием радиосигнала осуществляется на основе анализа интерференционной картины, возникающей при сложении модулированного сигнала и опорного сигнала. Преимущество этой антенны заключается в ее высокой чувствительности.

лазер, оптическое волокно, магнитострикция, магнитная антенна.

Для решения ряда важных практических задач необходимо использования направленных малогабаритных антенн, обеспечивающих высокую чувствительность поискового приемного устройства. В число таких задач входит обнаружение людей под завалами зданий и снежных лавин, носящих поисковые радиомаяки. Такие же антенны можно применять в нелинейных радиолокаторах при поиске скрытых радиоэлектронных устройств.

Для практической реализации поставленной задачи нами предлагается магнитная рамочная антенна конструкция, которой изображена на рис. 1 [1].

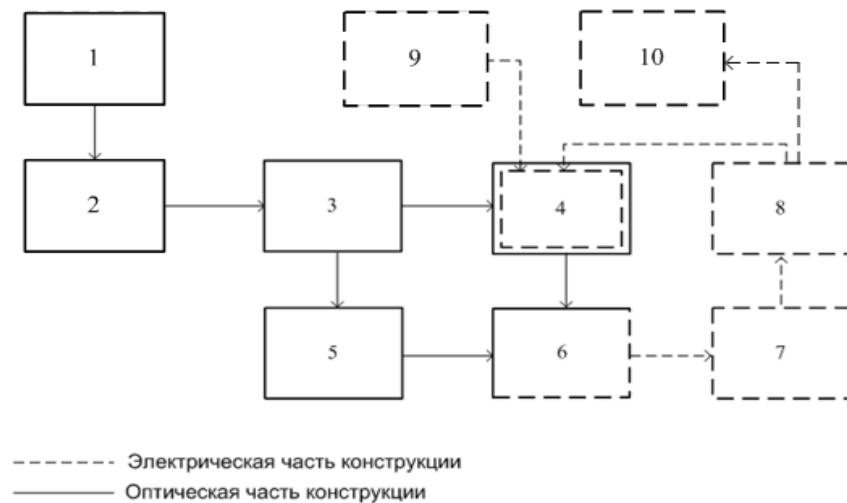


Рис. 1. Структурная схема магнитной антенны, здесь: 1 – модулятора оптического излучения (на частоте 1 МГц); 2 – лазера; блока пространственного разделения оптического луча; 4 – приемной антенны (катушка с кабелем, изображенным на рис. 1); 5 – оптического волокна, изолированного от воздействия электромагнитного поля; 6 – фотодиода; 7 – резонансного усилителя на частоте 1 МГц; 8 – детектор и резонансный усилитель на частоте 50–300 кГц; 9 – источник тока смещения рабочей точки; 10 – индикатора принимаемого сигнала

Антенна предназначена для приема сигналов в диапазоне от 50 кГц до 300 кГц. Основу антенны составляет катушка специального оптического волокна, содержащая 10–200 витков диаметром 50–100 см.

Структура волокна выглядит следующим образом: поверх светопроводящей жилы нанесено покрытие из магнитострикционного материала, а поверх него размещен тонкопленочный слой с высокой электропроводностью (рис. 2).

Для предотвращения межвитковых замыканий в катушке проводящий слой закрыт тонким слоем диэлектрика. К проводящему слою концов катушки присоединен конденсатор переменной емкости, который вместе с катушкой образует резонансный контур.

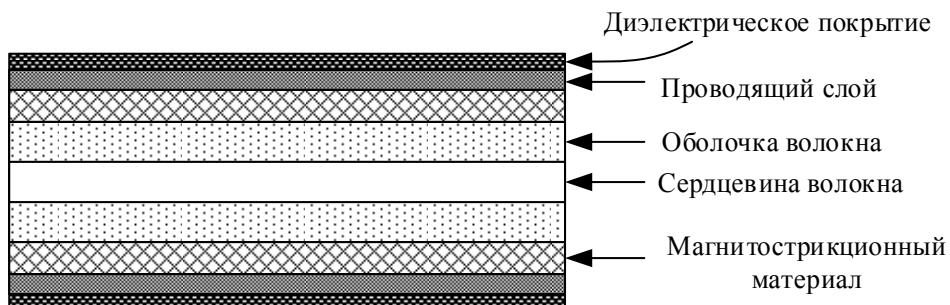


Рис. 2. Структура оптического волокна

Важной характеристикой магнитной антенны является ее действующая высота, вычисляемая по формуле [3]:

$$H_d = kNQS,$$

где $k = 2\pi/\lambda$ – волновой вектор электромагнитной волны, N – число витков катушки колебательного контура, Q – добротность этого контура, S – площадь рамочной антенны. Увеличение действующей высоты антенны можно достичь за счет увеличения N , Q и S . Для передвижных антенн диаметр катушки более 1 метра не желателен, число витков катушки определяется частотой принимаемого сигнала и не может быть очень большим. Добротность $Q = 10–50$. Для частоты сигнала $f = 100$ кГц при $N = 200$, $S = 0,8$ м² действующая высота магнитной антенны составит 3–15 м.

Существенно повысить действующую высоту антенны можно за счет повышения добротности приемного контура. Приемлемое значение добротности определяется шириной спектра принимаемых радиосигналов. В нашем случае значение Q может достигать 1000. Такое высокое значение Q контура обеспечивается, так называемым, электронным умножителем добротности. Это устройство представляет собой усилитель с положительной обратной связью, к входу которого подключен антенный контур. При большом коэффициенте усиления усилителя, требуемым для получения указанного значения добротности, из-за паразитных связей между входом и выходом устрйства может переходить в режим самовозбуждения, превращаясь в генератор. Для того чтобы исключить эту возможность, необходимо развязать цепи приема радиосигнала и подачи сигнала положительной обратной связи. С этой целью катушка магнитной антенны выполнена из специального оптического волокна, структура которого описана выше. Высокочастотное магнитное поле радиосигнала, взаимодействуя с магнитострикционным покрытием оптического волокна приводит механическим воздействиям на волокно и модуляции проходящему по нему света лазера. После ряда нелинейных преобразований световых и радиочастотных колебаний, выделяется сигнал модулирующий свет, усиливается и подается в нужной фазе на вход колебательного контура магнитной антенны. Лазерное излучение, вводимое в оптическое волокно промодулировано по амплитуде непрерывным сигналом с частотой 1 МГц.

Список используемых источников

1. Дудкин В. И., Полянский В. А. Устройство для обнаружения волнового сигнала. Патент Российской Федерации № 41878; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург ЗАО Аззорис; заявлен 03.03.03; опубл. 10.11.04.
2. Уэдд Э. ред. Волоконно-оптические датчики. М. : Техносфера, 2008. 518 с.
3. Григоров И. Н. Приемные магнитные рамочные антенны [Электронный ресурс]. 2009. 56 с. Режим доступа: <http://www.antentop.org>

УДК 621.396

РАДИОТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ И МАЛОНАСЕЛЕННЫХ РАЙОНОВ

А. Г. Девлишов¹, А. В. Туров¹, Д. Ю. Черников²

¹ООО «КоммИнформ»

²Сибирский федеральный университет

Рассмотрены возможности использования систем широкополосного радиодоступа в диапазоне 330–360 МГц в качестве радиотехнологий организации связи для труднодоступных и малонаселенных районов. Предложен вариант бюджетной топологии стационарного оборудования оператора связи. Представлены результаты спектральных измерений параметров используемых сигналов, в различных режимах работы. Приведены результаты экспресс-оценки качества радиопокрытия обслуживаемой территории с помощью абонентского оборудования.

системы широкополосного радиодоступа, распределительная сеть, спектральные измерения параметров сигналов, качество радиопокрытия, абонентское оборудование, мультисервисные услуги.

Практика показывает, что развертывание радиотехнологий регионального масштаба, ориентированных на организацию связи для абонентов, расположенных на значительной территории, целесообразно начинать опираясь, прежде всего, на крупных, корпоративных клиентов с дальнейшим выходом на сети массового обслуживания.

Основные сервисы, востребованные в данном сегменте рынка, который принято относить к профессиональной радиосвязи, принципиально отличаются по своему составу от массового рынка мобильной связи – это групповой вызов, широковещательный вызов, прямой вызов между абонентскими устройствами (режим DMO), диспетчеризация вызовов и установление приоритетов пользователей и групп пользователей, мгновенное установление вызова (задержка порядка 300–500 мс.) нажатием «тангенты». Исключительные требования предъявляются и к сетевому/операторскому оборудованию, призванному обеспечить гарантированное качество и доступность сети, а также надежность и бесперебойность связи в чрезвычайных ситуациях.

В этой связи в данной статье рассматриваются перспективы проектирования и развертывания региональной сети широкополосного мобильного радиодоступа на основе технологии McWill® [1] (*Multi-Carrier Wireless*

Information Local Loop – система мобильной широкополосной мультимедийной связи, которая поддерживает передачу голоса, данных, видео, РРТ сервисов) с учетом возможностей обслуживания удаленных и малонаселенных территорий. McWILL, обладая сопоставимой с LTE спектральной эффективностью, предоставляет возможность строить сети в частотных диапазонах, невостребованных в сетях массового обслуживания. Данная технология использует диапазоны частот 337–341 МГц, 417–422 МГц, 1785–1805 МГц, не входящие в планы стратегического развития современных стандартов.

Необходимо отметить, что даже появление на рынке сетевого и абонентского оборудования LTE Professional не решит задачу построения по настоящему высоконадежных выделенных сетей ввиду отсутствия требуемого частотного ресурса.

Радиопокрытие сети McWill на территории Красноярского края строилось на основе базовых станций (БС) и оборудования антенных постов, представленных на рис. 1 и 2 [2].



Рис. 1. БС в г. Ачинске

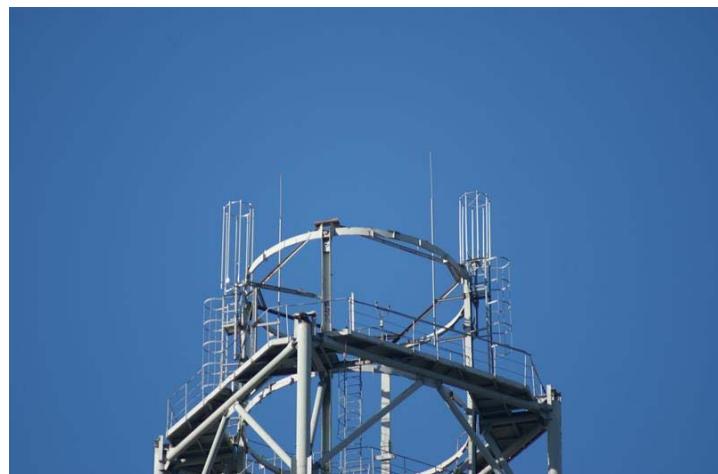


Рис. 2. БС в г. Красноярске

Наряду со ставшими уже традиционными услугами голосовой связи, средствами сети McWill тестировалась передача потоков данных и видеоизображений. Оборудование контролера базовых станций и различные варианты абонентского оборудования, используемого для работы в сети, представлены на нижеследующем рисунке (рис. 3).

Одним из вариантов построения операторского комплекса в минимальном варианте может быть топология, представленная на рис. 4 [3, 4].

Все услуги также предоставляются на базе единой беспроводной сети, так что решение позволяет состыковаться с сетями общего пользования и существующими цифровыми и аналоговыми мобильными сетями связи [3].

Вместе с тем используемые в подобных сетях в качестве абонентских устройств радиостанции в т. ч. показанные на рис. 3, позволяют использовать дополнительные режимы работы, опираясь на функционал только абонентского оборудования.



Рис. 3. Оборудование сети широкополосного радиодоступа

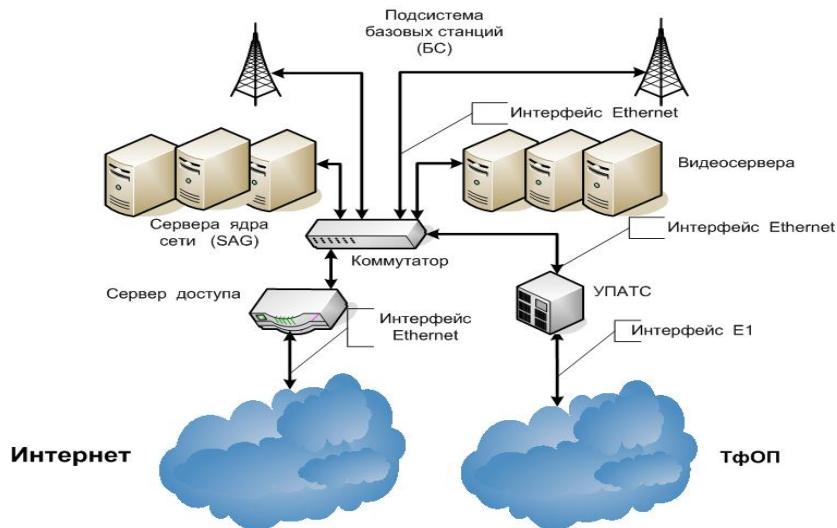


Рис. 4. Топология ядра радиосети Triple Play

Действительно радиостанции подобного класса могут организовывать и поддерживать радиоканал как с использованием технологий ретрансляции так и в автономном режиме, когда связь устанавливается непосредственно между радиостанциями без использования оборудования ретранслятора.

Совершенно очевидным является, что основным режимом работы системы служит режим транкинговой связи. В данном режиме оператор связи может организовать ряд групп для предоставления им независимых услуг

служебной связи. Вместе с тем каждый из абонентов, располагающих соответствующим абонентским оборудованием и переведя его в режим DMO оказывается способен на ограниченных дистанциях 1–1,5 км оказывать влияние на качество оказываемых услуг оператора.

Для оценки данного влияния произведено сравнение параметров радиосигналов, формируемых и используемых абонентским оборудованием при установлении связи в режиме прямого измерительного эксперимента. Полученные результаты измерений приведены на рис. 5.

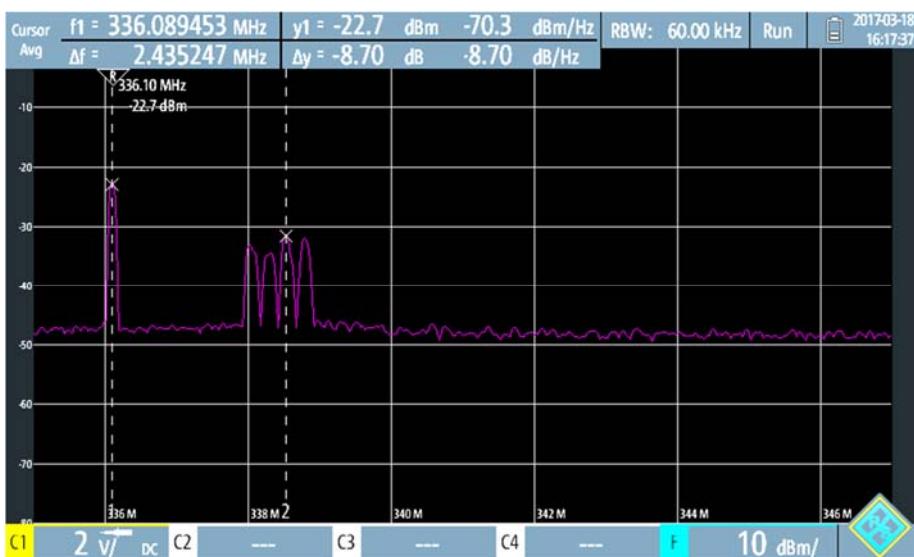


Рис. 5. Спектральные характеристики сигналов абонентской радиостанции в режиме транкинговой связи и режиме DMO

Как видно из приведенного рисунка радиосигналы, которые формируются абонентской радиостанцией в режиме транкинговой связи и в режиме DMO значительно отличаются. В режиме транкинговой связи формируется широкополосный сигнал с шириной спектра $2x\Delta f \sim 1$ МГц.

Как видно из приведенной спектрограммы в последнем случае сигнал является узкополосным с шириной спектра сигнала $2x\Delta f$ не более 12 кГц. В случае необходимости и узкополосный сигнал режима DMO может быть отстроен от участка спектра, используемого для транкинговой связи и радиостанции, которые используют данный режим не будут оказывать какого-либо влияния на основной режим работы системы связи.

Таким образом режим DMO организует своеобразную дополнительную изолированную группу абонентов, которая способна работать самостоятельно без контроля со стороны оператора связи. Платой за проявленную таким образом самостоятельность являются существенные ограничения на реальную дальность использования связи. Так для изучаемой мощности порядка 300 мВт дальность организации голосовой связи в диапазоне 350 МГц на свободном пространстве не превышает 2 км. Подобный режим

может быть использован в качестве аварийного режима при необходимости установления связи между абонентами в условиях неработоспособности или перегруженности ретранслятора.

Для обеспечения качественной работы широкополосных систем радиосвязи и предоставления упомянутого перечня услуг на должном уровне необходимо выполнение дополнительных условий, первичным из которых является высокое качество радиопокрытия обслуживаемой территории.

Оценка качества радиопокрытия для рассматриваемой системы широкополосного радиодоступа была проведена по каждому из двух наиболее информативных параметров – отношению сигнал/шум или величине интенсивности сигнала, принимаемого абонентским оборудованием [5]. Графическое представление результатов мониторинга представлено на рис. 6.

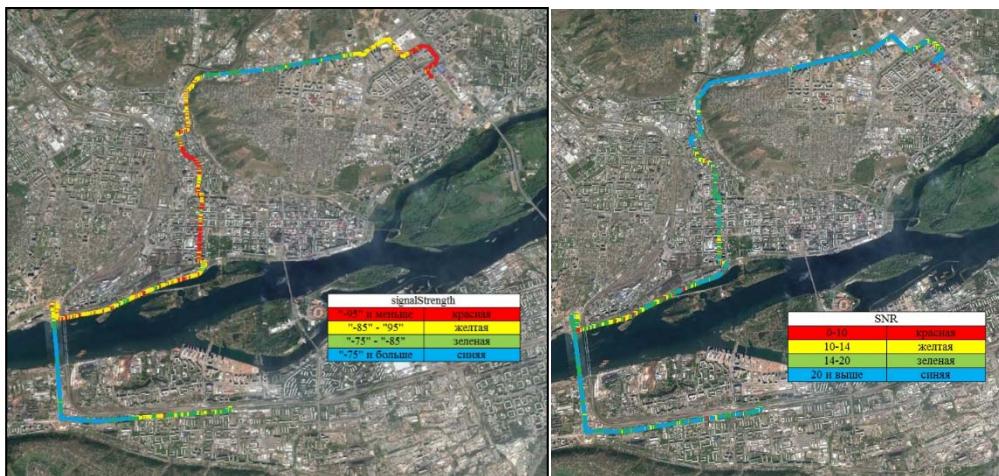


Рис. 6. Карта радиопокрытия системы радиосвязи
для величины интенсивности сигнала и отношения сигнал/шум

Участки траектории, окрашенные в красный цвет, свидетельствуют о явной недостаточности уровня интенсивности сигнала для предоставления услуги определенного вида. Причем вид услуги как раз и будет определять градации для перехода от одного цвета к другому.

Таким образом описанную технологию целесообразно использовать для проведения экспресс-анализа реального качества радиопокрытия обслуживаемой территории для систем широкополосного радиодоступа, определяя работоспособность каждой из заявленных оператором услуг в отдельности.

Список используемых источников

1. Beijing Xinwei Telecom Technology Co., Ltd Система мобильного широкополосного доступа McWILL // НИРИТ. 2011. 35 с.

2. Шорин А. О., Девлишов А. Г., Туров А. В., Черников Д. Ю. Использование технологии космической ретрансляции внутрисистемных каналов связи в задачах организации абонентского радиодоступа // Исследования Наукограда. 2016. № 3–4(18). С. 39–44.

3. Девлишов А. Г., Туров А. В., Черников Д. Ю. О возможности использования технологии радиодоступа для организации «последней мили» космических систем связи // Сб. труд. III Всероссийской научно-технической конференции «Системы связи и радионавигации». Красноярск, 2016 г. С. 50–54.

4. Набирухина Л. Л., Черников Д. Ю. Сравнительный анализ технологий радиодоступа для связи с подвижными объектами // Сб. труд. III Всероссийской научно-технической конференции «Системы связи и радионавигации». Красноярск, 2016 г. С. 27–30.

5. Хицунов Д. И., Черников Д. Ю. Формирование оценки качества радиопокрытия систем радиосвязи с использованием абонентского оборудования // Сб. трудов XX Всероссийской научно-технической информации «Современные проблемы радиоэлектроники»: науч. ред. А. И. Громыко. Красноярск, 2017 г. С. 680–684.

УДК 620.181

ПРИМЕНЕНИЕ 3D ПЕЧАТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВ СВЧ-ДИАПАЗОНА

Е. В. Демиденко, С. В. Кузьмин

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

Развитие технологий 3D печати позволяет применить их для изготовления устройств СВЧ-диапазона не только традиционным образом (для печати несущих конструкций) но и для создания специализированных материалов, что, в свою очередь, позволяет изготавливать конструкцию и, непосредственно, функциональную часть, в едином технологическом цикле. Применяемые для печати диэлектрики обладают достаточно малыми потерями (тангенс угла диэлектрических потерь порядка 10^{-3}) и могут иметь диэлектрическую проницаемость, варьирующую в зависимости от состава материала. Совершенствование технологий 3D печати и ряд очевидных технологических преимуществ делают актуальным развитие технологического направления, связанного с СВЧ-техникой, с перспективой создания специализированных принтеров для изготовления СВЧ-устройств, антенн и композитных материалов с различными электрическими характеристиками.

СВЧ-устройства, материалы, 3D печать.

Распространение устройств СВЧ-диапазона стало массовым не только в аппаратуре для специальных применений, но и в бытовой радиоэлектронной аппаратуре. Отсюда возникла потребность удешевления устройств, в том числе, за счёт использования новых для СВЧ-техники технологий.

Например, штамповка антенн, вместо традиционной технологии печатных плат.

При крупносерийном производстве хорошо зарекомендовала себя LTCC (*Low Temperature Co-fired Ceramics*) технология [1], отличительной особенностью которой, по сравнению с многослойными печатными платами, является то, что диэлектрическим материалом выступает низкотемпературная керамика с минимальными потерями, которая на конечном этапе спекается при температуре ниже 1000°C.

В качестве ещё одной новой технологии рассматривается 3D печать [2], которая может позволить производить недорогие устройства как при малых сериях, так и при создании макетов и опытных образцов.

Аддитивное производство (3D печать), включает в себя технологии по созданию объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, воссоздающих очертание модели на основе цифрового 3D образца. Существует масса способов создания объектов аддитивного производства, отличающихся как принципами нанесения, так и материалами формирования объектов. Основные методы представлены в таблице 1 [3].

ТАБЛИЦА 1. Методы 3D печати

Метод	Технология	Используемые материалы
Экструзионный	Моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)	Термопластики (такие как полилактид (PLA), акрилонитрилбутадиенстирол (ABS) и др.)
Проволочный	Производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF ₃)	Практически любые металлические сплавы
Порошковый	Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)	Практически любые металлические сплавы
	Электронно-лучевая плавка (EBM)	Титановые сплавы
	Выборочная лазерная плавка (SLM)	Титановые сплавы, кобальтхромовые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий
	Выборочное тепловое спекание (SHS)	Порошковые термопластики
	Выборочное лазерное спекание (SLS)	Термопластики, металлические порошки, керамические порошки
Струйный	Струйная трехмерная печать(3DP)	Гипс, пластики, металлические порошки, песчаные смеси
Ламинация	Изготовление объектов методом ламинации (LOM)	Бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	Стереолитография (SLA)	Фотополимеры
	Цифровая светодиодная проекция (DLP)	Фотополимеры

Наиболее распространённой и доступной технологией 3D печати является FDM (англ. *Fused deposition modeling*) – моделирование послойного наплавления термопластичными материалами. Процесс создания начинается с обработки цифровой 3D модели, программа делит модель на слои и при необходимости генерирует поддерживающие структуры. Далее изделие формируется путем выдавливания («экструзией») расплавленного термопластика или других композитных материалов из последовательных слоев, застывающих сразу после экструдирования. Пластиковая нить разматывается с катушки и подается в экструдер – устройство, оснащенное механическим приводом для подачи нити, нагревательным элементом для плавки материала и соплом, через которое осуществляется непосредственно экструзия. Нагревательный элемент служит для нагревания сопла, которое в свою очередь плавит пластиковую нить и подает расплавленный материал на строящуюся модель. Как правило, верхняя часть сопла наоборот охлаждается с помощью вентилятора для создания резкого градиента температур, необходимого для обеспечения плавной подачи материала. Ассортимент материалов для FDM печати является самым широким среди других доступных технологий. Для печати используют, как правило, термопластики, либо композитные материалы, содержащие различные добавки. Самыми распространенными являются ABS и PLA пластики. Для проведения исследований был выбран Акрилонитрилбутадиенстирол (ABS). Характеристики данного материала представлены в таблице 2 (см. ниже) [4].

В промышленности пластик уже имеет широкое применение, из него изготавливают детали автомобилей, корпуса бытовой техники, радио- и телеаппаратуры. ABS пластик пригоден для нанесения гальванического покрытия и даже металлизации (некоторые марки), а также для пайки контактов. Стоек к спиртам, воде, растворам солей, маслам, кислотам, не подвержен влиянию микроорганизмов и грибкам. Некоторые разновидности ABS пластика разрушаются при попадании ультрафиолетовых лучей, что требует дополнительной защиты.

Для применения ABS пластика в СВЧ-устройствах и антенах, где распространяются электромагнитные волны, необходимо найти значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь. Существует несколько методов измерения данных характеристик, которые вариируются в зависимости от форм и принципов построения резонаторов, частотных диапазонов измерения. Для проведения измерений был выбран метод металлоизделий диэлектрического резонатора (ГОСТ Р 8.623–2006). Конструкция и аналитические выражения для расчёта характеристик описаны в [5].

Определение относительной диэлектрической проницаемости ϵ заключается в измерении резонансной частоты колебания, возбуждаемого в ме-

таллодиэлектрическом резонаторе. Определение тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ заключается в измерении собственной добротности резонатора, и добротности резонатора с образцом.

ТАБЛИЦА 2. Основные характеристики ABS пластика

Характеристика	Значение
Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	1,02–1,06
Предел текучести при растяжении, МПа	26–47
Модуль упругости при растяжении, МПа	1700–2930
Относительное удлинение при растяжении, %	6–100
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	52–95
Модуль упругости при изгибе, МПа	1700–3000
Твердость при вдавливании, МПа	70–125
Твердость по Роквеллу	R80–R116
Коэффиц. линейного термического расширения, $1/\text{ }^\circ\text{C}$	$(0,5–1,1) \cdot 10^{-4}$
Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$	0,2
Удельное объемное электрическое сопротивление, $\text{Ом} \cdot \text{см}$	$10^{13}–10^{16}$
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	$10^1–10^{16}$
Диэлектрическая проницаемость (при 100 Гц)	2,7–3,5
Диэлектрическая проницаемость (при 1 МГц)	2,6–3,2
Тангенс угла диэлектрических потерь (при 100 Гц)	0,005–0,015
Тангенс угла диэлектрических потерь (при 1 МГц)	0,007–0,015
Водопоглощение (равновесное, при погружении), %	0,3–1,8

Для измерения параметров пластика, прошедшего экструзию через сопло принтера, было напечатано 9 образцов цилиндрической формы с диаметром 3 мм и длиной 150 мм. Для создания данных образцов была разработана 3D модель, в которой было учтено то, что данные образцы будут создаваться в вертикальном направлении, и для уменьшения отклонений при печати, необходимо сформировать конструкцию поддержки. Пример данной модели показан на рис. 1а.

Следующим этапом стала подготовка модели к 3D печати – проведения слайсинга. На этой стадии модель разбивается на множество двумерных слоев из которых складывается физический объект. Здесь заедается толщина и ширина каждого слоя указывается уровень заполнения пластиком пространства модели. Результаты слайсинга показаны на рис. 1б. Далее генерируется программный код для управления 3D принтером.

Результаты измерений напечатанных образцов и исходного пластика приведенные в таблице 3. Для сравнения показаны характеристики серийного ламината, применяемого для производства СВЧ-устройств и антенн [6].

Расхождения в значениях для разных образцов могли быть вызваны неполной заливкой измеряемых образцов, из-за которой между слоями образуются воздушные зазоры. При проектировании антенно-фидерных устройств на основе ABS пластика предлагается использовать следующие значения: диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 2,45$, тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta = 4,15 \cdot 10^{-3}$.

Таблица 3. Характеристики ABS пластика
(резонансная частота ненагруженного резонатора 2,4917 ГГц)

Образец №	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь 10^{-3}
Исходный материал	2,56	4,3
1	2,43	4,1
2	2,43	4,1
3	2,43	4,1
4	2,47	4,2
5	2,45	4,2
6	2,41	4,1
7	2,49	4,2
8	2,47	4,1
9	2,47	4,1
Nelco NX9245	2,45	1,6

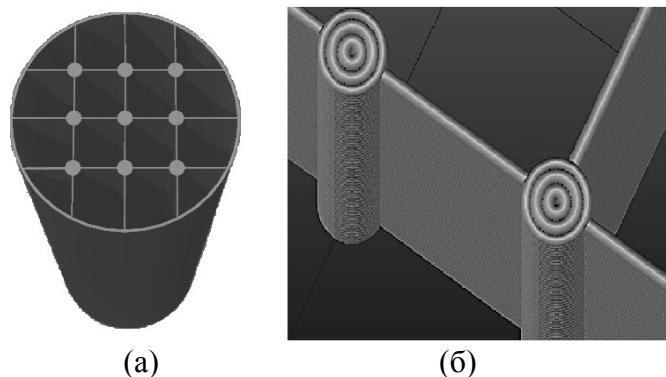


Рис. 1. 3D модель образцов:
а) с поддержкой, б) послойный вид

Проведённое исследование показало, что ABS пластик может использоваться для производства СВЧ-устройств и антенн. Дальнейшее развитие технологии может позволить создавать высокодобротные композитные материалы, имеющие в своем составе керамические и другие примеси, в том числе, позволяющие печатать металлизированные слои. Появление высокоточных 3D принтеров увеличит плотность печати и уменьшит воздушные

зазоры. Есть надежда, что в конечном итоге технология 3D печати позволит создавать законченное изделие СВЧ-диапазона в едином технологическом цикле.

Список используемых источников

1. Закирова Э. А. Исследование печатных плат с многослойными диэлектрическими подложками и разработка микрополосковых СВЧ устройств на их основе: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.07 / Закирова Эльмира Алексеевна; Московский институт электроники и математики. Москва, 2014. 178 с.
2. Elsallal M. W., Hood J., McMichael I. 3D Printed Material Characterization for Complex Phased and Metamaterials. October 14, 2016. P. 1–7.
3. http://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/ (дата обращения 25.01.2018).
4. Куликов Г. Г., Кружков В. Н., Дронь Е. А., Колесников А. А., Кружков О. Н., Шарипова А. М. Введение в информационные системы цифрового моделирования: учеб. Пособие. Уфа : РИК УГАТУ, 2016.
5. Shine L, Cevdet A., Renato G. Precise Calculations and Measurements on the Complex Dielectric Constant of Lossy Materials Using TM010 Cavity Perturbation Techniques // IEEE Transaction on microwave theory and techniques VOL. MTT-29, No.10, October 1981. PP. 1–3.
6. <https://parkelectro.com/products/nh9000/> (дата обращения 25.01.2018).

УДК 621.39

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ИМИТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ СЛОЖНЫХ ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

А. В. Демичев

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В данной статье были рассмотрены особенности имитации радиоэлектронных средств сложных военных объектов, а также методы оценки выходных параметров разрабатываемых средств связи с помощью имитаторов радиолокационных сигналов различных диапазонов. Предложены принципы построения радиоэлектронных средств имитации, рассмотрены некоторые алгоритмы их функционирования, а также возможные проблемы при их проектировании.

имитаторы радиосредств, имитаторы радиолокационной цели, имитация радиолокационной обстановки, комбинированные ложные цели.

Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов показывает, что применение ложных целей может исключить или существенно затруднить выявление и распознавание целей и значительно снизить эффективность поражения войск при использовании противником систем и средств разведки и наведения оружия, работающих в различных физических полях.

К настоящему времени широко известны различные типы ложных целей, одни из них – комбинированные ложные цели, включающие в себя средства радиоэлектронной имитации. Такие имитаторы с параметрами установленных на образцах военной техники средств радиосвязи достаточны при имитации типовых образцов военной техники и могут сыграть важную роль в современных боевых действиях. Их эффективность подтверждена несколькими исследованиями, проведенными за последнюю пару лет [1, 2].

Широко известны ложные комбинированные цели, выполненные в виде надувных макетов из металлизированной прорезиненной ткани с встроенными индивидуально управляемыми источниками теплового излучения, обеспечивающие подобие цели в видимом, радиолокационном и инфракрасном диапазонах [3, 4]. Основной интерес для нас представляет средства радиоэлектронной имитации – имитаторы. Они могут входить в состав комбинированных ложных целей. Такие имитаторы, с установленными параметрами существующих радиосредств, используемых в МО РФ, успешно справляются с имитацией типовых образцов военной-воздушной техники и средств связи.

Стоит отметить, что при имитации радиоэлектронных средств сложных военных объектов, таких, как пункты управления, группировки ПВО, и др. стоит учитывать несколько отличительных особенностей, оказывающих внушительное влияние на проектировку и разработку средств радиоэлектронной имитации военных объектов.

Правильно будет выделить несколько основных особенностей для понимания проблем построения средств имитации:

1. Размещение элементов объекта на значительной площади в соответствии с тактическими нормативами или техническими особенностями функционирования проектируемых объектов. Однако, расстояния между отдельными радиоэлектронными средствами могут быть довольно большими для того, чтобы они разрешались современными высокоточными средствами радио- и радиотехнической разведки.

2. Одновременное функционирование в составе военных объектов широкой номенклатуры радиоэлектронных средств с разными тактико-техническими характеристиками.

3. Наличие характерных только для данного типа и экземпляра объекта редких или уникальных связных, или радиотехнических радиоэлектронных

средств с довольно специфическими параметрами сигналов излучаемых антенным устройством.

4. Различные временные циклы работы радиоэлектронных средств объектов на излучение с различными динамическими характеристиками функционирования.

5. Сложность обеспечения электромагнитной совместимости с прочими радиоэлектронными средствами группировки войск при имитации рабочих параметров радиоэлектронных средств военного объекта.

При имитации боевого функционирования военных объектов на прежних местах при выдвижении из пунктов постоянной дислокации и перебазирования в ходе боевых операций, эти особенности приобретают наибольшее значение.

Делая выводы из вышеперечисленных особенностей, можно утверждать, что построение радиоэлектронных средств имитации военных объектов должно осуществляться на основе принципов, определяющих особенности их построения для достижения необходимой производительности и эффективности. Такими принципами являются комплексность, адаптивность и электромагнитная совместимость [5].

Комплексность – радиоэлектронные средства имитации должны выполнять свои функции согласованно целям, задачам, месту и времени имитации со средствами имитации в других диапазонах (видимом, инфракрасном, радиолокационном) применительно ко всем опасным видам и средствам технической разведки. Стоит отметить, что при этом необходимо учитывать определенные наборы демаскирующих признаков, соответствующих различным состояниям военного объекта, которые могут проявляться в различных физических полях. Также, комплексность имеет ввиду применение средств имитации в сочетании с мерами огневого поражения носителей технических средств разведки.

Адаптивность – радиоэлектронные средства имитации должны обеспечивать воспроизведение излучений с параметрами, соответствующими параметрам сигналов защищаемых объектов в соответствии с изменением режимов функционирования и состояния этих объектов.

Электромагнитная совместимость – мероприятия по имитации не должны нарушать нормальной функционирование своих радиоэлектронных средств и систем.

Основываясь на предложенные принципы, радиоэлектронные средства имитации военных объектов должны включать в себя следующие основные элементы:

1. Имитаторы радиоэлектронных средств. Для радиоэлектронных средств связи их целесообразно создавать на базе радиостанций соответствующих диапазонов частот, модифицированных в части реализации про-

граммного управления с помощью персональных электронно-вычислительных машин перестройкой частоты, видами сигналов и режимами работы. Для имитации радиотехнических средств необходимо проектирование и разработка специальных имитаторов, функционирующих в широком частотном диапазоне и с различными видами излучаемых сигналов.

2. Антенно-фидерную систему в виде набора антенн, обеспечивающих имитацию во всех требуемых диапазонах частот с возможностью замены.

3. Блок управления на основе малогабаритной электронно-вычислительной машины в защищенном исполнении, осуществляющий управление программами имитации, режимами излучения и видами сигналов.

4. Пульт дистанционного управления, предназначенный для включения, выключения или изменения режимов работы с удаления, безопасного при огневом поражении радиоэлектронных средств имитации.

5. Средство радио- и радиотехнического контроля, предназначенное для измерения параметров радиоизлучений реального военного объекта и передачи параметров сигналов в блок управления радиоэлектронного средства имитации, а в ходе боевой работы – для контроля соответствия излучаемых ложных сигналов истинным. Также, результаты контроля используются для обеспечения электромагнитной совместимости с радиоэлектронными средствами группировки наших войск. Средство радио- и радиотехнического контроля возможно реализовать на основе программно-аппаратных комплексов контроля [6] с доработкой программного обеспечения в части передачи результатов контроля на блок управления.

6. Устройство сопряжения со средствами имитации в других физических полях, обеспечивающее согласованность воспроизведения демаскирующих признаков в различных режимах функционирования и при различных состояниях военного объекта.

Структурная схема радиоэлектронных средств имитации военных объектов, включающих вышеупомянутые элементы, изображена на рис. 1.

В [7] автор рассмотрел алгоритм работы радиоэлектронных средств имитации на примере имитации функционирования радиолокационной станции обнаружения, использующей сигналы с линейной частотной модуляцией. Последовательность действий для имитации боевой работы этой радиолокационной станции следующая:

1. Обнаружение сигнала имитируемой радиолокационной станции и оценка его параметров.

2. Передача параметров сигнала в блок управления.

3. Формирование и излучение имитирующего сигнала.

При проведении оценки параметров сигнала с линейной частотной модуляцией возникает необходимость оценивания закона изменения внутриимпульсной частоты сигнала с линейной частотной модуляцией,

что представляет сложность из-за нелинейного функционирования характера модулирующей функции. Эта проблема решается применением преобразователя частоты, в качестве которого можно использовать устройство с линейно-нарастающей амплитудно-частотной характеристикой в области рабочих частот.

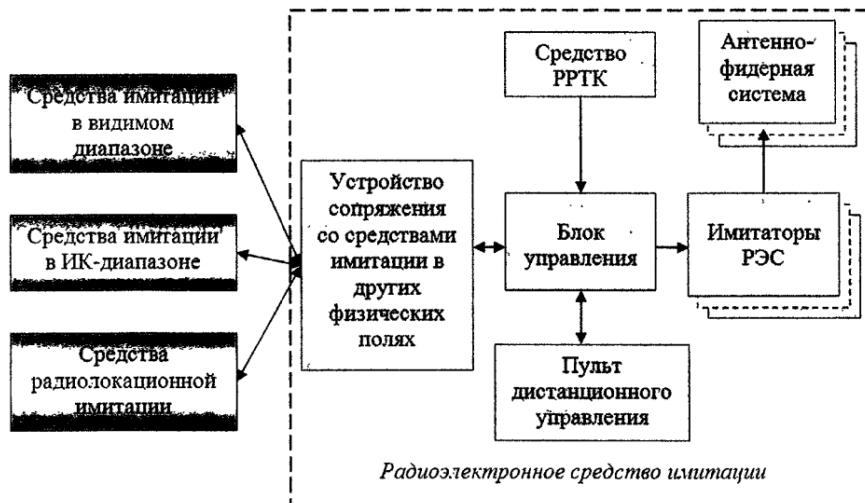


Рис. 1. Структурная схема радиоэлектронных средств имитации военных объектов

При проектировании и разработке устройств связи и радиолокации, чрезвычайно важно провести проверки ключевых параметров на имитаторах, работающих в реальном времени. Один из основных методов, с помощью которого можно получить достоверную информацию о качественных показателях и характеристиках разрабатываемого изделия с простыми и сложными сигналами, является метод натурных испытаний. Как правило, возможности проведения таких испытаний существенно ограничены или вообще невозможны. Оценку многих важнейших выходных характеристик устройств на этапе их проектирования, изготовления опытных образцов и типовых испытаний, серийных образцов можно производить с помощью имитаторов радиолокационных сигналов различных диапазонов. Такие приборы позволяют имитировать отражения от нескольких неподвижных и движущихся целей на любых рабочих дистанциях и помеховую обстановку. Таким образом, разработку методов имитации в реальном времени можно считать актуальной.

В данной работе были рассмотрены особенности имитации радиоэлектронных средств сложных военных объектов, предложены принципы построения и структурная схема радиоэлектронных средств имитации, в качестве примера рассмотрен алгоритм их функционирования при имитации сигналов с линейной частотной модуляцией. Радиоэлектронные средства имитации военных объектов должны иметь в своем составе кроме обычно

включаемых элементов, таких как антенно-фидерная система, имитатор соответствующих диапазонов, блок управления и пульт дистанционного управления, также средство радио- и радиотехнического контроля и устройство сопряжение со средствами имитации в других физических полях.

Список использованных источников

1. Иванцов А. В., Козирацкий А. Ю., Козирацкий Ю. Л., Ляхов П. Р., Прохоров Д. В. Модель поиска истинной цели среди ложных целей // Радиотехника. 2007. № 5. С. 47–49.
2. Иванцов А. В., Козирацкий Ю. Л. Алгоритм различения изображений, имеющих одинаковые геометрические размеры // Радиотехника. 2005. № 7. С. 82–84.
3. Горовой В. Ю., Иванцов А. В., Козирацкий Ю. Л. и др. Патент РФ № 2278344. Тепловой имитатор.
4. Горовой В. Ю., Иванцов А. В., Козирацкий Ю. Л. и др. Патент РФ № 2345311. Комбинированная ложная цель.
5. Князев А. Д. Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. М. : Радио и связь, 1984.
6. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Козьмин В. А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства. М. : Горячая линия-Телеком. 2006.
7. Козирацкий Ю. Л., Иванцов А. В., Калачев В. В., Шмаров А. Н. Пути построения адаптивных радиоэлектронных средств имитации военных объектов с необходимыми параметрами // Радиотехника. 2014. № 9. С. 20–25.

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук
Д. О. Федосеевым.*

УДК 621.396.67

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТУПЕНЧАТЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА РЕШЕТКЕ СВЯЗАННЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ

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

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

Разработан новый метод проектирования ступенчатых эллиптических фильтров с реализацией на решетке связанных микрополосковых линий. Представлен метод расчета физических размеров решеток связанных микрополосковых линий в неоднородной диэлектрической среде. Данный метод может быть использован для проектирования сходных устройств на связанных микрополосковых линий.

ступенчатый эллиптический фильтр, СВЧ устройства, микрополосковая линия, микрополосковый фильтр, полосно-пропускающий фильтр, многопроводная линия, электромагнитное моделирование.

В последнее время в связи с повышением степени интеграции радиотехники СВЧ все большее внимание уделяется устройствам на микрополосковых линиях (МПЛ). Микрополосковая технология обеспечивает компактность устройств, простоту в изготовлении, ремонтопригодность и удобство монтажа твердотельных компонентов. Устройства на МПЛ широко используются в мобильных средствах связи и самолетных радиолокационных системах (РЛС).

Частным случаем устройства, включающего в себя решетки из нескольких связанных полосковых линий, является эллиптический ступенчатый узкополосный фильтр Роудса [1, 2]. Эллиптическим называют фильтр, характеристика затухания которого пульсирует как в полосе пропускания (ПП), так и в полосе заграждения (ПЗ), и имеет нули передачи на конечных частотах. Данные свойства позволяют аппроксимировать характеристику идеального фильтра с применением наименьшего числа резонаторов. Другими способами реализации полосковых ЭФ являются фильтры со связью между не соседними резонаторами [3] и фильтры на типовых звеньях [4, 5]. В работе изложена методика проектирования узкополосного ступенчатого микрополоскового ЭФ. С применением электромагнитного моделирования рассчитаны и приведены кривые для определения ширины зазора между связанными МПЛ на материале Rogers RO4003C с параметрами: $\epsilon_r = 3,55$, $h = 1,524$ мм. Представлены результаты макетирования фильтра.

Рассмотрим порядок проектирования полосно-пропускающего ступенчатого ЭФ с реализацией на МПЛ на численном примере: центральная частота: $f_0 = 2,5$ ГГц; относительная ПП: $w = 3\%$; затухание в ПЗ: $a_s \geq 30$ дБ; сопротивление нагрузки: $Z_0 = 50$ Ом; порядок фильтра $N = 3$; материал подложки Rogers RO4003C с $\epsilon_r = 3,55$, $h = 1,524$ мм.

На рис. 1 представлены три способа реализации ступенчатого ЭФ СВЧ.

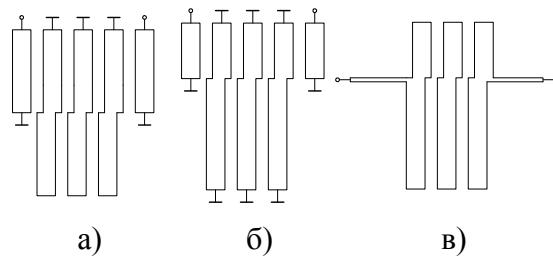


Рис. 1. Способы реализации ступенчатого ЭФ СВЧ: а) из линий одинаковой электрической длины; б) с заземленным линиями различных электрических длин; в) без заземленных линий

Для получения реализуемых геометрических размеров при проектировании узкополосного ступенчатого ЭФ на МПЛ следует остановиться на варианте (а).

На начальном этапе необходимо из схемы эллиптического фильтра-прототипа нижних частот (ФПНЧ) на элементах с сосредоточенными параметрами получить полосно-пропускающую цепь из элементов с распределенными параметрами. Схему ФПНЧ выбирают из таблиц Заалая [4]. Как показали предварительные расчеты, при реализации ЭФ на связанных МПЛ следует выбирать прототип с минимальным затуханием в ПЗ a_s больше требуемого на 10–15 дБ. Исходя из этого, был выбран ФПНЧ С0315-16 с $a_s = 40,8$ дБ. Схема П-секции эллиптического ФПНЧ представлена на рис. 2, а ее АЧХ на рис. 3.

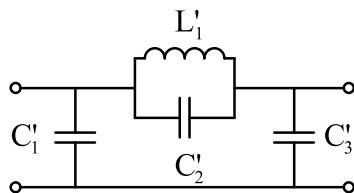


Рис. 2. П-секция эллиптического ФПНЧ

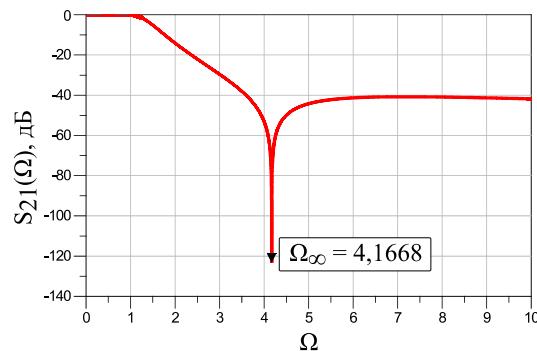


Рис. 3. АЧХ эллиптического ФПНЧ

С помощью одной П-секции можно реализовать эллиптический полосно-пропускающий фильтр (ППФ) третьего порядка с парой нулей передачи на конечных частотах. Воспользовавшись частотным преобразованием от фильтра нижних частот (ФНЧ) к ППФ и преобразованием Ричардса [5] переходим от ФПНЧ на сосредоточенных элементах к ППФ на элементах с распределенными параметрами одинаковой электрической длины (рис. 4).

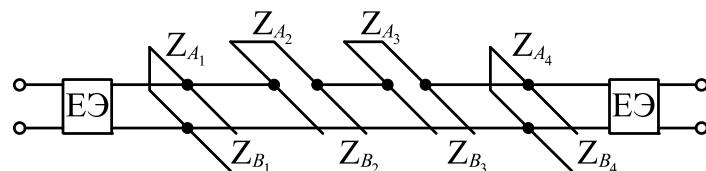


Рис. 4. П-секция эллиптического ППФ 3-го порядка на элементах с распределенными параметрами

Полученную на рис. 4 схему можно представить, как параллельное соединение двух лестничных подсхем: A из закороченных и B из разомкнутых элементов.

Подсхемы A и B реализуются решетками связанных полосковых линий, соединенными параллельно. С целью обеспечить параллельное соединение

θ_0 следует задавать $\theta_0 = \pi/4$. Тогда ширины зазоров и полосков обеих подсхем будут примерно равны.

Решетки связанных линий удобно характеризовать матрицами собственных и взаимных узловых проводимостей или нормированных погонных емкостей.

В исходных матрицах у нулевого и четных узлов отсутствуют проводимости на землю (суммы соответствующих столбцов равны нулю), а уровень всех проводимостей узлов оказывается слишком высоким. Для того чтобы внутреннюю часть фильтра стало возможным реализовать связанными микрополосками, необходимо произвести преобразование матриц проводимостей.

Для удобства последующих расчетов физических размеров с применением метода краевых емкостей следует преобразовать матрицы проводимостей в матрицы нормированных погонных емкостей:

$$[C/\epsilon_0]_{A,B} = \frac{\eta_0 \cdot \epsilon_{r \text{ eff}, A,B}}{\sqrt{\epsilon_{r \text{ eff}, A,B}}} \cdot [Y]_{A,B},$$

где: $[C/\epsilon_0]_{A,B}$ – матрица нормированных погонных емкостей подсхем А или В; ϵ_0 – электрическая постоянная, $\epsilon_0 = 8,85418 \cdot 10^{12}$ (Ф/м); $\epsilon_{r \text{ eff}, A,B}$ – эффективная относительная диэлектрическая проницаемость подсхемы А или В; η_0 – импеданс свободного пространства, $\eta_0 = 120 \cdot \pi$ (Ом); $[Y]_{A,B}$ – матрица волновых проводимостей подсхемы А или В.

Для погонных емкостей элементов подсхем А и В на землю за $\epsilon_{r \text{ eff}}$ принимаются, соответственно, $\epsilon_{r \text{ eff}, A} = 3,24$ и $\epsilon_{r \text{ eff}, B} = 3,1$, а для взаимных элементов – $\epsilon_m = 1,7$. Значения эффективных диэлектрических проницаемостей были получены в результате электромагнитного анализа структур из трех и пяти связанных МПЛ на заданном материале подложки с $\epsilon_r = 3,55$ на частоте f_0 .

В результате получаем следующие матрицы нормированных погонных емкостей:

$$[C/\epsilon_0]_A = \begin{bmatrix} 13,055 & -2,67 & 0 & 0 & 0 \\ -2,67 & 17,036 & -3,9806 & 0 & 0 \\ 0 & -3,9806 & 20,667 & -2,529 & 0 \\ 0 & 0 & -3,2717 & 16,841 & -2,67 \\ 0 & 0 & 0 & -2,67 & 13,055 \end{bmatrix}, \quad [C/\epsilon_0]_B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16,318 & -3,2717 & 0 & 0 \\ 0 & -3,2717 & 20,374 & -3,9806 & 0 \\ 0 & 0 & -3,9806 & 16,524 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Требуемые значения нормированных погонных емкостей узлов на землю получают из сумм столбцов матриц. Недиагональные элементы матриц по модулю равны требуемым значениям взаимных погонных емкостей.

Двумерные емкостные диаграммы преобразованных подсхем представлены на рис. 5.

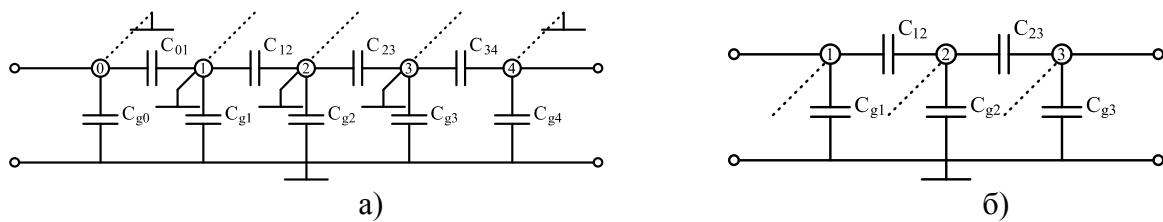


Рис. 5. Преобразованные емкостные диаграммы решеток связанных линий передачи:
а) для подсхемы А; б) для подсхемы В

Определение физических размеров связанных МПЛ сводится, во-первых, к нахождению длин микрополосков в неоднородных диэлектрических средах с $\epsilon_{eff\ A} = 3,24$ и $\epsilon_{eff\ B} = 3,1$ и, во-вторых, к вычислению ширин зазоров и микрополосков методом краевой емкости, совмещенным с электромагнитным моделированием связанных МПЛ (рис. 6).

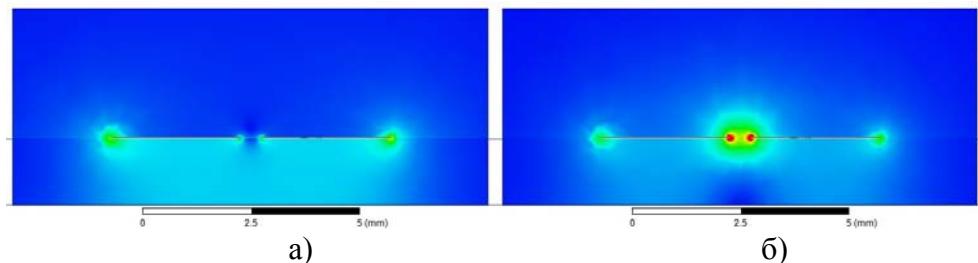


Рис. 6. Моделирование электрического поля в связанных МПЛ:
а) при четном возбуждении б) при нечетном возбуждении

Геометрические размеры исходной топологии (рис. 7) сведены в таблицу 1. В таблице длины lA и lB , указаны с учетом заземляющих металлизированных отверстий и оконечной емкости разомкнутых элементов.

ТАБЛИЦА. Исходные геометрические размеры микрополоскового ступенчатого ЭФ

Подсхема А	lA , мм	WA_0 , мм		WA_1 , мм		WA_2 , мм		WA_3 , мм		WA_4 , мм		
		3,08		3,9		5,28		4,07		3,08		
	8,7	–	SA_{01} , мм		SA_{12} , мм		SA_{23} , мм		SA_{34} , мм		–	
Подсхема В		–	0,45		0,2		0,3		0,45		–	
lB , мм	–	WB_1 , мм		WB_2 , мм		WB_3 , мм		–		–		
	Подсхема В		–	4,3		5,15		4,14		–		–
			–	SB_{12} , мм		SB_{23} , мм		–		–		–
			–	0,3		0,2		–		–		–

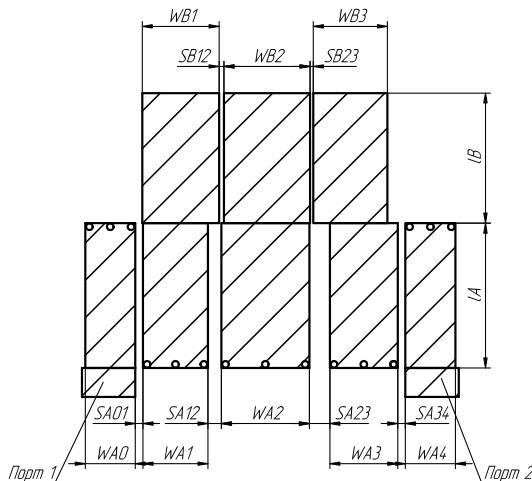


Рис. 7. Топология микрополоскового ступенчатого ЭФ

Список используемых источников

1. Rhodes, J. D. The Stepped Digital Elliptic Filter // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 1969. Vol.: 17. PP. 178–174.
2. Jia-Sheng Hong, Lancaster, M.J. Design of Highly Selective Microstrip Bandpass Filters with a Single Pair of Attenuation Poles at Finite Frequencies // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 2000. Vol.: 48, Issue: 7. PP. 1098–1107.
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.
4. Зааль, Р. Справочник по расчету фильтров. М. : Радио и связь, 1983. 752 с.
5. Wenzel, R. J. Theoretical and Practical Applications of Capacitance Matrix Transformations to TEM Network Design // G-MTT International Symposium Digest, 1966. Volume: 66, Issue: 1.

УДК 621.396.67

СИНТЕЗ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВЫХ СТУПЕНЧАТЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

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

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

Эллиптические фильтры СВЧ обладают большей частотной избирательностью по сравнению с фильтрами Чебышёва или Баттерворта. В современных системах связи, радиолокации и радионавигации актуальна проблема снижения массогабаритных

характеристик устройств. Предложен новый метод проектирования эллиптического ступенчатого фильтра СВЧ с реализацией на микрополосковой линии.

эллиптический фильтр, СВЧ устройства, микрополосковая линия, микрополосковый фильтр, полосно-пропускающий фильтр, многопроводная линия, электромагнитное моделирование.

В настоящее время всё чаще разработчики бортовых и мобильных наземных СВЧ устройств делают выбор в пользу микрополосковой технологии. Устройства на микрополосковой линии (МПЛ) компактны, обладают малой массой, сравнительно дёшевы и технологичны. По сравнению с устройствами на симметричной полосковой линии (СПЛ), устройства на МПЛ удобнее при настройке, обладают большей ремонтопригодностью. Микрополосковые устройства могут быть выполнены как элемент топологии СВЧ печатной платы, а не монтироваться на ее поверхность. В этом случае отсутствуют потери на рассогласование при переходе между различными типами линий передачи. Микрополосковые линии передачи удобны для монтажа дискретных пассивных и активных СВЧ ЭРИ.

Эллиптический фильтр-прототип низких частот (ФПНЧ)

Рассмотрим порядок проектирования полосно-пропускающего ступенчатого ЭФ реализацией на микрополосковой линии на примере технического задания (ТЗ): центральная частота: $f_0 = 3$ ГГц; относительная ПП: $w = 5\%$; ослабление в ПП: $A \leq 1$ дБ; затухание в ПЗ: $a_s \geq 40$ дБ; сопротивление нагрузки: $R_0 = 50$ Ом; материал подложки: Rogers RO4003 с $\epsilon_r = 3,55$ и высотой: $h = 0,813$ мм; порядок фильтра $N = 3$.

Схему эллиптического ФПНЧ на элементах с сосредоточенными параметрами можно получить из таблиц Заала [1]. Как показали предварительные расчёты, следует выбирать прототип с a_s больше требуемого на 10 дБ. Исходя из этого, был выбран ФПНЧ C0325-14 с $a_s = 50$ дБ. Схема П-секции эллиптического ФПНЧ представлена на рис. 1, а её АЧХ на рис. 2.

Нормированные элементы схемы имеют следующие значения: $C'_1 = 1,3141$, $L'_1 = 1,1022$, $C'_2 = 0,0401$, $C'_3 = C'_1$. Ноль передачи схемы расположен на нормированной частоте $\Omega_\infty = 4,7552$.

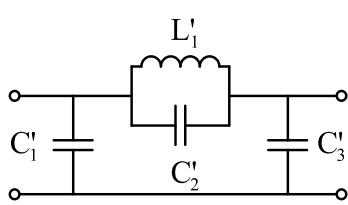


Рис. 1. П-секция эллиптического ФПНЧ

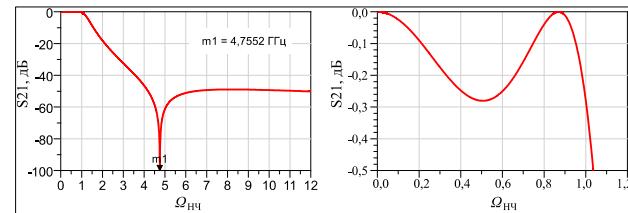


Рис. 2. АЧХ эллиптического ФПНЧ C0325-14

С помощью каскадного соединения подобных П-секций можно реализовать эллиптические полосно-пропускающие фильтры (ППФ) нечётного порядка с симметричной характеристикой затухания. Одна П-секция представляет собой ФПНЧ 3-го порядка [2, 3].

Синтез ступенчатого ЭФ на резонаторах одинаковой длины

Фильтры и другие устройства СВЧ реализуются на элементах с распределёнными параметрами соизмеримых электрических длин. Воспользовавшись частотным преобразованием от фильтра низких частот (ФНЧ) к ППФ и преобразованием Ричардса [4]:

$$\Omega_{\text{НЧ}} \rightarrow a \cdot \left(\frac{\operatorname{tg}(\theta)}{\operatorname{tg}(\theta_0)} - \frac{\operatorname{tg}(\theta_0)}{\operatorname{tg}(\theta)} \right),$$

где: $\operatorname{tg}(\theta)$ – новая частотная переменная; θ_0 – нормирующая электрическая длина линий; a – масштабный частотный коэффициент, переходим от ФПНЧ на сосредоточенных элементах к ППФ на элементах с распределёнными параметрами (рис. 3).

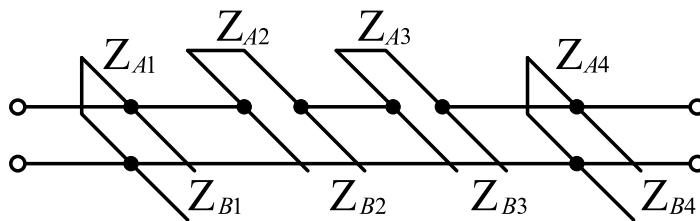


Рис. 3. П-секция эллиптического ППФ 3-го порядка
на элементах с распределенными параметрами

При этом параллельный колебательный контур из элементов L'_1 и C'_2 на рис. 1 преобразуется в два параллельных колебательных контура, включенных последовательно, из элементов с импедансами Z_{A2} , Z_{B2} и Z_{A3} , Z_{B3} на рис. 3.

От выбора нормирующей электрической длины θ_0 зависит расположение паразитной ПП и габариты фильтра. Для получения симметричной характеристики затухания и реализуемых геометрических размеров топологии была выбрана $\theta_0 = \pi/4$.

Масштабный частотный коэффициент a зависит от полосы пропускания и θ_0 . При $w \leq 5\%$ можно применить масштабный коэффициент для узкополосного случая:

$$a = \frac{|\sin(2\theta_0)|}{2\theta_0} \cdot \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{1}{1,5708} \cdot \frac{3 \cdot 10^9}{2,925 \cdot 10^9 - 3,075 \cdot 10^9} = 12,732.$$

Полученную на рис. 2 схему можно представить, как параллельное соединение двух лестничных подсхем *A* и *B*. Подсхема *A* состоит только из закороченных элементов, а подсхема *B* – только из разомкнутых (рис. 4).

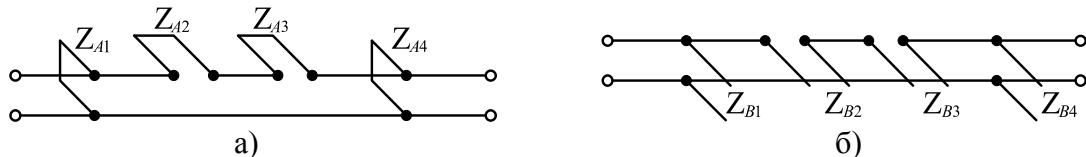


Рис. 4. а) подсхема *A* из закороченных элементов;
б) подсхема *B* из разомкнутых элементов

Очевидным вариантом реализации подсхем *A* и *B* служат многопроводные связанные линии. Двумерные представления решёток связанных линий подсхем *A* и *B* с указанием граничных условий изображены в виде ёмкостных диаграмм на рис. 5. На рис. 5 C_{i-1i} – взаимные ёмкости, C_{gi} – ёмкости узлов на землю ($i = 1, 2, \dots, N + 1$). Итоговой структурой будет параллельное соединение в соответствующих узлах двух решёток связанных линий общей электрической длины $2\theta_0$ на центральной частоте фильтра f_0 .

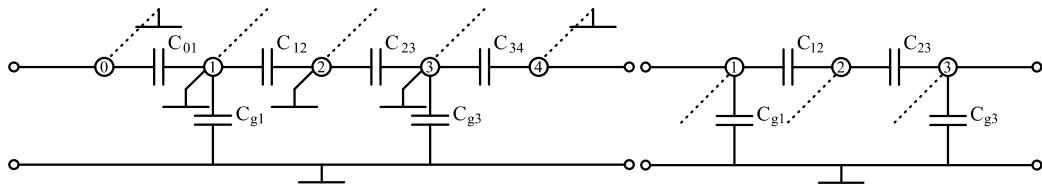


Рис. 5. а) ёмкостная диаграмма решётки связанных линий передачи подсхемы *A*;
б) ёмкостная диаграмма решётки связанных линий передачи подсхемы *B*

Многопроводные связанные линии удобно характеризовать матрицами нормированных узловых проводимостей или нормированных погонных ёмкостей [5].

В исходных матрицах у узлов 0, 2, 4 отсутствуют ёмкости на землю. Для того чтобы данные узлы стало возможным реализовать микрополосками, необходимо произвести линейное преобразование матриц [6], умножив третью строку и столбец обеих матриц на коэффициент $k > 1$. Коэффициент k подбирается таким образом, чтобы ненулевые элементы главной диагонали матриц были примерно равны, а суммы внутренних столбцов были больше 0. Для данного примера был выбран коэффициент $k = 3$.

Далее следует денормировать матрицы для системы 50 Ом, умножив каждый элемент матрицы на $Y_0 = 1/R_0 = 1/(50 \text{ Ом})$.

Физическая реализация ёмкостных матриц ступенчатого ЭФ с резонаторами одинаковой длины на МПЛ

Распространяющуюся в связанных линиях одинаковой геометрии электромагнитную волну можно охарактеризовать как суперпозицию волн чётного и нечётного возбуждений. По определению чётного и нечётного возбуждений:

$$C_e = C_g, \quad C_o = C_e + 2C_m,$$

где: C_g – собственная погонная ёмкость одной линии на землю, C_m – взаимная ёмкость между соседними линиями, C_e – погонная ёмкость линии при чётном возбуждении, C_o – погонная ёмкость линии при нечётном возбуждении.

Физические размеры связанных линий, поддерживающих Т-волны, можно получить из матриц нормированных собственных и взаимных ёмкостей $[C/\epsilon_0]_{A,B}$ с помощью кривых Гетзингера или Кристала [7]. Ввиду асимметричной геометрии связанных МПЛ и распространения в них Квази-Т-волн вышеназванные кривые не применимы даже в качестве приближения.

Ёмкости чётного и нечётного возбуждений связанныго микрополоска можно записать как суммы ёмкости параллельного конденсатора и соответствующих краевых ёмкостей:

$$C_e = C_p + C_f + C_{fe}, \quad C_o = C_p + C_f + C_{fo},$$

где: C_p – ёмкость плоского конденсатора, C_f – краевая ёмкость микрополоска вне области связи, C_{fe} , C_{fo} – краевые ёмкости в области связи при чётном и нечётном возбуждениях.

С помощью электромагнитного моделирования найдем нормированную краевую ёмкость C_f/ϵ_0 изолированного микрополоска с $Z_0 = 50$ Ом. Для этого на центральной частоте фильтра $f_0 = 3$ ГГц определим значение ширины W_0 и ϵ_{reff} микрополоска с характеристическим импедансом Z_0 : $W_0 = 1,74$ мм, $\epsilon_{\text{reff}} = 2,7192$. Затем вычислим полную нормированную погонную ёмкость изолированного микрополоска:

$$C/\epsilon_0 = \frac{\eta_0 \cdot \epsilon_{\text{reff}}}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \cdot \frac{1}{Z_0} = \frac{120 \cdot 3,14 \cdot 2,7192}{\sqrt{2,7192}} \cdot \frac{1}{50} = 12,4261.$$

Нормированная ёмкость плоского конденсатора, образованного микрополоском и металлизацией обратной стороны подложки:

$$C_p/\epsilon_0 = \frac{W_0 \cdot \epsilon_r}{h} = \frac{1,74 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55}{0,813 \cdot 10^{-3}} = 7,5978.$$

Тогда нормированная краевая ёмкость изолированного микрополоска:

$$C_f/\epsilon_0 = \frac{1}{2} \left(C/\epsilon_0 - C_p/\epsilon_0 \right) = \frac{1}{2} (12,4261 - 7,5978) = 2,4142.$$

Топология фильтра представлена на рис. 6, а размеры сведены в таблицу.

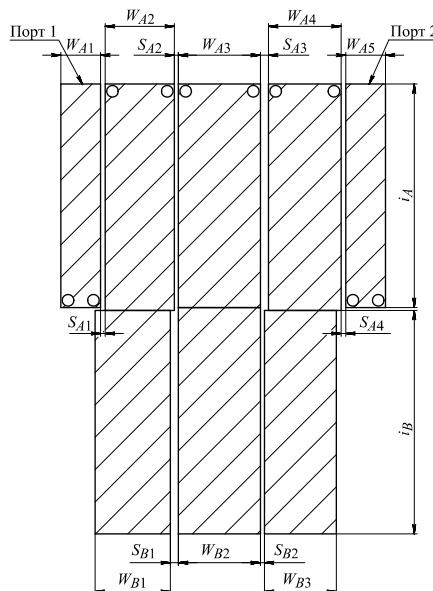


Рис. 6. Исходная топология ступенчатого ЭФ с резонаторами одинаковой длины

ТАБЛИЦА. Исходные геометрические размеры ступенчатого ЭФ с резонаторами одинаковой длины

	W_{A1} , мм	W_{A2} , мм	W_{A3} , мм	W_{A4} , мм	W_{A5} , мм
Подсхема <i>A</i>	1,37	2,37	2,54	2,47	1,37
	S_{A1} , мм	S_{A2} , мм	S_{A3} , мм	S_{A4} , мм	
	0,16	0,145	0,3	0,16	
Подсхема <i>B</i>		W_{B1} , мм	W_{B2} , мм	W_{B3} , мм	
		2,62	2,54	2,515	
		S_{B1} , мм	S_{B2} , мм		
		0,3	0,145		

Список используемых источников

1. Зааль Р. Справочник по расчету фильтров. М. : Радио и связь, 1983. 752 с.
2. Jia-Sheng Hong. Couplings of Microstrip Square Open-Loop Resonators for Cross-Coupled Planar Microwave Filters / Jia-Sheng Hong, M.J. Lancaster // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 1996. Т. 44.
3. Rhodes, J. D. The Stepped Digital Elliptic Filter / J.D. Rhodes // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 1969. Т. 17. PP. 178–174.
4. Richards, P. I. Resistor-Transmission-Line Circuits // Proceedings of the IRE. 1948. Т. 36. PP. 217–220.

-
5. Rhodes, J. D. The Half-Wave Stepped Digital Elliptic Filter // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 1969. Т. 17. РР. 1102–1107.
 6. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Анализ и синтез микроволновых эллиптических фильтров. СПб. : Издательство СПбГУТ, 2013. 368 с.
 7. Wenzel, R. J. Exact Theory of Interdigital Band-Pass Filters and Related Coupled Structures // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 1965. Т. 13.

УДК 623.624

КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЙ

К. В. Дукельский, Т. Ю. Ковалева, Ю. Б. Орлянская

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

Рассмотрены результаты разработки композитных материалов нового поколения, применение которых в системах передачи информации и связи позволяет существенно снизить уровень взаимных помех в передающих и приемных трактах электронных устройств, защитить от влияния внешних электромагнитных воздействий, обеспечить расширение их функциональных и тактико-технических возможностей в заданном частотном диапазоне.

защитные композиты, покрытия, радиофизические параметры.

При функционировании радиоэлектронных систем (РЭС) всегда имеет место действие электромагнитных излучений, как внутрисистемных, так и внешних.

Одним из эффективных методов в комплексной проблеме повышения помехоустойчивости, надежности функционирования РЭС является использование защитных радиопоглощающих композитных материалов (ЗКМ) и покрытий (ЗРП), экранирующих электромагнитные излучения, как от внутренних, так и от внешних источников.

Экранирование СВЧ электромагнитных внутрисистемных излучений повышает качества и достоверности передачи и приема информации. Защита покрытиями внешних поверхностей системных объектов снижает возможности их обнаружения [1].

Разработка ЗКМ и ЗРП, на их основе, экономически целесообразна, если их синтез осуществляется на основе одного типа поглощающего состава, а нанесение может быть осуществлено на поверхности различных типов: металлические, композитные, керамические, стеклянные и др.

ЗКМ могут быть использованы для изготовления отдельных элементов, экранов защищаемых объектов, а где это невозможно, или необходимо по конструктивным особенностям объекта, применяются покрытия. При этом может быть в значительной степени решена и задача обеспечения электромагнитной совместимости электронных систем бортового оборудования за счет его экранирования [1, 2].

Существенное снижение взаимных помех в передающих и приемных трактах устройств защищаемых объектов, работающих в диапазоне 3–37 ГГц, возможно только за счет создания и применения ЗКМ нового поколения, обеспечивающих расширение функциональных и тактико-технических возможностей электронных средств информационных систем (ИС) любых технических объектов.

Основными требованиями к ЗРМ и ЗРП являются:

- пониженная температура отверждения (вплоть до комнатной);
- высокая адгезия к различным типам поверхностей – керамике; металлам, стеклу, полимерным композитам, дереву и др.;
- водостойкость;
- устойчивость к агрессивным средам;
- не токсичность используемых компонентов.

Экспериментальные исследования и теоретические оценки показывают, что дальнейшее совершенствование, а также повышение стабильности характеристик ЗКМ и покрытий могут быть достигнуты путем использования композитных материалов на основе магнитных порошков различного химического состава и полимерной матрицы.

Объектом разработки являлся радиопоглощающий состав на основе порошков ферромагнетиков с различной дисперсностью и экологически чистой полимерной матрицы для ЗРП и исследований радиофизических свойств покрытия для различных типов поверхностей.

Разработка радиопоглощающих составов для ЗРП включает в себя несколько направлений, в том числе моделирование структуры покрытия, исследования радиофизических свойств компонентов, технологию синтеза составов и нанесения покрытий на поверхности объектов, физико-механические испытания и радиофизический эксперимент, используемый для контроля в каждом из перечисленных направлений [2].

В зависимости от типа объекта, где предполагается использование ЗРП, разрабатываются соответствующие технические требования по радиофизическим свойствам, массогабаритным характеристикам и способу технологической реализации на соответствующем техническом объекте.

Технологический процесс синтеза влияет на моделирование структуры ЗРП, выбор компонентов состава, обеспечивающих в комплексе:

- интенсивность поглощения;

- ширину частотного диапазона функционирования;
- массогабаритные характеристики покрытия;
- физико-механические характеристики.

С экономической точки зрения наиболее эффективны тонкослойные покрытия, наносимые лакокрасочным методом пневматического распыления, которые технологичны и могут обеспечивать экранирование в заданном частотном диапазоне.

Состав структуры разработанных ЗРП, наносимых на поверхности технических объектов методом послойного пневматического напыления, подразумевает жидкую полимерную матрицу и магнитные наполнители. Наполнители, вводимые в полимерную матрицу, обуславливают совместно с ней величину и характер магнитных и диэлектрических потерь, их частотные характеристики.

Итогом проводимого исследования является обеспечение возможностей физической реализации структуры покрытий, наносимых на композитные и металлические поверхности элементов, обеспечивающих минимально возможный коэффициент отражения в заданном частотном диапазоне.

Экспериментальные исследования радиофизических свойств, разработанных ЗРП включают следующие технологические процессы:

- Приготовление радиопоглощающего состава.
- Перемешивание состава непосредственно перед нанесением покрытия, в течение 6–10 минут.
- Послойное нанесение радиопоглощающих составов покрытий на модельные образцы композитов при температуре воздуха 18–35°C, до получения требуемого коэффициента отражения.
- Нанесения радиопоглощающих составов покрытий на металлические подложки производится аналогично.
- Выдержка нанесенного покрытия перед измерением коэффициентов отражения – 48 часов.
- Измерения коэффициентов отражения в процессе послойного нанесения радиопоглощающего состава на модельные образцы.
- Анализ результатов исследований.

Результаты измерений радиофизических параметров покрытий, нанесенных на композитные и металлические поверхности, представлены на рис. 1 и 2.

Сходство в зависимостях коэффициентов отражения от образцов с покрытиями – композита (Ряд 1) и металлической подложки (Ряд 2) в заданном частотном диапазоне, обусловлено следующими факторами:

- использованием одного радиопоглощающего состава,
- приблизительно одинакового числа наносимых слоев ЗРП,
- выдержкой ТП нанесения.

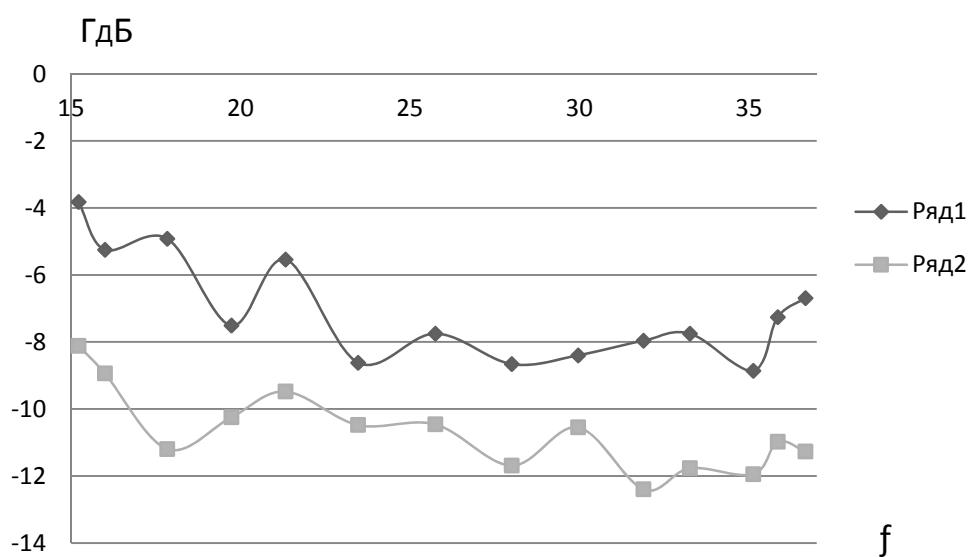


Рис. 1. Результаты измерений коэффициентов отражения в коротковолновой части частотного диапазона: Ряд 1 – композит с покрытием; Ряд 2 – металл с покрытием

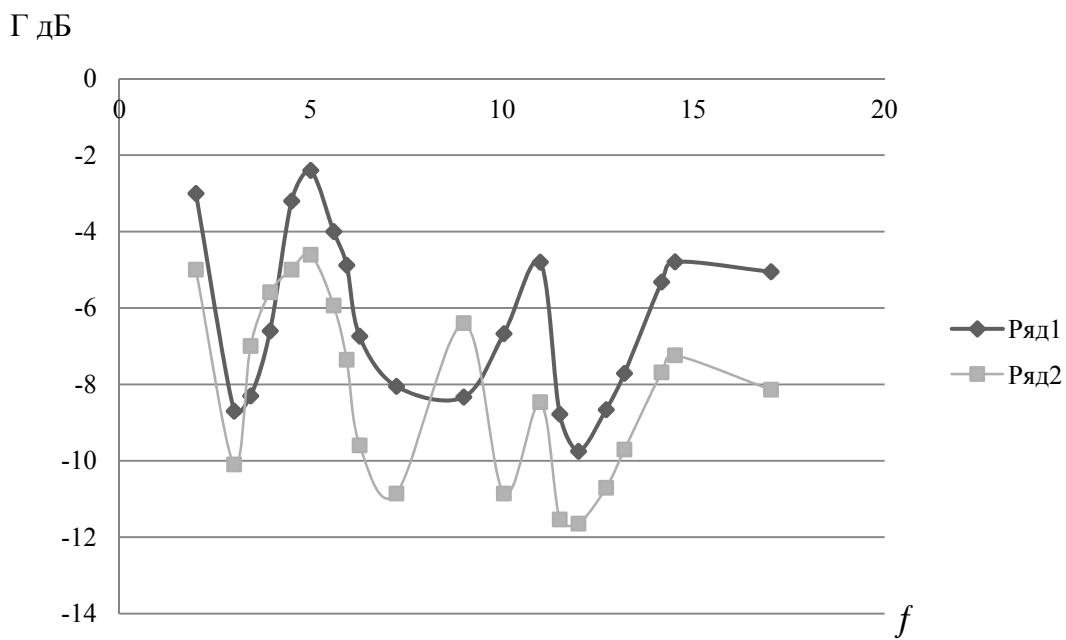


Рис. 2. Результаты измерений коэффициентов отражения в длинноволновой части частотного диапазона: Ряд 1 – композит с покрытием; Ряд 2 – металл с покрытием

Существенное снижение взаимных помех в передающих и приемных трактах устройств, работающих в диапазоне 8–36 ГГц, возможно за счет со-

здания и применения защитных радиопоглощающих покрытий нового поколения, обеспечивающих расширение функциональных и тактико-технических возможностей электронных средств различных видов техники.

При функционировании радиоэлектронных систем (РЭС) всегда имеет место воздействие электромагнитных излучений, как внутрисистемных, так и внешних. Повышение надежности функционирования РЭС с помощью использования ЗКМ и покрытий – экранов является эффективным методом в комплексной проблеме повышения помехоустойчивости.

Применение радиопоглощающих композитных материалов для защиты РЭС, в том числе технических средств передачи информации, при их функционировании, позволит:

- снизить уровень внешних помех, образующихся за счет введенных РЭС в сложные технические системы различных технических объектов и служащими источниками внешних полей;
- увеличить энергетические возможности информационного сигнала на фоне снижения уровня внешних помех;
- обеспечить электромагнитную совместимость узлов и блоков ВЧ и СВЧ устройств и технических средств передачи информации в широкой полосе частот диапазона;
- решить задачи эффективной защиты по электрической и магнитной составляющим поля объектов обработки, приёма – передачи конфиденциальной информации;
- обеспечить защиту отдельных технических средств и компонентов вычислительной техники и защиты персонала от повышенного уровня электромагнитных полей.

Список используемых источников

1. Ермаков А. В., Ковалева А. Г., Ковалева Т. Ю., Карпов Г. А, Андрющенко М. С., Старобинец И. М. Технологические особенности разработки радиопоглощающих покрытий для подвижных объектов военной техники // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XVI Всероссийская научно-практической конференции. Т. 3. Бронетанковая техника и вооружение. СПб. : НПО Специальных материалов, 2013. С. 279–282.
2. Ковалева Т. Ю., Андрющенко М. С., Ковалева А. Г., Ермаков А. В., Старобинец И. М. Разработка многоцелевых защитных композитных материалов и особенности их применения на объектах военной техники // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XVI Всероссийская научно-практической конференции. РАПАН, 2015. Т. 3. С. 226–231.

УДК 51-37

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СРЕДЕ LINUX

В. Н. Жданкин, С. М. Лупехин

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

Разработана программа в среде Linux для математической обработки экспериментальных данных, полученных в ходе исследований эмиссионных свойств холодных полевых катодов. Предлагаемая программа позволяет по данным эксперимента провести автоматизацию расчёта коэффициента усиления поля на эмиссионной поверхности эмиттера при различных условиях эксперимента, а также оценить площадь эмиссионной поверхности и построить график вольт-амперной зависимости для исследуемого эмиссионного катода.

эмиссия, полевые катоды, Linux, программа, Фаулер–Нордгейм.

Введение

В современных электронных технологиях особое место занимает разработка и создание электронных вакуумных приборов и устройств. Прежде всего необходимо выделить задачи конструирования вакуумных генераторных систем в области СВЧ диапазона (лампы бегущей волны, клистроны и т. д.). Одним из наиболее важных рабочих элементов данных устройств является электронный эмиттер. К настоящему времени целый ряд научных групп в России и за рубежом проводят интенсивные исследования эмиссионных свойств так называемых полевых электронных эмиттеров (ПЭЭ) [1, 2, 3] и эффективности их применения в вакуумной электронике.

Основные эмиссионные свойства электронных источников определяют в процессе исследования вольт – амперных характеристик (ВАХ). При этом полевые электронные эмиттеры используют в качестве катодов.

В связи с этим возникает задача автоматизации расчёта эмиссионных параметров (через исследование ВАХ) по результатам экспериментальных исследований, что существенно упрощает вычисление рабочих характеристик и ускоряет процесс изучения эмиттеров.

Необходимо отметить, что предлагаемые к настоящему времени программы для обработки данных сложны в освоении, громоздки и требуют приобретения лицензии.

В представленной работе предложен вариант решения выше названной задачи через создание программного обеспечения для расчета основных рабочих характеристик эмиттера на базовой платформе Linux. Платформа обладает целым рядом преимуществ: имеет открытое ядро, безопасна, открыта к использованию без лицензии. Для написания кода программы использовался язык программирования Python.

Задача программы

Известно, что перспективные разработки полевых катодов, прежде всего, идут в направлении создания так называемых острыйных полевых эмиттеров. Вольт – амперные характеристики (ВАХ) данного типа электронных источников подчиняются т.н. закону Фаулера-Нордгейма [4] для зависимости электронного тока I (плотности тока j) с эмиттера от напряженности электрического поля E у его эмиссионной поверхности. Функциональная зависимость $I = f(E)$ представлена выражением:

$$j = aE^2 \exp\left[-\frac{b\varphi^{3/2}}{E}\right],$$

где E – напряженность электрического поля у эмиссионной поверхности; j – эмиссионный ток с катода; φ – работа выхода; постоянные a и b зависят от геометрии эмиттера и работы выхода материала эмиссионной поверхности.

Т. о., решение задачи по автоматизации вычисления основных эмиссионных параметров исследуемого источника сводится к разработке программного обеспечения для расчета исходных характеристик эмиттера, прежде всего напряженности электрического поля у эмиссионной поверхности (E), эмиссионного тока с катода (j) и работы выхода (φ).

1. Ввод данных

На вход программы поступает массив экспериментальных данных I и U , где I – ток с катода (эмиттера) и U – напряжение на диоде.

При расчете основных эмиссионных параметров катода необходимо учитывать данные связанные с конструктивными особенностями диодной системы и катода:

- 1) d – межэлектродное расстояние (м);
- 2) φ – работа выхода(эВ);
- 3) $S_{\text{Э}}$ – площади поверхности эмиттера (м^2).

Представленные данные вводятся в программу.

2. Программное обеспечение расчета напряжённости электрического поля у рабочей поверхности эмиттера Е и плотности тока с катода I

Для вычисления указанных параметров необходимо определить напряженность электрического поля E у эмиссионной поверхности $E = \frac{U}{d}$ (где d – межэлектродное расстояние (м), U – напряжение на диоде (B)) и плотность тока через соотношение силы тока I с катода и площади поверхности S_3 (м^2) эмиттера $j = I/S_3$ ($\text{A}/\text{м}^2$).

Код программы для расчета напряженности электрического поля и силы тока:

```
while i < T*2:
    E[k] = math.fabs(1 / ((float(s[i].replace(',', '.')) / (d * 10**-9))) / (d * 10**-9));
    if E[k] != 0:
        E[k] = E[k];
    else:
        E[k] = E[k-1];
        k = k + 1;
        i = i + 2;
while i <= T*2:
    I[l] = (float(s[i].replace(',', '.')) / (E[l] * E[l] * S * 10**-9));
    I[l] = math.fabs(I[l]);
    if I[l] != 0:
        I[l] = math.log10(I[l]);
    else:
        I[l] = math.log10(I[l-1]);
    l = l + 1;
    i = i + 2;
```

3. Программное обеспечение для построения графика зависимости

$$\ln\left(\frac{j}{E^2}\right) = f\left(\frac{1}{E}\right)$$

По расчётным данным, полученным во втором пункте, производится программный расчёт для построения графика зависимости (рис. 1)

$$\ln\left(\frac{j}{E^2}\right) = f\left(\frac{1}{E}\right).$$

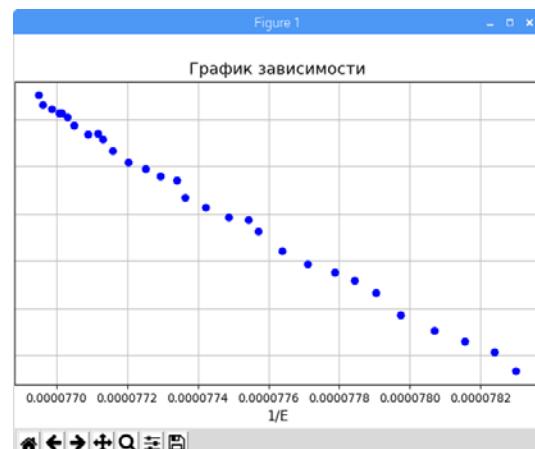


Рис. 1. График

4. Построение аппроксимирующей функции по данным эксперимента

Если программные расчёты указывают на то, что экспериментальная зависимость подчиняется закону Фаулерса-Нордхейма, то в полулогарифмическом масштабе она должна иметь вид прямой линии $y = a * x + b$.

Аппроксимация зависимости заключается в отыскании коэффициентов a и b уравнения таких, чтобы все экспериментальные точки лежали наиболее близко к аппроксимирующей прямой.

С этой целью чаще всего используется метод наименьших квадратов (МНК), суть которого заключается в следующем: сумма квадратов отклонений значения экспериментальной величины от аппроксимирующей принимает минимальное значение:

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (a * x_i + b))^2 \rightarrow \min.$$

Решение поставленной задачи сводится к нахождению экстремума указанной функции двух переменных. С этой целью находим частные производные функции по коэффициентам a и b , приравниваем их к нулю и решаем систему уравнений. Таким образом, находим формулы для определения значения коэффициентов:

$$a = \frac{n * \sum_{i=1}^n x_i * y_i - \sum_{i=1}^n x_i * \sum_{i=1}^n y_i}{n * \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a * \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

С помощью этого алгоритма получен график (рис. 2).

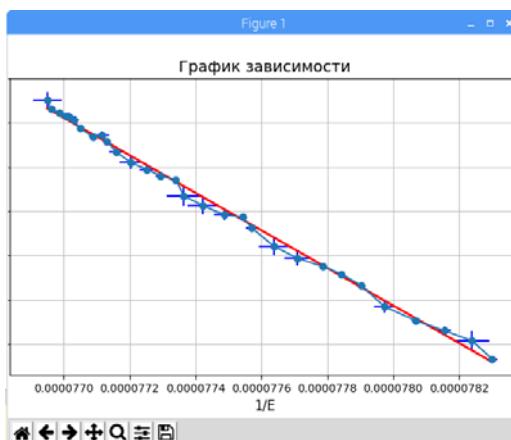


Рис. 2. График с аппроксимирующей функцией

5. Расчёт коэффициента усиления поля

В случае подчинения экспериментальной зависимости закону ФН в виде прямой линии в соответствии с выражением (1) возможно определение коэффициента усиления поля у эмиссионной поверхности эмиттера. Тангенс угла наклона графика линейной зависимости $\ln\left(\frac{j}{E^2}\right) = f\left(\frac{1}{E}\right)$ определяет значение величины $\phi^{3/2} / \beta$. В случае линейной зависимости $y = a * x + b$. Угловой коэффициент равен тангенсу угла наклона прямой $a = \tan(\alpha)$.

Таким образом, зная величину работы выхода ϕ можно определить коэффициент усиления поля β : $\beta = \frac{\phi^{3/2}}{a}$.

Код программы для вычисления коэффициента усиления поля:

$$B_i = ((f_i ** (3/2)) * B) / (a * 2).$$

Заключение

В результате проделанной работы. Создана программа расчета, коэффициента усиления поля на эмиссионной поверхности эмиттера при различных условиях эксперимента и площади эмиссионной поверхности. Программа позволяет существенно увеличить скорость обработки экспериментальных данных и определения основных рабочих характеристик исследуемого процесса. Особенностью созданной программы является автоматизация расчёта погрешности для массива данных, полученных в ходе эксперимента, это в свою очередь сокращает рутинную работу в процессе исследования.

Список используемых источников

1. Лупехин С. М. Полевая электронная эмиссия композитных катодов сnanoструктурной поверхностью // Журнал технической физики. 2015. Т. 85. Вып. 8. С. 132–135.
2. Лупехин С. М. Полевая электронная эмиссия стержневых медно-углеродных катодов с планарной эмиссионной поверхностью // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. Материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2015», 1–5 декабря 2015 г., Москва / Под ред. Академика РАН А. С. Сигова. М. : МИРЭА, 2015. Часть 4. С. 195–196.
3. Колосько А. Г., Ершов М. В., Филиппов С. В., Попов Е. О. Эволюция характеристик полевого эмиттера на основе композита нитроцеллюлоза-углеродные нанотрубки // Письма в журнал технической физики. 2013. Т. 39 (10). С. 72.
4. Елинсон М. И., Васильев Г. Ф. Автоэлектронная эмиссия / Под ред. Д. В. Зернова. М. : Гос. изд. физ.-мат. лит., 1958. 272 с.

УДК 621.314

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ИНВЕРТОРАМИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

П. С. Зубицкий

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В настоящее время актуальным является вопрос обеспечения непрерывности работы и защиты от потери информации в сфере телекоммуникаций, спутниковой и волоконно-оптической связи, медицинской диагностике. Наиболее частой причиной сбоев в работе является нарушение качества электроснабжения, обусловленное самыми разнообразными причинами: изношенность оборудования в системе энергоснабжения России, перегрузка электросетей, плохое качество работ или ошибки персонала при управлении и ремонте, воздействие на электросеть различных потребителей энергии, удары молний в элементы электросети, обрывы линий электропередач при стихийных бедствиях и т.д. Защитить оборудование от пагубных воздействий, ведущих к потере информации, а также обеспечить автономную работу при нарушениях электроснабжения позволяют источники бесперебойного питания.

источник бесперебойного питания, инвертор, микроконтроллер, синусоидальный сигнал, широтно-импульсная модуляция.

Сегодня источники бесперебойного питания (ИБП) являются сложной системой с микропроцессорным управлением, повышающей производительность, надежность работы и увеличивающей сроки эксплуатации электронного оборудования. Они находят применение в вычислительных комплексах, системах слежения, технике специального назначения. ИБП обеспечивают стабильную работу электроприборов в случае кратковременного пропадания сети, а также обеспечивают необходимую длительность работы в случае длительного пропадания сети.

Источники бесперебойного электропитания развивались параллельно с компьютерами и другими высокотехнологическими устройствами для надежного питания этого оборудования, чего стандартные сети электроснабжения обеспечить не могут. Наиболее широко распространены конструкции в качестве отдельного устройства, включающего в себя аккумулятор и преобразователь постоянного тока в переменный. Также в качестве резервного источника могут применяться маховики и топливные элементы. В настоящее время мощность ИБП находится в диапазоне 100 Вт ... 1000 кВт (и более), возможны различные величины выходных напряжений.

При использовании ИБП в технике специального назначения становится невозможным использование готовых модулей, представленных

в большом объеме на рынке, поскольку они не удовлетворяют требуемым техническими массогабаритным характеристикам устройства. Поэтому каждый раз разработка нового устройства носит индивидуальный и эксклюзивный характер.

Инвертор – устройство, которое преобразует постоянное напряжение в переменное и представляет наиболее важный блок ИБП. Помимо использования в бесперебойных источниках питания, инверторы могут применяться и как отдельные устройства; также они широко применяются в схемах управления электродвигателями, а в [1] описан пример применения инвертора в связи на сверхнизких частотах.

Работа инвертора основана на переключении источника постоянного напряжения, вследствие чего происходит изменение полярности напряжения на зажимах нагрузки. Изменение частоты переключения задается сигналами управления, формируемые управляющей схемой (контроллером). Управляющая схема может выполняться как на основе готовых микросхем (например, TL494), так и с помощью программируемого микроконтроллера.

Мостовой преобразователь (в англоязычной литературе называется *H-bridge*) представляет собой схему из четырех транзисторов, работающих в ключевом режиме, расположение которых напоминает латинскую букву Н (рис.). Помимо использования в ИБП, схема популярна в робототехнике, в частности при управлении электродвигателем. Разные комбинации состояний транзисторов позволяют получить на нагрузке как напряжения положительной или отрицательной полярности, так и нулевой потенциал.

В радиотехнике распространена аппаратура, чувствительная к форме сигнала питающего напряжения. К ней относятся трансформаторные источники питания, электродвигатели, компрессоры и прочие устройства. В свою очередь, лампы накаливания, нагревательные приборы и приборы с бестрансформаторными импульсными источниками питания к форме сигнала нечувствительны.

Прежде всего, об искажениях сигнала говорит его спектральный состав. В искаженном сигнале будут присутствовать высшие гармоники, негативно влияющие на работу электрооборудования. Влияние проявляется в увеличении потерь в энергетических сетях и снижении коэффициента полезного действия оборудования, потерях в магнитопроводах трансформатор-

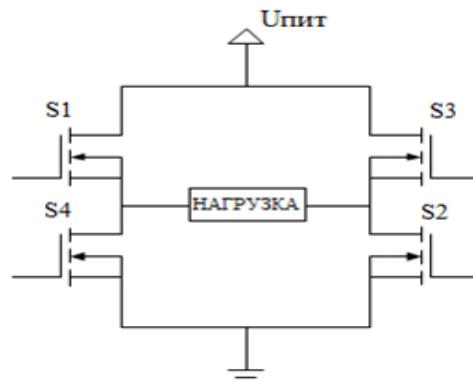


Рисунок. Мостовая схема инвертора

ров, дополнительный нагрев и в выходе из строя предохранителей, электродвигателей, конденсаторов, люминесцентных ламп, ложных срабатываниях предохранителей и автоматических выключателей.

Другим обстоятельством, влияющим на форму выходного напряжения, является работа инвертора на нелинейную или реактивную нагрузку. Важно отметить, что в подобном случае искажается и форма тока, а, следовательно, снижается КПД устройства. Из чего можно заключить, что разработка и исследование схемы, обеспечивающей гармоническую форму напряжения при различных видах нагрузки, является актуальной задачей.

Целью работы является разработка схемы силового инвертора напряжения со следующими характеристиками:

– входное напряжение: постоянное (300–400 В), уточняется в процессе разработки в зависимости от величины падения напряжения на инверторе и выходном фильтре;

– выходное напряжение: синусоидальной формы, действующее значение (220 ± 10 В), частота (50 ± 1 Гц);

– разность уровней первой и третьей гармоник не менее 30 дБ;

– выходная мощность от 10 до 600 Вт;

– КПД не менее 90 %;

– тип нагрузки: любой;

– возможность применения отечественных ПКИ;

– массогабаритные показатели: минимально возможные;

В работах зарубежных авторов [2, 3, 4, 5] практически не рассматривается работа инверторов на основные виды нагрузок. Таким образом, представляет интерес проведение дополнительного исследования в данной области.

Список используемых источников

1. Сукер К. Силовая электроника: руководство разработчика; пер. с англ. А. Н. Рабодзея. М. 2007. 251 с.
2. Jim Doucet. Dan Eggleston & Jeremy Shaw DC/AC Pure Sine Wave. Term paper. Worcester Polytechnic Institute. Worcester, USA. 2007.
3. Ian F. Crowley. Ho Fong Leung PWM Techniques: A Pure Sine Wave Inverter, Worcester Polytechnic Institute. Worcester, USA. 2011.
4. A. AliQazalbash, Awais Amin, Abdul Manan and Mahveen Khalid. Design and Implementation of Microcontroller based PWM technique for Sine wave Inverter // Proc. of Power Eng 2009. Lisbon, 2009.
5. Paul Purification. Performance and analysis of DC-AC pure sine wave inverter. BRAC University, Dhaka. 2010.

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Федосеевым Д.О.*

УДК 621.396.67

**МОДЕЛЬ ЕДИНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ «АКТИВНАЯ ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ
РЕШЕТКА – НАЗЕМНЫЙ ПОДВИЖНЫЙ ОБЪЕКТ»
НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА
ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ**

В. М. Игнатьев, В. А. Мешалкин, А. К. Яковлев

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

Рассматриваются вопросы разработки активных фазированных антенных решеток УКВ диапазона, приводится последовательность моделирования активных фазированных антенных решеток УКВ диапазона с помощью программного комплекса CST STUDIO SUITE.

наземный подвижный объект, активная фазированная антенна решетка, вычислительный эксперимент, метод конечных разностей во временной области.

Одним из самых распространенных вариантов исполнения антенн УКВ диапазона наземных подвижных объектов (НПО) является штыревая антenna, или несимметричный вибратор. Широкое применение антенн данного типа объясняется их относительной простотой и высокими эксплуатационными характеристиками. В качестве недостатка отмечается узкополосность, а также дополнительные искажения характеристики направленности антенны, установленной на НПО, обусловленные влиянием корпуса объекта.

Существенное влияние корпуса на диаграмму направленности антенны обусловлено несколькими причинами. Первая причина – это сложная геометрия НПО и наличия на нем различного оборудования и снаряжения, которое находится в ближней зоне излучения (приема). Вторая причина заключается в том, что размеры объекта сопоставимы с длиной волны, из-за чего возникают сложные резонансно-дифракционные процессы. Указанные недостатки приводят к снижению качества или пропаданию связи в определенных направлениях.

Таким образом, задача разработки антенных систем для НПО, с учетом воздействия корпуса объекта на формирование диаграммы направленности, обладающих стабильными характеристиками в рабочем диапазоне частот, является актуальной.

Задача расчета и проектирования антенных систем заключается в удовлетворении определённых требований, предъявляемых к радиосистеме в целом. Разработка антенных систем в единой электродинамической системе с корпусом носителя в настоящее время стала возможной благодаря широкому распространению методологии вычислительного эксперимента [1, 2], основанной на использовании численных методов электродинамики.

Современные программные комплексы, основанные на численных методах электродинамики, позволяют проводить моделирование сложных физических процессов. Одним из них является программная среда CST Studio Suite [3], включающий в себя различные модули, в том числе модуль CST Microwave Studio (CST MWS), использующий метод конечных разностей во временной области (КРВО) [4].

Метод КРВО является универсальным инструментом, который успешно используется практически во всех задачах электродинамики, где необходим анализ нестационарных процессов в неоднородном пространстве для объектов с произвольной формой. Метод основан на конечно-разностной схеме дискретизации уравнений Максвелла и представляет собой развёртывающуюся во времени процедуру, в ходе которой реальные непрерывные электромагнитные волны (ЭМВ), представленные в векторной форме, раскладываются по координатам и заменяются дискретными числовыми аналогами. Уравнения метода КРВО и их вывод представлены в широком ряде отечественных и зарубежных источников, например [5, 6].

При проектировании АФАР, параметры отдельных излучателей в значительной мере определяют собой параметры антенной решетки, поэтому на первый план выдвигается вопрос о создании базового излучателя с требуемыми параметрами. В результате исследования антенн с различными типами нагрузок на основе алгоритма перебора вариантов, был выбран широкополосный базовый излучатель с индуктивно-резистивными цепями (рис. 1, см. ниже).

Включение в antennу ряда индуктивно-резистивных нагрузок позволяет изменить её электрическую длину, что позволяет уменьшить её габаритные размеры и обеспечить ширину полосы пропускания не менее 65 МГц с относительно низким коэффициентом стоячей волны (КСВ) и приемлемым коэффициентом усиления (КУ).

Подключение трансформатора к двум параллельным цепям антенны индуктивно-резистивной нагрузки позволяет реализовать коэффициент перекрытия диапазона 3,6. Широкодиапазонность достигается за счет введения двух комбинированных нагрузок на определенных расстояниях друг от друга и выбора места питания.

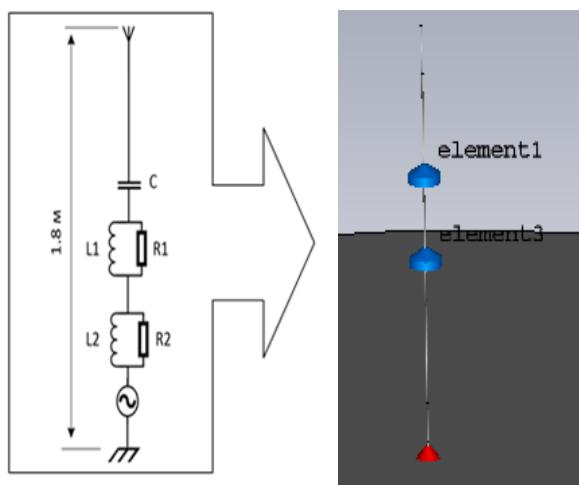


Рис. 1. Широкополосный базовый излучатель с индуктивно-резистивными цепями

С помощью алгоритмов, заложенных в программный модуль CST MWS, проведена процедура оптимизации конструкции выбранного базового излучателя АФАР и его характеристик. Получено значение КПД излучателя на уровне 70 % во всем рабочем диапазоне частот (рис. 2).

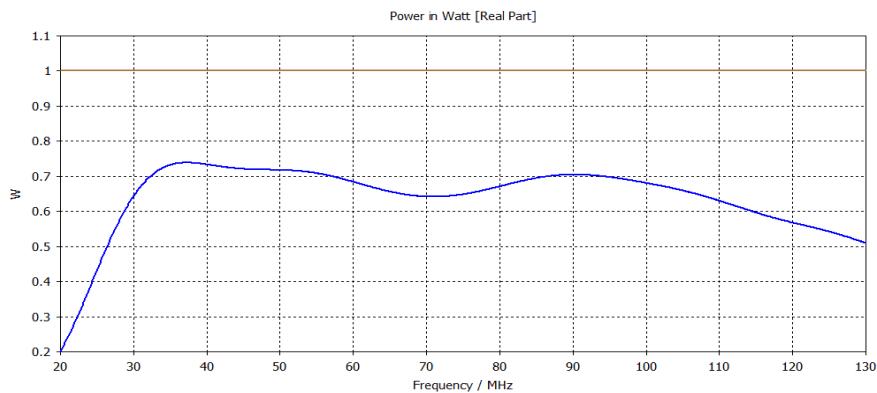


Рис. 2. Подводимая и излучаемая мощности широкополосной антенной

На следующем этапе проведено построение решетки на основе базового излучающего элемента, как показано на рис. 3.

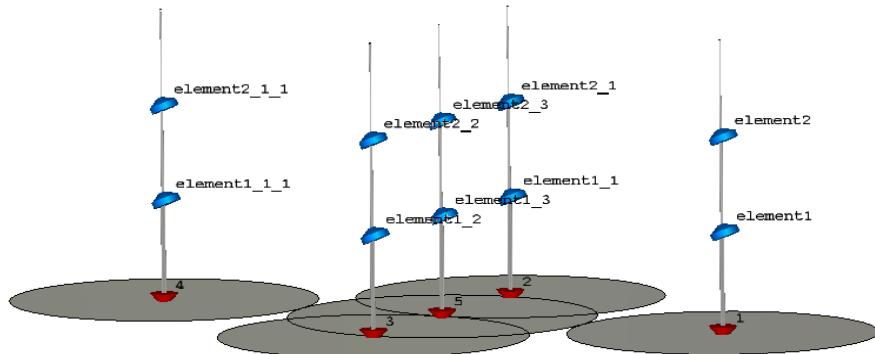


Рис. 3. Антennaя решетка на основе выбранного базового излучателя

Данная антенная решетка построена из соображений оптимального расположения в ограниченном пространстве, с учетом взаимного влияния. Расстояние выбрано между излучателями антенной решетки из расчета $\lambda/2$ на частоте 60 МГц, это излучатели 2 и 3. Излучатели же 1 и 4 служат директорами на верхних частотах диапазона.

Проведены расчеты АФАР в открытом пространстве и получены базовые характеристики. На основе этих расчетов внесены корректизы в комбинированные нагрузки базового широкополосного излучающего элемента для получения оптимальных результатов.

На следующем этапе АФАР размещается на типичном НПО, в качестве которого взят БТР-80 (рис. 4).

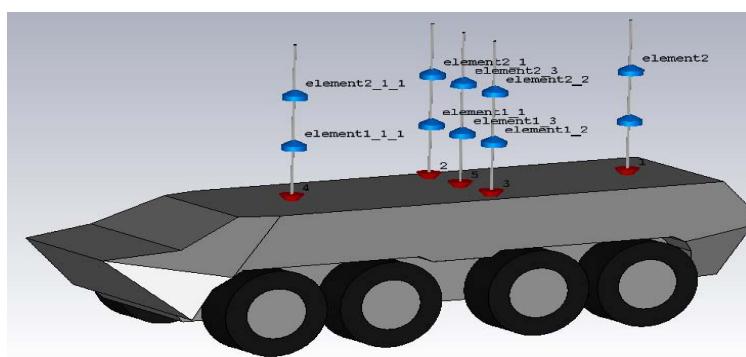


Рис. 4. Активная фазированная антенна решетка на НПО

Активная фазированная антенна решетка на наземном подвижном объекте с заданными граничными условиями метода КРВО представлена на рис. 5.

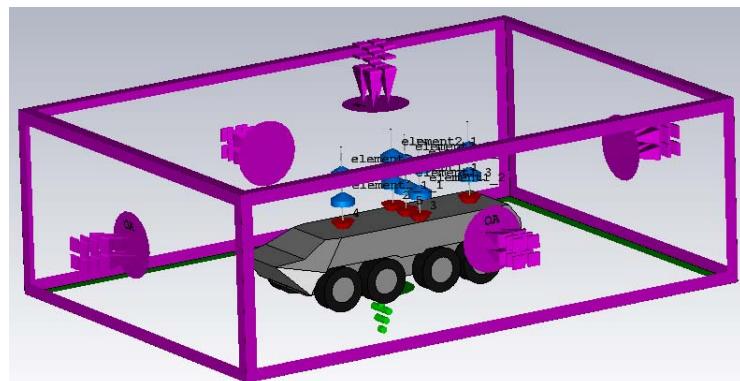


Рис. 5. Активная фазированная антенна решетка на НПО
с заданными граничными условиями

При расчете характеристик направленности антенны приняты следующие ограничения:

- бронеобъект является однородным;
- используется упрощенная модель бронеобъекта;

– бронеобъект находится на открытой ровной площадке, окружающие его предметы отсутствуют.

Бронеобъект в модели представлен аппроксимацией, наиболее приближенной к реальной. Составные части бронеобъекта описываются совокупностью геометрических фигур, позволяющих приблизить модель к реальному бронеобъекту.

При расчете в модели использовались следующие значения макроскопических параметров:

- для корпуса бронеобъекта $\varepsilon_{r1} = 1; \mu_{r1} = 1; \sigma_1 = 10^{12}$ См/м;
- для подстилающей поверхности $\varepsilon_{r2} = 1; \mu_{r2} = 1; \sigma_2 = 10^{-2}$ См/м;
- для окружающей среды $\varepsilon_{r3} = 1; \mu_{r3} = 1; \sigma_3 = 10^{-14}$ См/м.

Используя возможности программного модуля электродинамического моделирования CST MWS, произведен расчет характеристик полученной антенной системы с учетом влияния корпуса НПО. Но, все же, обойти все ограничения полностью не представляется возможным, по причине того, что, увеличение геометрической сложности исследуемого объекта, максимально приближая его к действительному, приводит к увеличению вычислительной сложности расчета, что требует использования мощных вычислительных комплексов.

Результаты моделирования единой электродинамической системы «активная фазированная антенная решетка – наземный подвижный объект» на основе численного метода электродинамики демонстрируют возможность разработки высокоэффективных антенных систем для НПО и эффективность предложенной АФАР относительно существующих антенных систем УКВ диапазона, обеспечивая, при этом, ведение связи во всех направлениях.

Список используемых источников

1. Мешалкин В. А., Парфиров В. А. Вычислительный эксперимент в электродинамике // Научно-технический сборник № 87. Труды академии. СПб. : ВАС, 2014. С. 182–189.
2. Парфиров В. А., Мешалкин В. А., Бузняков Е. Н. Методология электродинамического вычислительного эксперимента // Неделя науки 21–24 апреля 2015 г. Труды конференции. В 2-х кн. Кн. 2. СПб. : ВАС, 2015. С. 170–172.
3. Сайт официального производителя программного обеспечения www.cst.com.
4. Григорьев А. Д. Методы вычислительной электродинамики. М. : Физматлит, 2013. 432 с.
5. S. Yee. Numerical solution of initial boundary value problems involving Max-well's equations in isotropic in isotropic media // IEEE Trans. Antenna's Propagat. May 1966. Vol. AP-14. p. 302–307.
6. Зеленин А. Вычисление электромагнитного поля в дальней зоне с использованием метода FDTD и интеграла Кирхгофа [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.zfdtd.narod.ru.

УДК 621.396.676

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО АНТЕННОГО УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ КОРАБЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ДВ-СВ АНТЕННЫ

С. И. Ильичев, С. В. Русин

ПАО «Информационные телекоммуникационные технологии»

В статье приведен результат электродинамического моделирования в HFSS корабельной передающей антенны для приводной радиостанции ДВ-СВ. В качестве результатов приведены входные характеристики антенны и основные параметры антенны. По входным характеристикам антенны рассчитано согласующее устройство.

антенна, электродинамическое моделирование, HFSS, согласующее устройство.

Приводная радиостанция – составная часть дальнего приводного радиомаяка и является обязательным элементом системы радиопривода на авианесущих кораблях. Приводная радиостанция ДВ-СВ диапазона имеет несколько важных преимуществ.

Благодаря особенностям влияния земной поверхности на распространение радиоволн приводная радиостанция ДВ-СВ диапазона гарантировано обеспечивает привод самолёта или вертолёта на корабль, даже если тот находится за горизонтом, при этом не требуется большая мощность излучения. Кроме того, радиосигнал не подвержен замираниям.

Приводная радиостанция ДВ-СВ диапазона имеет существенный недостаток – её длинноволновая Т-образная антenna накладывает негативный отпечаток на облик корабля. Для поддержки антенны требуется две мачты, это приводит к увеличению габаритов и радиолокационной заметности, требуется более прочный, а значит более тяжелый корпус, что ухудшает ходовые качества корабля. Проблема уменьшения габаритов антенны приводной радиостанции является актуальной. Проблема уменьшения габаритов антенны приводной радиостанции является актуальной. Проблема может быть решена на основе замены широкополосного класса излучения A2A опознавательного знака на узкополосный класс излучения A1A [1]. В этом случае передающая антenna может быть вписана в сферу радиусом 1,5 м. Решение проблемы значительно улучшит боевые качества авианесущих кораблей.

Несимметричный излучатель с верхней емкостной нагрузкой изображен на рис. 1. По условию габариты антенны таковы, что радиус описанной

вокруг неё сферы $r = 1,5$ м. Вертикальная часть излучателя – стальная труба диаметром 6 дюймов (радиус $a = 165$ мм) длиной $\ell = 1,5$ м; верхняя емкостная нагрузка – диск радиусом $r = 1,5$ м. Размеры наглядно показаны на рис. 2.

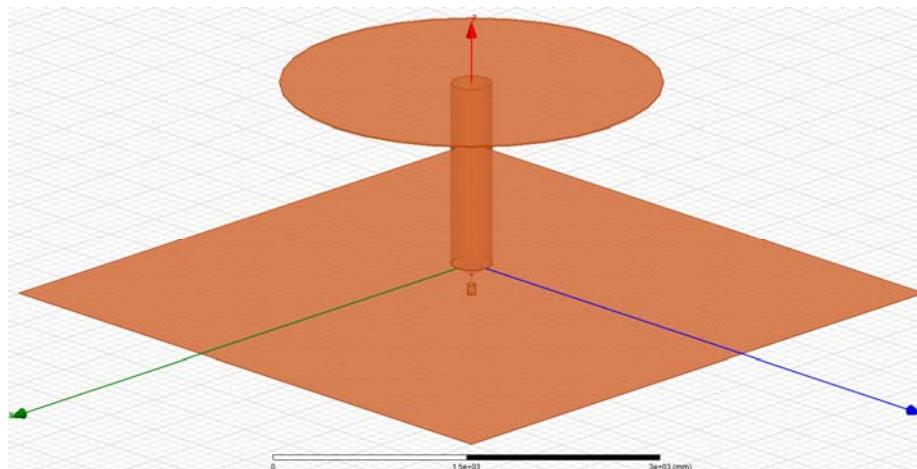


Рис. 1. Общий вид несимметричного излучателя с верхней емкостной нагрузкой

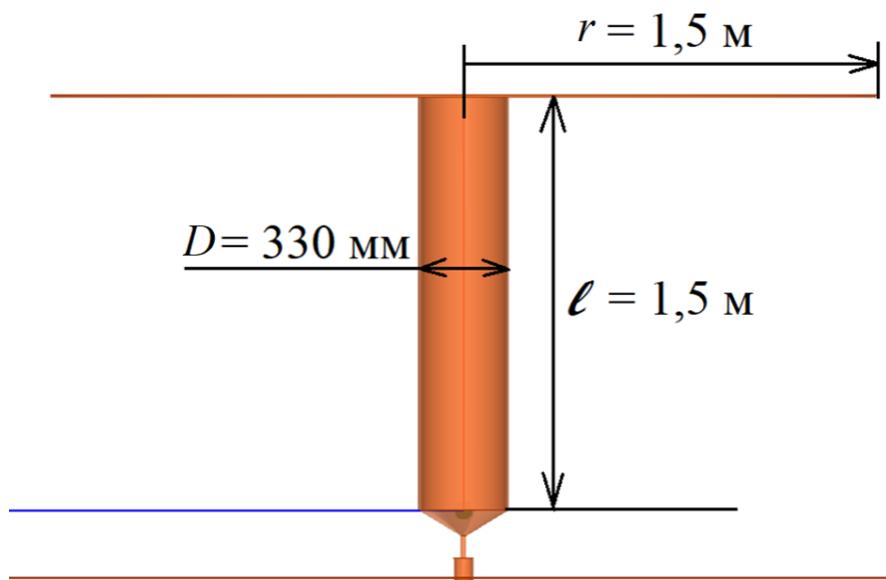


Рис. 2. Вид с боку несимметричного излучателя с верхней емкостной нагрузкой

Питание несимметричного излучателя с верхней емкостной нагрузкой осуществляется кабелем 75 Ом, как показано на рис. 3. *Узел питания излучателя – коническое окончание излучателя* к острой части которого подводится центральная жила питающего кабеля. Оплетка кабеля соединена с металлическим основанием.

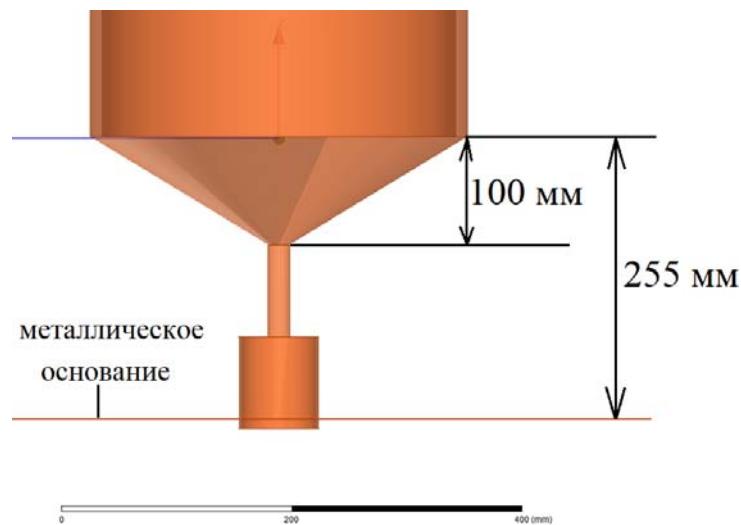


Рис. 3. Подключение кабеля к несимметричному излучателю с верхней емкостной нагрузкой

Границные условия заданы таким образом, что металлическое основание, на которое замкнута оплётка кабеля, лежит на идеально проводящей поверхности. В остальных направлениях задано свободное пространство, рис. 4.

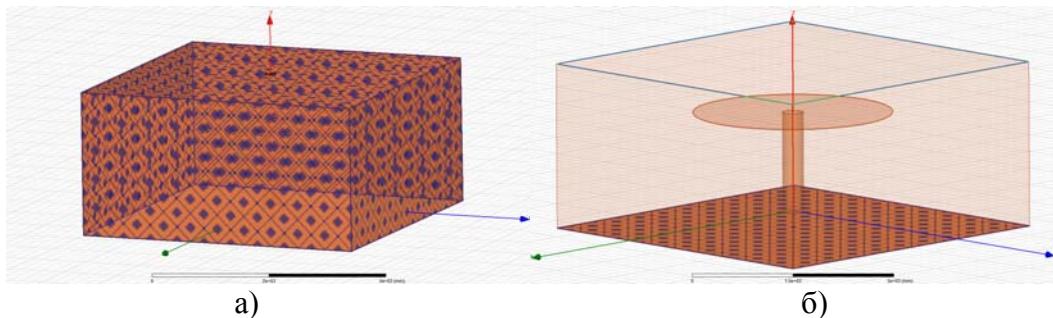


Рис. 4. Заданные граничные условия: а) свободное пространство;
б) идеально проводящая поверхность

Задание идеально проводящей поверхности в качестве граничных условий позволяет учесть влияние земли на несимметричный излучатель. Это позволяет оценить характеристики излучателя в условиях приближенным к реальным.

Далее на рис. 5–9 приведены основные характеристики.

Благодаря осевой симметрии точки питания, ток по трубе распространяется равномерно, в результате чего получаем в горизонтальной плоскости равномерную, без провалов, диаграмму направленности.

На рис. 7 и рис. 8 представлено активное и реактивное входное сопротивление, по характеру изменения значений видно, что один из резонансов

находится на более низкой частоте. Это означает, что антенна работает в не резонансном режиме на центральной частоте.

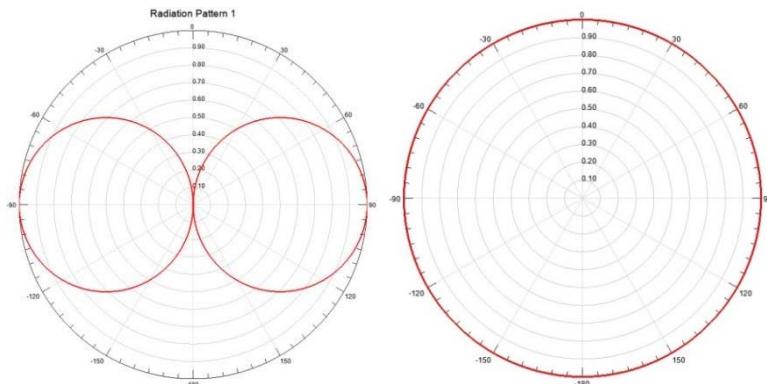


Рис. 6. Диаграмма направленности в вертикальной и горизонтальной плоскости

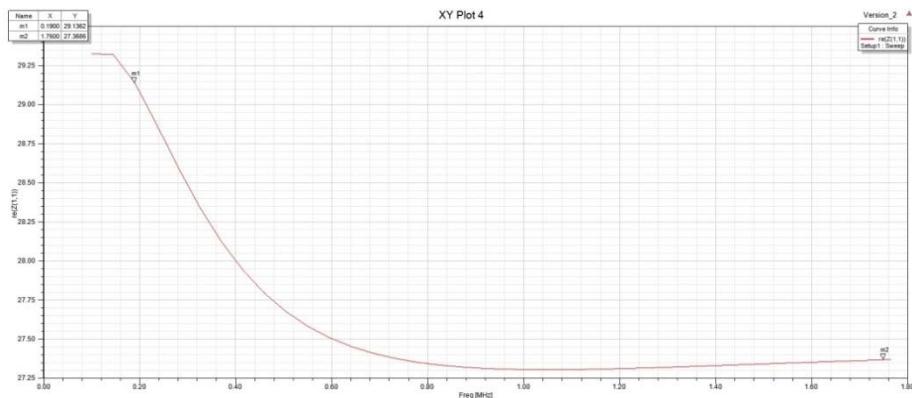


Рис. 7. Активное сопротивление на входе несимметричного излучателя

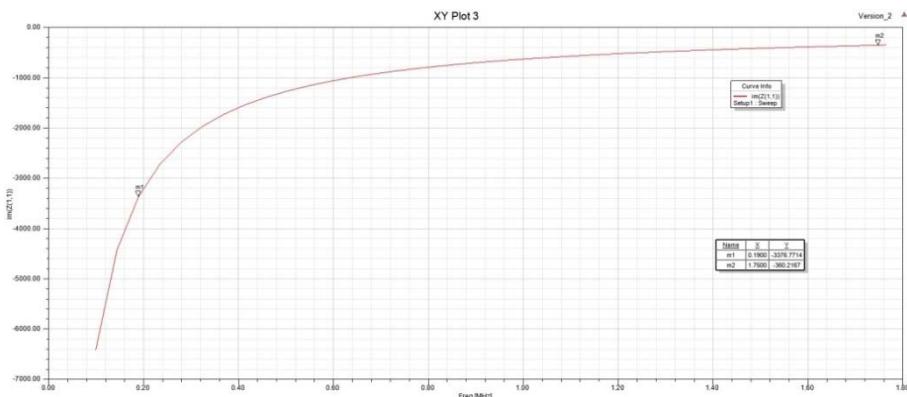


Рис. 8. Реактивное сопротивление на входе несимметричного излучателя

Схема согласующего устройства показана на рис. 9. При входных характеристиках антенны – показанных на рис. 7 и рис. 8. Индуктивность катушки на краях рабочего диапазона частот имеет величину: $L_{AK} = 1,39$ мЛГн

на частоте 190 кГц и $L_{AK} = 16,1$ мкГн на частоте 1750 кГц. Добротность согласующей цепи $Q = 2,16$. Расчетные характеристики согласующего устройства найдены [2] и приведены в таблице.

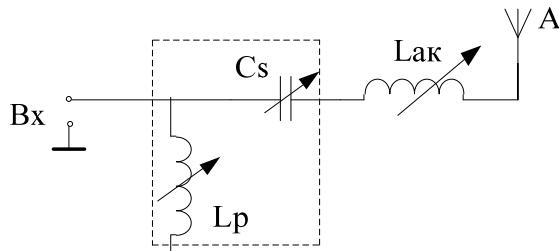


Рис. 9. Схема антенного устройства электрического типа с согласующим устройством на реактивных элементах с последовательной ёмкостью

ТАБЛИЦА. Номиналы элементов согласующей цепи на краях диапазона частот

Элемент согласующей цепи	Частота, кГц	
	190	1750
СЦ с последовательной ёмкостью	$C_s, \text{ нФ}$	29,4
	$L_p, \text{ мкГ}$	23,9
		3,2
		3,15

КПД антенного устройства на краях рабочего диапазона частот имеет величину: $\eta_{(190 \text{ кГц})} = 5 \cdot 10^{-5}$ на частоте 190 кГц и $\eta_{(1750 \text{ кГц})} = 26,8 \cdot 10^{-2}$ на частоте 1750 кГц. КПД достаточен для обеспечения требуемой эффективности при водной радиостанции [1].

По результатам моделирования были получены входные характеристики несимметричного излучателя с верхней емкостной нагрузкой и рассчитана согласующая цепь. Излучатель работает в не резонансном режиме, что позволяет использовать достаточно несложную схему согласующего устройства. Полученные результаты близки к теоретическим, это показывает, что моделирование и расчет в программе выполнены без явных ошибок.

Список используемых источников

- Ломакова А. С., Русин С. В., Савенкова Ю. В., Шевченко В. В. Решение проблемы миниатюризации корабельной ДВ-СВ антенны // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. СПб. : СПбГУТ, 2017. Т. 1. С. 237–242.
- Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: пер. с англ. М. : Радио и связь, 1990. 288 с.: ил.

УДК 621.396

СИГНАЛЬНО-КОДОВЫЕ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МНОГОАНТЕННЫХ СИСТЕМ

Е. А. Исупова, Д. Д. Капралов, Д. И. Кирик

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

Современные стандарты беспроводной связи предусматривают использование нескольких приёмных и передающих антенн для увеличения пропускной способности. Эти стандарты предусматривают использование каскадной конструкции, внутренними кодами которой являются пространственно-временные коды (то есть коды для многоантенных систем, построенные над бесконечными полями), а внешними – известные коды над конечными полями.

MIMO, пространственно-временные коды, списочный декодер.

Введение

В данной статье представлена каскадная сигнально-кодовая конструкция для систем много-антенной передачи и приёма (МАПП, англ. MIMO – *Multiple Input Multiple Output*). Такие системы содержат несколько приёмных и передающих антенн, а коэффициенты передачи между каждой парой антенн статистически независимы. Одновременное использование нескольких антенн позволяет увеличить скорость передачи и уменьшить вероятность ошибки при приёме. Такие системы также называют системами с пространственным разнесением, по аналогии с системами с временным или частотным разнесением. Для эффективной передачи по нескольким антеннам недостаточно использовать только пространственное разнесение. Сигнально-кодовые конструкции, использующие одновременно пространственное и временное разделение, называются пространственно-временными кодами. Более подробный обзор существующих решений можно найти в [1] и [2]. В исследование будем использовать пространственно-временной код, свободный от перестановок и повторений. Кодовые слова данного кода представляют из себя матрицы, столбцы которых являются столбцами матрицы Адамара.

Современным системам связи требуются коды с низкой вероятностью ошибки на блок, быстрым алгоритмом декодирования и высокой скоростью. Для достижения этих требований мы будем использовать ОЛО коды с кодами компонентами Рида-Соломона.

Коды с локализацией ошибок были предложены в 1963 г. [3]. Они позволяли обнаруживать ошибки, но не исправлять их. В 1972 г. были введены

обобщённые каскадные коды, позволяющие и обнаруживать, и исправлять ошибки. В последствие был доказано, что ОЛО коды конструктивно являются обобщёнными каскадными кодами, но отличаются в алгоритме декодирования. В работе [4] была впервые представлена и подробно рассмотрена конструкция трёхмерных ОЛО кодов, позволяющая достичь больших кодовых длин.

Модель канала

Пусть имеется передающая станция с N_T антennами (T – *transmit*), и принимающая с N_R антennами (R – *receive*). Информация передаётся блоками длины L , одновременно всеми передающими антennами. Интерференция во временной области отсутствует. Канал стационарный, и коэффициенты передачи канала не меняются в течение времени передачи одного блока. Канал передачи данных описывается следующим выражением:

$$R = Sa + h,$$

где R – комплексная матрица принятого сигнала размера $L \times N_R$, a – комплексная матрица коэффициентов передачи канала размера $N_T \times N_R$, имеющая двумерное гауссово распределение, S – комплексная матрица переданного сигнала размера $L \times N_T$, h – комплексная матрица шума размера $L \times N_R$.

Множество всех допустимых значений матрицы S называется пространственно-временным кодом. В качестве сигнально-кодовой конструкции будем использовать нелинейные PRF-коды [3]. Декодер данной конструкции использует известные коэффициенты передачи, при этом он имеет мягкий выход, то есть определяет надёжность принятого символа. Это свойство используется для создания начального списка слов на входе декодера ОЛО кода. Одно слово PRF-кода отображается в один символ ОЛО кода. На рис. 1 представлено распределение информационных и проверочных символов в матрице S .

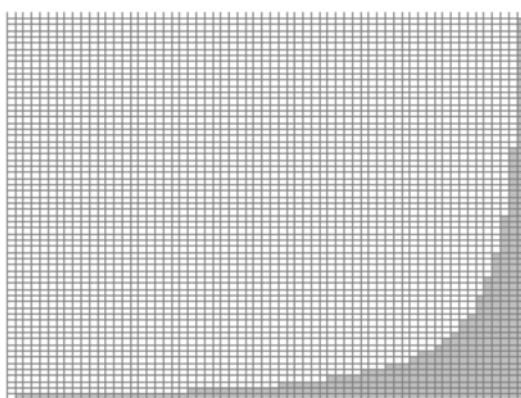


Рис. 1. Распределение информационных и проверочных символов в матрице S .

Серым обозначены проверочные символы

Описание списочного декодера

Для улучшения корректирующей способности ОЛО-кода на каждой итерации вышеуказанного алгоритма мы будем составлять список различных стираний столбцов матрицы S . При этом на входе m -ой итерации имеем список различных стираний столбцов и, возможно, список различных «правильных» нижних частей матриц.

Для начала опишем информацию, которая попадает в список после m итераций декодирования:

- S_{m-1} – нижние строки матрицы S , исправленные на предыдущих шагах,
- $S_m - n - m - 1$ -ая строка матрицы S ,
- w_i – количество ошибок, исправленных i -м внутренним кодом,
- W – количество ошибок, исправленных внешними кодами.

Если i -й декодер внутреннего кода отказался от декодирования, положим $w_i = n + 1$. Перед 0-ой итерацией декодирования список заполняется следующим образом:

- S_m – пустая матрица,
- S_0 вычисляем,
- w_i определяется как сумма надёжности принятых символов i -го столбца матрицы S ,
- $W = 0$.

Из рис. 2 видно, что предложенный алгоритм декодирования в список даёт лучшую корректирующую способность, чем алгоритм, описанный в [4].

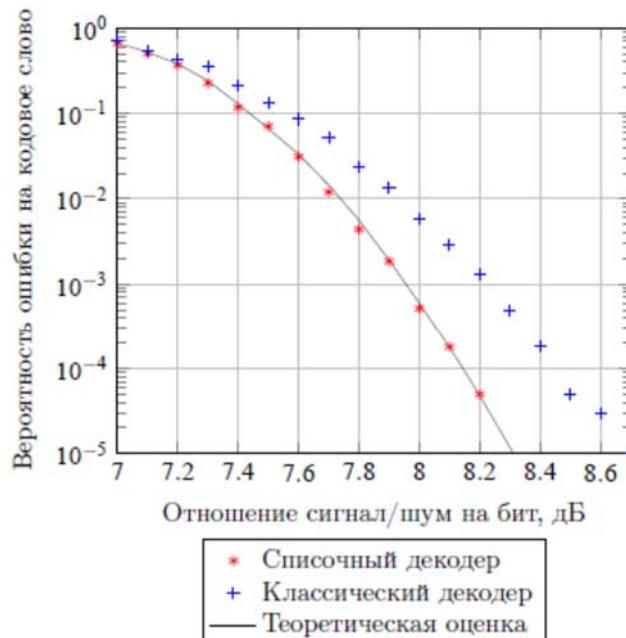


Рис. 2. Сравнительный анализ декодеров

Заключение

В данной работе представлена каскадная конструкция для систем многоантенной передачи и приёма. В качестве внутреннего кода в ней выступает PRF код, а в качестве внешнего – код с обобщённой локализацией ошибок. Для используемого ОЛО кода представлен ранее рассмотренный алгоритм [4] декодирования в список, позволяющий улучшить его корректирующую способность. Компьютерное моделирование подтверждает улучшение корректирующей способности. Задача рассматривается для более глубокого анализа и исследования.

Список используемых источников

1. Gesbert D. и др. From theory to practice: an overview of MIMO space-time coded wireless systems // Selected Areas in Communications. IEEE Journal on 21.3 (april, 2003), pp. 281–302.
2. H. Jafarkhani. Space-time coding: theory and practice. Cambridge Univ Pr, 2005.
3. J. Wolf, B. Elspas. Error-locating codes – A new concept in error control // Information Theory/ IEEE Transactions on 9.2 (1963), pp. 113–117.
4. Кобозева И. Г., Зяблов В. В. Исследование сигнально-кодовых конструкций на основе трёхмерных кодов с локализацией ошибок // Информационные процессы. 2013. № 13.1. С. 118.

УДК 621.371.3

РАЗРЕШЕНИЕ ПО УГЛОВОЙ КООРДИНАТЕ ДВУХ ОБЪЕКТОВ В РЛС С ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫМ ИЗЛУЧАЕМЫМ СИГНАЛОМ

В. Н. Каяткин¹, С. С. Поддубный²

¹Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

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

Рассмотрена задача разрешения по угловой координате парной цели состоящей из двух объектов, не разрешаемых по радиальной скорости и дальности. Сформулирован подход к решению проблемы как задачи формирования двух каналов измерения угловой координаты с физическим подавлением одного из сигналов парной цели в каждом из измерительных каналов. Приведен анализ известного алгоритма, разработанного для применения в моноимпульсном радиолокаторе. Предложен вид сложного сигнала, позволяющий сократить число приемных каналов при решении рассматриваемой задачи. Разработаны алгоритмы разрешения по угловой координате парной цели состоящей

из двух объектов, не разрешаемых по радиальной скорости и дальности, основанные на применении сложных пространственно-временного излучаемого сигнала. Приведены результаты численного моделирования указанных алгоритмов, показана их эффективность по сравнению с известным алгоритмом.

разрешающая способность, сложные сигналы, фазированная решетка.

Типичными для радиолокационных станций обзора воздушного пространства являются задачи обнаружения объектов и измерения их координат – дальности, угловых координат и скорости. В случае если сигналы, отраженные от нескольких целей, перекрываются хотя бы по одной из координат многомерного пространства время-частота-азимут-угол места, возникает задача разрешения принятых сигналов по одному или группе параметров.

Одной из частных, но важных задач является задача разрешения по угловым координатам парных целей, не разрешаемых по дальности и скорости.

На сегодняшний день широко известны так называемые методы сверх разрешения: метод Кейпона, метод классификации множественных сигналов (MUSIC), метод теплового шума (TШ), метод «собственных» векторов (EV) и другие. Указанные методы применимы к РЛС с фазированными решетками и позволяют достигать разрешения по угловым координатам при работе по групповым целям, не разрешаемым по критерию Релея. Однако их существенным недостатком является сложность технической реализации, а именно: необходимость иметь отдельные сигналы со всех элементов антенной решетки, высокие требования к идентичности приемных трактов во всех элементах антенной решетки, большая вычислительная емкость.

Применительно к парной цели известен более простой способ решения задачи разрешения сигналов [1] (рис. 1, см. ниже). В приемном устройстве формируются два канала приема – по одному каналу на каждую цель для реализации фазового монодорсивного метода измерения угловой координаты. В каждом из этих каналов физически компенсируются сигналы от второй, мешающей измерению, цели.

При реализации этого способа на базе ФАР, для формирования трех пространственно-разнесенных каналов по приему, всю апертуру антенной решетки необходимо разбить на три подрешетки. Уменьшение количества приемных элементов в каждой подрешетке снижает мощность принятого ей сигнала и уменьшает крутизну дискриминационной характеристики, которая зависит от разноса фазовых центров.

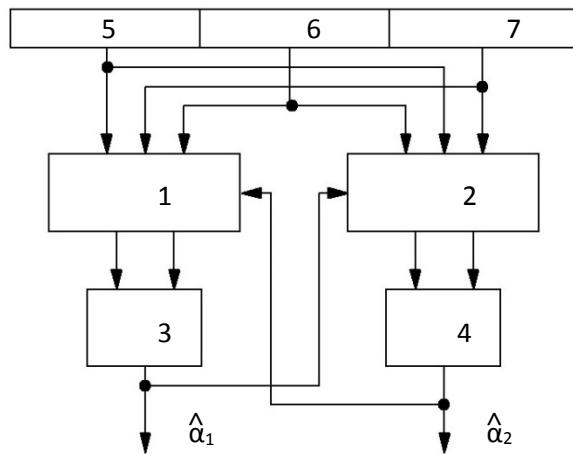


Рис. 1. Функциональная схема известного алгоритма разрешения парной цели по УК с тремя приемными антеннами. 1 – блок фазовой компенсации сигнала 2-й цели, 2 – блок фазовой компенсации сигнала 1-й цели, 3 – блок оценки угловой координаты 1-й цели, 4 – блок оценки угловой координаты 2-й цели, 5, 6 и 7 – 1-я, 2-я и 3-я приемные подрешетки ФАР, $\hat{\alpha}_1$ – оценка угловой координаты 1-й цели, $\hat{\alpha}_2$ – оценка угловой координаты 2-й цели

Разделение ФАР на три подрешетки при приеме также приводит к тому, что диаграмма направленности на прием оказывается в три раза шире диаграммы направленности, формируемой при излучении зондирующих сигналов. Это означает, что только треть сектора приема дает информацию о полезных сигналах, а из двух третей сектора могут поступать только внешние помехи.

Иначе можно решить задачу разрешения парной цели по угловой координате, применяя сложные пространственно-временные (ПВ) излучаемые сигналы. Комплексная огибающая таких сигналов зависит от направления их распространения. Это даёт дополнительную степень свободы при моноимпульсном измерении угловых координат [2]. Применение указанных сигналов позволяет возложить задачу компенсации мешающих сигналов на приемное устройство, а задачу формирования в отраженном от цели сигнале информационного параметра, соответствующего ее угловому положению относительно равносигнального направления излучения, возложить на передающее устройство.

Рассмотрим случай создания ПВ сигнала путем манипуляции положения фазового центра антенны при излучении фазоманипулированного (ФМ) сигнала.

На рис. 2 показано формирование ПВ сигнала на примере 7-ми элементного кода Баркера частями, кратными длительности элементарных импульсов, составляющих ФМ сигнал. Для этого полотно антенной решетки разбито на две равные подрешетки (A_1 и A_2), как показано на рис. 2а. Элементарные импульсы сигнала имеющие начальную фазу временного кода

равную ‘0’ излучаются подрешеткой A_1 , а импульсы с начальной фазой временного кода равной ‘ π ’ излучаются подрешеткой A_2 . Выбор между подрешетками при излучении отдельных частей ФМ сигнала осуществляется в соответствии с заданным угловым кодом K_i ($i = 1 \dots N_k$), элементы которого могут принимать значения ‘+1’ и ‘−1’. При $K_i = +1$, элементарный импульс ФМ сигнала излучается подрешеткой A_1 , при этом подрешеткой A_2 излучение не происходит. При $K_i = -1$, позиции ФМ сигнала излучает подрешетка A_2 , а подрешетка A_1 не излучает.

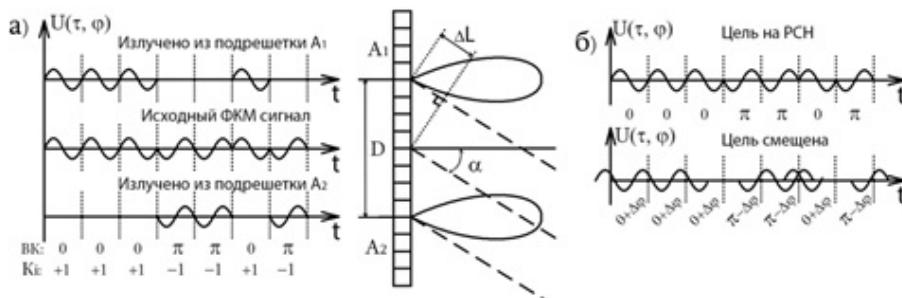


Рис. 2. Формирование ПВ сигнала (РСН – равносигнальное направление, ВК – временной код)

В результате такого излучения, функция внутриимпульсной модуляции будет зависеть от направления α . На рис. 2б приведены сигнал, излучаемый в равносигнальном направлении и в направлении α . Таким образом, функция внутриимпульсной фазовой модуляции будет иметь закон чередования не ‘0’ / ‘ π ’, а ‘ $0+\Delta\phi$ ’ / ‘ $\pi-\Delta\phi$ ’, где $\Delta\phi$ определяется как:

$$\Delta\phi = \frac{\pi D \sin(\alpha)}{\lambda},$$

где $\Delta\phi$ – набег фазы, D – база, α – угловая координата цели относительно равносигнального направления.

Именно зависимость фазовой структуры сигнала от направления распространения дает возможность построения моноимпульсного измерителя угловых координат при одноканальном приеме. Таким образом, применение ПВ сигнала позволяет отказаться от третьей приемной антенны необходимой в способе, описанном в [1]. Функциональная схема предлагаемого измерителя приведена на рис. 3 (см. ниже).

Здесь, так же, как и в известном измерителе, формируются два канала измерения угловой координаты – по одному на каждую цель. В каждом из этих каналов происходит компенсация сигнала мешающей цели. Оценку угловой координаты получают, анализируя фазовую структуру ПВ сигналов, отраженных от цели.

Проведен сравнительный анализ характеристик известного алгоритма разрешения парной цели использующего три приемные антенны и алгоритма с применением двух приемных антенн разработанного на основе

свойств ПВ излучаемых сигналов. Анализ проводился на линейной эквидистантной антенной решеткой с числом элементов равным 120-ти.

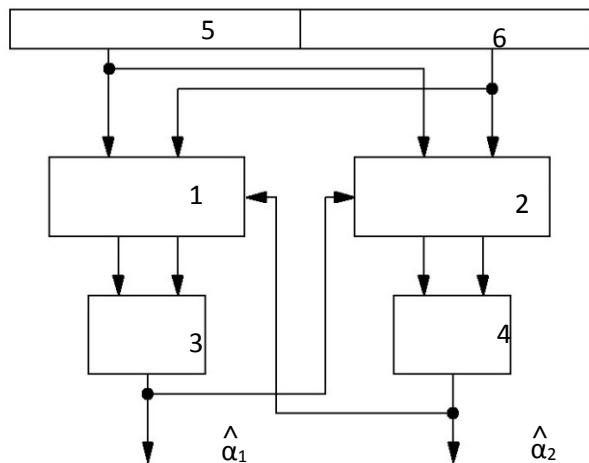


Рис. 3. Функциональная схема измерителя с использованием ПВ сигнала. 1 – блок фазовой компенсации 2-й цели, 2 – блок фазовой компенсации сигнала 1-й цели, 3 – блок оценки угловой координаты 1-й цели, 4 – блок оценки угловой координаты 2-й цели, 5 и 6 – 1-я и 2-я приемные подрешетки ФАР, $\hat{\alpha}_1$ – оценка угловой координаты 1-й цели, $\hat{\alpha}_2$ – оценка угловой координаты 2-й цели

На рис. 4 приведены результаты статистического анализа точностных характеристик сравниваемых алгоритмов. В серии опытов положение одной из целей фиксировалось в точке $+0,005$ радиан относительно равносигнального направления. Положение второй менялось в пределах от $-0,01$ до $+0,01$ радиан. Отношение сигнал-шум в одном приемном элементе антенной решетки задавалось равным 1.

Из рис. 4 и 5 видно, что предложенный алгоритм измерения УК парной цели не уступает по точности известному, использующему три приемных антennes.

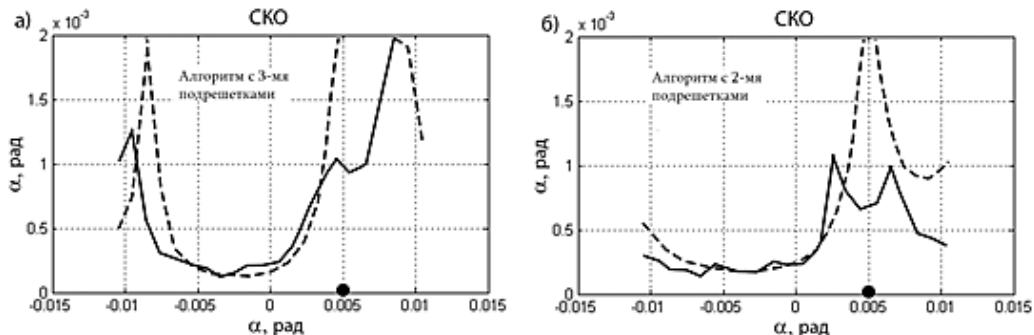


Рис. 4. а) оценки СКО, полученные теоретически (пунктир) и в результате моделирования (сплошная линия) для известного [1] с тремя подрешетками; б) оценки СКО, полученные теоретически (пунктир) и в результате моделирования (сплошная линия) для алгоритма с двумя подрешётками. ОСШ = 1 (в элементе ФАР)

Кроме того, можно сказать о достоверности полученных оценок ввиду хорошей корреляции аналитических и полученных при моделировании графиков.

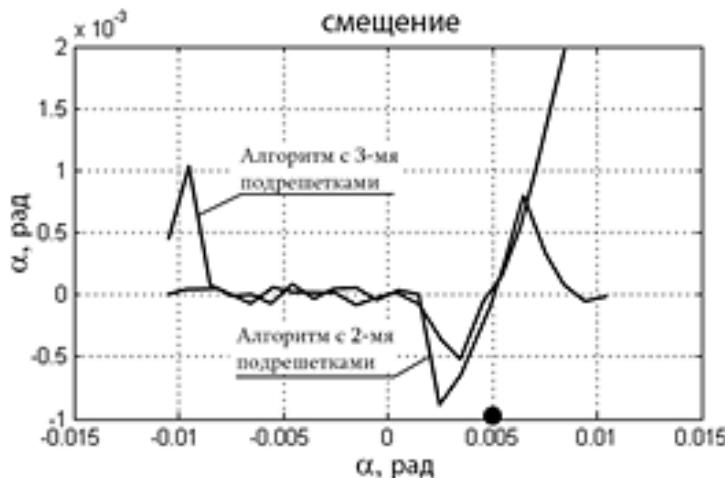


Рис. 5. Смещение оценки угловой координаты первой цели полученные путем моделирования разработанного алгоритма с двумя подрешётками и известного [1] с тремя подрешётками. ОСШ = 1 (в элементе ФАР)

Таким образом, по результатам проведенного анализа статистических данных численной модели, а также руководствуясь теоретическими выкладками можно утверждать следующее:

предложенный алгоритм разрешения по угловой координате парной цели не разрешаемой по скорости и дальности имеет скорость сходимости равную скорости сходимости известного алгоритма с применением трех приемных антенн;

точностные характеристики предложенного алгоритма не уступают характеристикам известного алгоритма в пределах ширины ДН всей ФАР, а в некоторых случаях превосходят их: при отклонении одной из целей за пределы ширины ДН всей ФАР у известного [1] алгоритма ошибка определения угловой координаты существенно увеличивается по сравнению с разработанными алгоритмами.

Кроме перечисленных преимуществ, в отличии от известного, использующего три приемных канала, в разработанном измерителе необходимо формировать только два канала на прием. В результате приемные ДН предлагаемого измерителя совпадают по ширине с передающими, в то время как в известном измерителе приемные ДН в три раза шире передающей. Это обеспечивает лучшую пространственную селективность разработанного алгоритма измерения УК парной цели.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант №16-07-00831-а.

Список используемых источников

1. Ракович В. А., Пашкевич В. П. Измерение угловых координат нескольких источников излучения // Теория и техника обработки сигналов в многоканальных локационных системах: межвузовский сборник. Л. : ЛИАП, 1981. Вып. 152. С. 25–31.
2. Журавлёв А. К., Лукошков А. П., Поддубный С. С. Обработка сигналов в адаптивных антенных решётках. Л. : Изд-во Лен. Ун-та, 1983. 240 с.

УДК 621.396

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ ГРАНИЦЕЙ КРАМЕРА-РАО

А. В. Киреев

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

В настоящей статье выполнена оценка точности позиционирования источника радиоизлучения в зависимости от числа опорных пунктов в сетях LTE. Основной задачей является оценка влияния числа опорных пунктов и валидация результатов статистической границей Крамера-Рао. Для решения системы нелинейных уравнений разностно-дальномерного метода реализованы методы нелинейных наименьших квадратов на основе математических алгоритмов Гаусса-Ньютона и Левенберга-Марквардта.

позиционирование, LTE, разностно-дальномерный метод, источник радиоизлучения.

Технология измерения разности времени приема сигнала используется в мобильных сетях четвертого поколения LTE для определения местоположения как базовых [1], так и абонентских станций [2]. Так как покрытие территории с использованием этого стандарта связи ежегодно растет, данное исследование актуально.

Цель проводимого исследования заключается в оценке точности позиционирования в сетях LTE в зависимости от числа опорных точек и сравнении с границей Крамера-Рао для подтверждения результатов.

Примем, что абонентское устройство излучает сигнал в неизвестный момент времени t_0 , при этом опорные пункты синхронизированы между собой. Расстояния между опорными пунктами и источниками радиоизлучения (ИРИ) равно $d_1 \dots d_N$, где N – число опорных пунктов. Для определения местоположения ИРИ необходимо выбрать один из пунктов основным

и рассчитать линии постоянной разности ($d_1 - d_2, d_1 - d_3, \dots, d_1 - d_N$) всех возможных пар пунктов. Оценка линий постоянной разности осуществляется путем измерения разности времен прихода сигналов $\tau_{ij} = (\tau_i - t_0) - (\tau_j - t_0) = \tau_i - \tau_j$, где τ_i – время прихода сигнала на опорный пункт i , τ_j – время прихода сигнала на опорный пункт j ; $i, j = 1, \dots, N$. Расчет относительно одного основного пункта обусловлен тем, что из $N(N-1)/2$ возможных измерений τ_{ij} статистически независимыми оказываются лишь $(N-1)$ разностей времен прихода. Точка пересечения гипербол, установленных линиями постоянной разности определяет местоположение абонентского устройства [3].

При моделировании введем аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ) для анализа влияния ошибок приема на точность позиционирования, таким образом линии постоянной разности r_{ij} можно представить выражением:

$$r_{ij} = d_{i,1} + n_{ij}. \quad (1)$$

Представим выражение (1) в матричном виде. Для этого обозначим координаты опорных пунктов как вектор координат $X_i = [x_i, y_i]^T$, где $i = 1, \dots, N$; $X = [x, y]$ – вектор неизвестных координат ИРИ. Тогда d_i определяется выражением

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, i = 1, 2, \dots, N.$$

Таким образом (1) можно представить следующим образом:

$$\mathbf{r} = \mathbf{d}_1(\mathbf{x}) + \mathbf{n},$$

где

$$\mathbf{d}_1(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} - \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \\ \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} - \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \\ \vdots \\ \sqrt{(x - x_N)^2 + (y - y_N)^2} - \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{n} = [n_2, n_3, \dots, n_L].$$

Таким образом, для определения координат источника необходимо решить систему нелинейных уравнений. Для решения системы уравнения РДМ были реализованы алгоритмы Гаусса-Ньютона, Левенберга-Марквардта [4, 5] и линейный.

Для сравнения результатов, полученных от разных алгоритмов, введем понятие границы (неравенства) Крамера-Рао. Граница Крамера-Рао устанавливает нижнюю границу дисперсии для оценки координат ИРИ.

$$CRLB(\mathbf{x}) = \text{trace}(\mathbf{J}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{J})^{-1},$$

где J – Якобиан вектора $\mathbf{d}_1(x)$, рассчитанный для x , C – ковариационная матрица ошибок,

$$C = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 + \sigma_2^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma_1^2 + \sigma_2^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \end{bmatrix},$$

где σ_i – дисперсия погрешности i измерений линии постоянной разности r_i .

Оценка точности позиционирования ИРИ была выполнена с помощью доработанной имитационной модели [6].

Для анализа результатов введем понятие среднеквадратической ошибки (СКО) координат источника, которое определяется формулой:

$$RMSE = \sqrt{E \left\{ \sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} \right\}}.$$

При моделировании опорные пункты располагаются равномерно вокруг ИРИ в радиусе от 4 до 5 километров. При увеличении числа опорных пунктов, имитационная модель автоматически равномерно располагает их по предложенной площади. Для соответствующей оценки моделировалось количество опорных пунктов от 3 до 8, влияние ошибок АБГШ изменилось от 50 до 100 дБ. В процессе моделирования было установлено, что при заданных условиях алгоритмы Гаусса-Ньютона и Левенберга-Марквардта дают идентичные значения, поэтому целесообразно рассматривать только один из них.

ТАБЛИЦА. Значения СКО для метода Гаусса-Ньютона и линейного алгоритма

Количество опорных пунктов	Mетод Гаусса-Ньютона	Линейный алгоритм	Mетод Гаусса-Ньютона	Линейный алгоритм
	ОСШ 50 дБ		ОСШ 80 дБ	
3	43,348	526,420	1,368	509,143
4	38,519	36,365	1,214	1,086
5	7,704	24,473	0,244	0,794
6	12,007	6,297	0,380	0,200
7	13,284	11,121	0,378	0,358
8	11,976	4,313	0,083	0,172

Анализ таблицы показывает, что линейный алгоритм неработоспособен в случае трех опорных пунктов. При низком соотношении сиг-

нал/шум (ОСШ 50 дБ) линейный алгоритм дает лучшие результаты, чем методы наименьших квадратов, при хорошем приеме (ОСШ > 80 дБ) алгоритмы дают идентичные результаты.

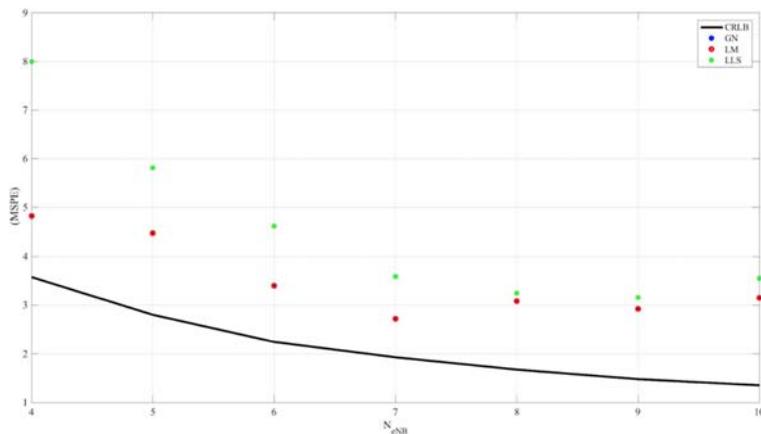


Рисунок. Зависимость СКО от числа опорных пунктов при ОСШ 60 дБ

Анализ графика (рис.) показывает, что линейный алгоритм менее точен чем метод Гаусса-Ньютона, в то же время рост числа опорных пунктов улучшает точность позиционирования. Оценка точности позиционирования границей Крамера-Рао [7] показала, что полученные оценки адекватны и соответствуют теории.

Заключение

В настоящей статье выполнена оценка точности позиционирования ИРИ разностно- дальнометрическим методом при изменении числа опорных пунктов. Для решения системы уравнений РДМ были реализованы алгоритмы Гаусса-Ньютона, Левенберга-Марквардта и линейный алгоритм. По результатам моделирования необходимо отметить, что использование линейного алгоритма наиболее целесообразно при низких соотношениях сигнал/шум (ОСШ < 50 дБ).

Увеличение числа опорных пунктов повышает точность определения координат абонента, но качество приема сигнала влияет на точность более существенно.

В дальнейшем, планируется экспериментальное исследование метода измерения разности времени приема сигнала на базе действующей сетевой инфраструктуры университета для позиционирования внутри помещений [8] и на больших расстояниях [9].

Список используемых источников

- Киреев А. В. Фокин Г.А. Позиционирование источников радиоизлучения в сетях LTE с использованием круговой антенной решетки // Наука и инновации в технических

университетах: материалы Девятого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2015. С. 25-26.

2. Sivers M., Fokin G. LTE positioning accuracy performance evaluation // Conference on Smart Spaces. – Springer International Publishing, 2015. PP. 393–406.
3. Reza Zekavat R. Michael Buehrer: Handbook of Position Location: Theory, Practice and Advances // Wiley-IEEE Press (2011). 1281 p.
4. Levenberg, K.: A Method for the Solution of Certain Problems in Least-Squares // Quarterly Applied Math. 2. PP. 164–168 (1944).
5. Marquardt, D.: An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters // SIAM Journal Applied Math., Vol. 11, PP. 431–441 (1963).
6. LTE System Toolbox™. The MathWorks. URL: <http://www.mathworks.com/products/lte-system/> (дата обращения 17.02.2018)
7. Miao H., Yu K., Juntti M. J. Positioning for NLOS propagation: Algorithm derivations and Cramer–Rao bounds // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2007. Т. 56. № 5. PP. 2568–2580.
8. Gelgor, A., Pavlenko, I., Fokin,G. LTE base stations localization // International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking. – Springer International Publishing, 2014. PP. 191–204.
9. Sivers M., Fokin G., Dmitriev P., Kireev A. Indoor Positioning in WiFi and NanoLOC Networks // International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking. – Springer International Publishing, 2016. PP. 465–476.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом, Г. А. Фокиным.

УДК 621.37

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ РАДИОКОНТРОЛЯ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

А. П. Крамин, П. И. Кузин, В. А. Липатников

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В статье разработана структура комплекса прогнозирования показателей помехоустойчивости систем радиоконтроля спутниковой связи при воздействии негативного на передаваемый сигнал ионосферных неоднородностей.

радиоконтроль спутниковой связи; комплекс прогнозирования показателей помехоустойчивости; помехоустойчивость.

Введение

Радиоконтроль занимает важнейшее место в комплексе мероприятий при решении задач по эффективному управлению использования радиочастотного спектра, оценкой и обеспечением электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, единственного контроля соблюдения всеми пользователями установленных правил, норм и требований.

Так как радиоконтроль осуществляется в радиоканале связи, то для систем радиоконтроля актуальна проблема обеспечения высокого показателя помехоустойчивости. Данный показатель можно количественно выразить с помощью вероятности ошибки Рош. Вероятность ошибки показывает отношение количества ошибочно распознанных символов при приеме информационного сигнала к общему числу принятых символов. Таким образом данный параметр количественно характеризует показатель помехоустойчивости.

На данный момент существует ряд исследований, связанных с системами радиоконтроля и обеспечением их помехоустойчивости, однако они не учитывают негативного воздействия на передаваемый сигнал ионосферных неоднородностей.

Таким образом, целью исследований является обеспечение требуемой помехоустойчивости радиоконтроля спутниковой связи при условиях негативного воздействия на передаваемый сигнал ионосферных неоднородностей.

Релевантные работы

На данный момент существует ряд исследований, связанных с обеспечением помехоустойчивости систем радиоконтроля спутниковой связи. Например, в [1] и [2] освещаются вопросы радиоконтроля и его помехоустойчивости. Однако, данные исследования не учитывают неблагоприятного воздействия на помехоустойчивость систем радиоконтроля ионосферных возмущений.

Постановка задачи

Разработать структуру комплекса прогнозирования показателей помехоустойчивости систем радиоконтроля спутниковой связи. 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 помехоустойчивости систем 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 синусоидальных (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
 $N_T(t) = N_{T0}(t) + \Delta N_{TKP}(t) + \Delta N_{TCP}(t) + \Delta N_{TM}(t) + \Delta N_{TSH}(t)$ сглаживается методом скользящей средней с окном $t_{\text{сгл 1}} = 1$ мин;

2) полученный в результате сглаживания тренд невозмущенной ионосферы, крупно- и среднемасштабных возмущений $\langle N_T(t) \rangle = N_{T0}(t) + \Delta N_{\text{TKP}}(t) + \Delta N_{\text{TCP}}(t)$ вычитается из исходного ряда, который в результате принимает вид комбинации мелкомасштабных возмущений и шумов $N_T(t) = \Delta N_{\text{TM}}(t) + \Delta N_{\text{TH}}(t)$;

3) ряд вариаций ПЭС $N_T(t) = \Delta N_{\text{TM}}(t) + \Delta N_{\text{TH}}(t)$ сглаживается методом простой скользящей средней с окном $t_{\text{сгл2}} = 0,1$ с, что обеспечивает удаление шумовой составляющей $\Delta N_{\text{TH}}(t)$. В результате получается ряд мелкомасштабных вариаций ПЭС $N_T(t) = \Delta N_{\text{TM}}(t)$.

Общая структурная схема комплекса прогнозирования значений ошибочного приема информационных символов систем радиоконтроля с пониженной несущей частотой приведена на рис. 1.



Рис. 1. Общая структурная схема комплекса прогнозирования значений ошибочного приема информационных символов систем радиоконтроля с пониженной несущей частотой

Алгоритм работы комплекса представлен на рис. 2.

Действия алгоритма пронумерованы в соответствии со структурной схемой разрабатываемого комплекса

Для работы данной структурной схемы требуется реализация программной части комплекса на основе описанного алгоритма.

Выходы

В ходе исследования описана методика прогнозирования показателя помехоустойчивости систем радиоконтроля спутниковой связи. Методика



Рис. 2. Алгоритм работы комплекса прогнозирования значений ошибочного приема информационных сигналов системы радиоконтроля с пониженной несущей частотой

1. Липатников В. А., Соломатин А. И., Терентьев А. В. Радиопеленгация. Теория и практика. СПб. : ВАС, 2006. 356с.
2. Липатников 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. Пашинцев В. П., Султанов А. С., Песков М. В, Топорков К. И. Методика селекции мелкомасштабных ионосферных возмущений в рядах вариаций полного электронного содержания // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2015. С. 28–34.
4. Долуханов М. П. Распространение радиоволн: учебник для вузов. М. : Связь, 1972. 336 с.

основывается на измерении характеристик радиолинии связи, а именно 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 помехоустойчивость системы радиоконтроля спутниковой связи.

На основании описанной методики разработана общая структура программно-аппаратного комплекса прогнозирования показателей помехоустойчивости систем радиоконтроля спутниковой связи. Проанализированы необходимые аппаратные средства, а именно GISTM-приемник, имеющий возможность снятия показаний с высокой частотой дискретизации. Составлен подробный пошаговый алгоритм работы программной части комплекса. Описана работа комплекса.

Список используемых источников

УДК 621.391.63

СРАВНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОСЛАБЛЕНИЯ, ВЫЧИСЛЕННЫХ ПО ТОЧНЫМ ФОРМУЛАМ И С ПОМОЩЬЮ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ

С. Р. Кузенов, Е. Р. Милютин

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

В статье рассматриваются вопросы выбора рабочих частот лазера, работающего в условиях Земной атмосферы. Приводится сравнение формул метеорологической дальности видимости, определяющих коэффициент ослабления лазерного излучения в атмосферном аэрозоле с точными формулами, которые учитывают поглощение лазерного излучения в атмосферном аэрозоле.

АОЛС, МДВ, атмосферный аэрозоль, коэффициент ослабления, коэффициент поглощения, опорная длина волны.

Развитие оптики атмосферы за последние два-три десятилетия существенно стимулируется насущными потребностями практики.

Основными факторами, обуславливающими прозрачность атмосферы для видимых и инфракрасных лучей, являются процессы поглощения и рассеяния радиации, действующие одновременно и независимо. Количественные характеристики поглощения изменяются в весьма широких пределах в зависимости от концентрации, химического состава и спектра размеров частиц в атмосфере.

Основным препятствием для распространения лазерных систем связи стало сильное ослабление светового луча в гидрометеорах. Атмосферный канал характеризуется флюктуациями коэффициента преломления и поглощения в гидрометеорах, что ведет к искажениям волнового фронта лазерного луча [1].

Несмотря на указанные проблемы атмосферные оптические линии связи (АОЛС) оказались вполне надежными на расстояниях нескольких километров и особенно перспективной для решения проблемы «последней мили».

Для расчетов АОЛС интерес представляют суммарная величина ослабления, созданная воздействием всех факторов, и ее статистические характеристики. Электромагнитные волны видимого и инфракрасного (ИК) диапазона ослабляются при распространении в земной атмосфере за счет

поглощения газовыми компонентами и рассеяния: 1) на флуктуациях плотности молекул (молекулярное рассеяние), 2) на частицах аэрозоля (аэрозольное рассеяние), 3) на неоднородностях, вызванных турбулентными движениями в атмосфере.

Коэффициенты ослабления, обусловленные рассеянием излучения на микро-макротурбулентных неоднородностях, пренебрежимо малы по сравнению с коэффициентами молекулярного и аэрозольного рассеяния.

Ослабление видимого и ИК-излучения за счет молекулярного рассеяния в атмосфере достаточно хорошо изучено. К настоящему времени имеются обширные таблицы коэффициентов молекулярного или рэлеевского рассеяния в широком диапазоне длин волн в ультрафиолетовой (УФ), видимой и ИК частях спектра.

Вне полос молекулярного поглощения (в окнах прозрачности атмосферы) рассеяние и поглощение атмосферным аэрозолем являются одними из основных факторов, определяющими энергетическое ослабление оптического излучения [2].

Для практического применения лазеров в АОЛС используются длины волн видимого и ближнего инфракрасного излучения, лежащие в пределах окон прозрачности атмосферы [3]. В лазерах, используемых для АОЛС наиболее распространены длины волн: 0,63; 1,06; 1,15; 3,39; 5,10 и 10,60 мкм. Появление аэрозолей приводит к снижению прозрачности атмосферы, которую характеризуют метеорологической дальностью видимости (МДВ) S_M , определяемой на длине волны $\lambda_0 = 0,55$ мкм, соответствующей порогу контрастной чувствительности глаза $\varepsilon_r = 0,02$ [4]. Указанная λ_0 расположена в окне прозрачности видимой области, где показатель преломления водяных капель чисто вещественная величина, ослабление определяется только рассеянием, что приводит к соотношению:

$$\alpha_A(\lambda_0) = -\frac{\ln \varepsilon_r}{S_M} = \frac{3,91}{S_M}, \text{ км.} \quad (1)$$

Для того, чтобы распространить действие соотношения (1) на волны λ_i , лежащие в других окнах прозрачности, было предположено [5], что коэффициент рассеяния подчиняется закону, характерному для рассеяния Рэлея:

$$\alpha_A(\lambda_i) = A * \lambda_i^{-q}, \quad (2)$$

где A и q – коэффициенты, зависящие от физических свойств рассеивающих частиц. Тогда, используя выражения (1) и (2), имеем:

$$A = \frac{3,91}{S_M} (\lambda_0)^q,$$

и

$$\alpha_A(\lambda_0) = \frac{3,91}{S_M} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_i} \right)^q = \alpha_A(\lambda_0) \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_i} \right)^q, \text{км}^{-1}. \quad (3)$$

На основе расчетов по полным формулам Г.Ми и экспериментальным данным предложены следующие значения для параметра q при $S_M < 6$ км:

$$q = \begin{cases} 0, & \text{при } S_M < 0,5 \text{ км} \\ S_M - 0,5, & \text{при } S_M > 0,5 \text{ км}, S_M < 1 \text{ км} \\ 0,16 * S_M + 0,34, & \text{при } S_M > 1 \text{ км}, S_M < 6 \text{ км} \end{cases} \quad (4)$$

Поскольку первоначально использовался лазер с $\lambda = 0,63$ мкм, то за основу расчета по ослаблению была выбрана величина МДВ.

Однако, при этом не учитывалась мнимая часть ослабления, приводящая к значительному поглощению луча. По мере увеличения длины волны и перехода в ИК область в показателе преломления водяных капель возрастает чисто мнимая часть, обуславливающая поглощение лазерного излучения и применение формулы (1) требует отдельного расчета поглощения, что уменьшает практическую ценность ее использования, хотя именно с ИК диапазоном и, в частности с $\lambda = 10,6$ мкм, на которой работает мощный лазер на CO₂, связан дальнейший прогресс в развитии АОЛС [4].

Влияние атмосферных аэрозолей на энергетический режим атмосферы, проявление их специфических оптических свойств в значительной степени обуславливается их соотношением между поглащающей и рассеиваемой частицами лазерного излучения, которое характеризуется прежде всего комплексным показателем преломления $\tilde{\eta} = n + i\chi$. Поэтому разработке методов измерения $\tilde{\eta}$ уделяется большое внимание [4].

Следует отметить, что большинство известных значений $n(\lambda)$ относятся к видимой части спектра, в то время как значительный интерес представляет спектральный ход оптических постоянных в более широкой области. Так, в инфракрасной области спектра вещественная и мнимая части комплексного показателя преломления основных компонент диспергированной фазы имеет отчетливо выраженные максимумы и минимумы, поэтому может наблюдаться сильное поглощение в аэрозолях и в окнах прозрачности атмосферы [4, 5].

Для описания структуры гидрометеоров задаются параметрами μ и r_{cp} . Практически для всех типов облаков и туманов r_{cp} от 2 до 10 мкм.

На рис. 1 представлено вычисленное по формулам, использующим МДВ, показатели ослабления различных волн в аэрозолях к показателю ослабления для длины волны $\lambda = 0,63$ мкм. Из хода кривых вытекает, что частотная зависимость показателя ослабления дымки ($r_{cp} = 1$ мкм) заметно отличается от соответствующих зависимостей от облаков и туманов. В таблице 1 приведены данные для отношений ослабления различных длин

волн в аэрозолях к показателю ослабления при $\lambda = 0,63$ мкм. Радиусы аэрозоля выбраны $r_{cp} = 2; 5$ и 10 мкм.

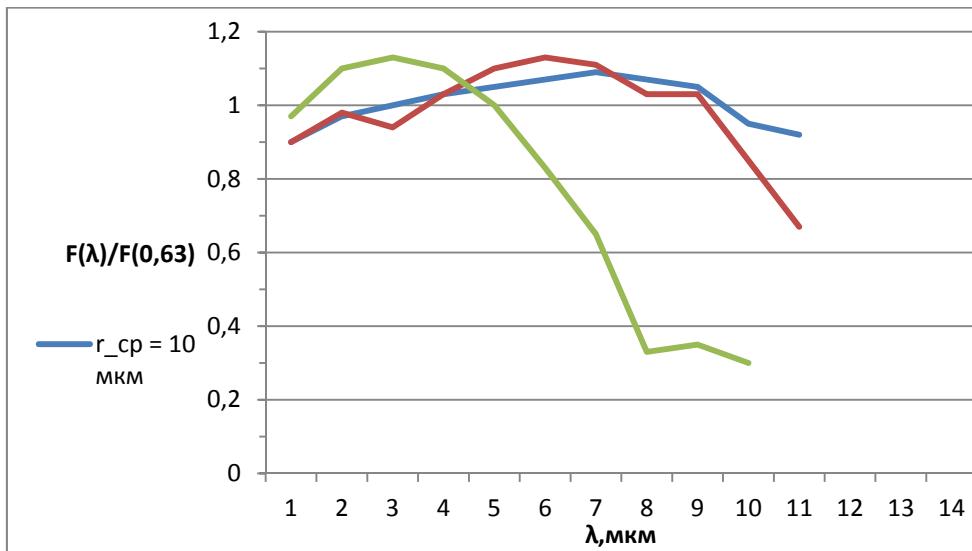


Рис. 1. График коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_0)$, нормированного относительно коэффициента отнесительно коэффициента ослабления для опорной длины $\lambda = 0,63$ мкм, вычисленного с помощью МДВ для $r_{cp} = 2; 5$ и 10 мкм

ТАБЛИЦА 1. Расчет коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_0)$, нормированного относительно коэффициента отнесительно коэффициента ослабления для опорной длины $\lambda = 0,63$ мкм, вычисленного с помощью МДВ для $r_{cp} = 2 ; 5$ и 10 мкм

$r_{cp} = 2$ мкм

λ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,6
$F(\lambda)/F(0,63)$	0,97	1,1	1,13	1,1	1	0,83	0,65	0,47	0,33	0,35

$r_{cp} = 5$ мкм

λ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,6
$F(\lambda)/F(0,63)$	0,90	0,98	0,94	1,03	1,1	1,13	1,13	1,03	0,85	0,67

$r_{cp} = 10$ мкм

λ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,6
$F(\lambda)/F(0,63)$	0,90	0,97	1,00	1,03	1,05	1,07	1,09	1,07	1,07	0,95

Из (3) и (4) рассчитываем значение коэффициента ослабления для опорной длины волны $\lambda = 0,63$ мкм при $S_M = 0,5$ и 20 км.

$$\text{Для } S_M = 0,5 \text{ км: } \alpha_A(\lambda_{0,63}) = \frac{3,91}{S_M} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{0,63}} \right)^q = \frac{3,91}{0,5} = 7,82.$$

$$\text{Для } S_M = 20 \text{ км: } \alpha_A(\lambda_{0,63}) = \frac{3,91}{S_M} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_{0,63}} \right)^q = \frac{3,91}{20} * \left(\frac{0,55}{0,63} \right)^{1,3} = 0,1638.$$

Далее показан пример расчета коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_0)$, нормированного относительно коэффициента ослабления для опорной длины волны $\lambda = 0,63$ мкм, т. е., $\frac{\alpha_A(\lambda_i)}{\alpha_A(\lambda_{0,63})}$ для $\lambda_i = 1$ мкм и для $S_M = 20$ км:

$$\alpha_A(\lambda_1) = \frac{3,91}{S_M} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_1} \right)^q = \frac{3,91}{20} \left(\frac{0,55}{1} \right)^{1,3} = 0,072,$$

$$\frac{\alpha_A(\lambda_1)}{\alpha_A(\lambda_{0,63})} = \frac{0,072}{0,131} = 0,55.$$

С учетом микрофизических характеристик аэрозолей радиусы капель выбирались в следующих пределах: 0,2(0,2); 1(0,4); 5(0,5); 14(0,2); 60 мкм (цифры в скобках – шаг расчета) и средние радиусы капель: 1, 2, 3, 5, 7, 10 и 15 мкм. Был выполнен численный эксперимент на $\lambda = 0,63$ мкм. Вычисление проводились по формуле:

$$\alpha_A(\lambda) = 10^5 * f(r) dr, \text{ 1/км.} \quad (5)$$

На рис. 2 представлено вычисленное по точным формулам отношение показателей ослабления различных волн в аэрозолях к показателю ослабления для $\lambda = 0,63$ мкм, но уже с учетом коэффициента поглощения χ .

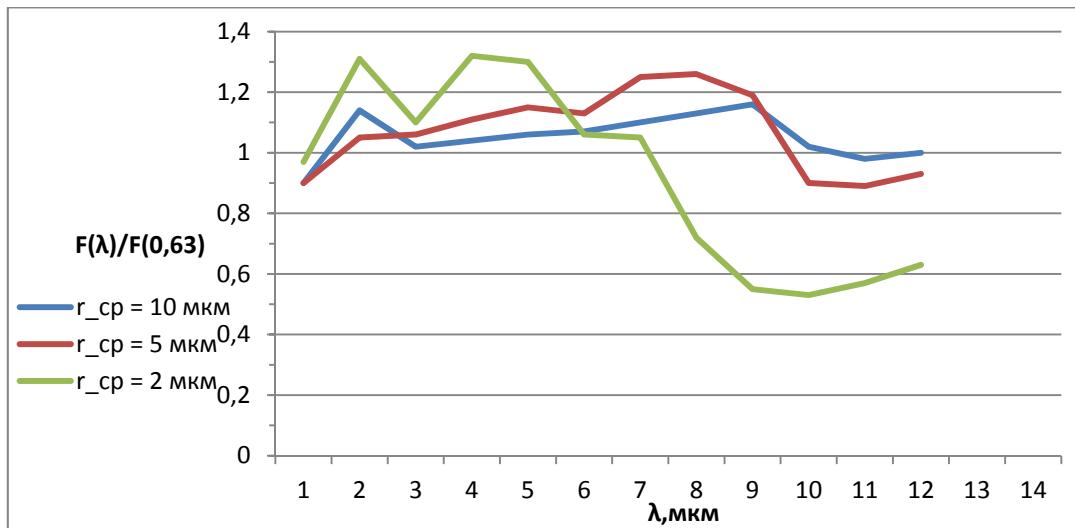


Рис. 2. График коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_0)$ нормированного относительно коэффициента ослабления для опорной длины $\lambda = 0,63$ мкм, но уже с учетом коэффициента поглощения χ

Из данных таблиц следует, что для волн видимого диапазона учет коэффициента поглощения χ не существенен и можно им пренебречь при расчете коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_i)$. Но для волн ИК-диапазона влиянием коэффициента ослабления уже пренебречать нельзя и данные для коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_i)$, учитывающие только рассеяние уже

заметно отличаются от $\alpha_i(\lambda_i)$, которые учитываются комплексным показателем преломления вещества частиц $\tilde{\eta} = n + i\chi$, включающим в себя коэффициент поглощения.

ТАБЛИЦА 2. Расчет коэффициента ослабления $\alpha_i(\lambda_0)$, нормированного относительно коэффициента относительно коэффициента ослабления для опорной длины

$\lambda = 0,63$ мкм, но уже учитывающие коэффициент поглощения χ .

Радиусы частиц аэрозоля выбраны $r_{cp} = 2; 5$ и 10 мкм

$r_{cp} = 2$ мкм

λ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,6
$F(\lambda)/F(0,63)$	0,97	1,14	1,10	1,1	1,32	1,30	1,07	1,05	0,55	0,53

$r_{cp} = 5$ мкм

λ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,6
$F(\lambda)/F(0,63)$	0,90	1,05	1,06	1,11	1,1	1,15	1,13	1,25	1,19	0,90

$r_{cp} = 10$ мкм

λ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,6
$F(\lambda)/F(0,63)$	0,90	1,01	1,02	1,04	1,06	1,06	1,10	1,16	1,02	0,95

Выходы

Как показывают теоретические расчеты, для вычисления энергетического спектра АОЛС нельзя полностью полагаться на МДВ, поскольку данные коэффициентов ослабления для длин волн от 2 до 10 и свыше 12 мкм получаются с большими (15 и более процентов) погрешностями, что для надежной работы АОЛС недопустимо.

Список используемых источников

1. Ивлев Л. С. Микроструктура атмосферного аэрозоля // Проблемы физики атмосферы. 1974. Вып. 12. С. 51–60.
2. Беляев Е. Б., Воробьев В. В., Землянов А. А. и др. Нелинейные оптические эффекты в атмосфере / Отв. ред. В. Е. Зуев. АН СССР, Сиб. отделение, Том. фил. Томск : ТФ СО АН СССР, 1987. 223 с.
3. Милютин Е. Р. Влияние некоторых метеорологических явлений на надежность работы линий оптической наземной связи // Труды НТК ЛЭИС. 1965. Вып. 3. С. 56–62.
4. Ивлев Л. С., Попова С. И. Комплексный показатель преломления диспергированной фазы атмосферного аэрозоля // Изв. АН. СССР. Физика атмосферы и океана. 1973. Т. 9. № 3. С. 1043–1043.
5. Круз П., Макглоун Л., Макквистан Р. Основы инфракрасной техники. М. : Вениздат, 1964. 463 с.

УДК 654.072.2

СПОСОБ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ СВЯЗИ В ОВЧ-СВЧ ДИАПАЗОНЕ

П. И. Кузин, В. А. Липатников

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В статье изложен способ проактивного управления параметрами комплекса контроля безопасности связи, с прогнозированием дальнейшего влияния сигнально-помеховой обстановки на объекты контроля безопасности связи, разработанный на основе применения одного из методов методологии управления с использованием прогнозирующих моделей (Model Predictive Control), обеспечивающий поддержку принятия решений на обеспечение контроля безопасности связи.

контроль безопасности связи, управление с применением прогнозирующих моделей, Model Predictive Control (MPC), ОВЧ-СВЧ диапазон.

Известен способ управления параметрами комплекса контроля безопасности связи (ККБС) [1], который не в полной мере удовлетворяет требованиям на обеспечение контроля безопасности связи (КБС). Недостатком способа, является то, что он, в подавляющем большинстве случаев, позволяют организовать реактивное управление параметрами ККБС, что отражает определенную степень пассивности управления. Существует противоречие между наличием способов управления параметрами ККБС, ориентированных на процесс КБС и отсутствием процедур прогнозирования изменяющейся среды сигнально-помеховой обстановки (СПО) при осуществлении КБС. Поэтому, задача разработки способа проактивного управления параметрами ККБС на основе результата анализа и прогнозирования СПО является актуальной.

Способ проактивного управления параметрами ККБС в ОВЧ – СВЧ диапазоне предназначен для определения параметров ККБС в различных условиях функционирования ККБС с учетом особенностей распространения радиоволн в ОВЧ – СВЧ диапазоне, городской застройки и сложно-пересеченной местности, а также ограничениях на ресурсы.

Постановка задачи. Разработать способ проактивного управления параметрами ККБС на основе прогнозирования дальнейшего изменения состояния среды СПО, обеспечивающий поддержку принятия решений на осуществление КБС.

Решение. Для прогнозирования состояния СПО необходимо применить один из методов методологии MPC. Проанализировав [2] было принято решение использовать метод State-Space Model Predictive Control (управление с прогнозированием на основе модели пространства состояний).

Графическое отображение сущности методологии прогнозирования MPC представлено на рис. 1 и состоит из следующей последовательности действий:

1. Будущие выходные данные для установленного горизонта предсказания N предсказаны в каждый установленный момент времени t с использованием модели процесса. Предсказанные выходные данные, где $k = 1 \dots N$ (значение переменной для момента $(t + k)$ вычисляется на моменте t) 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.

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

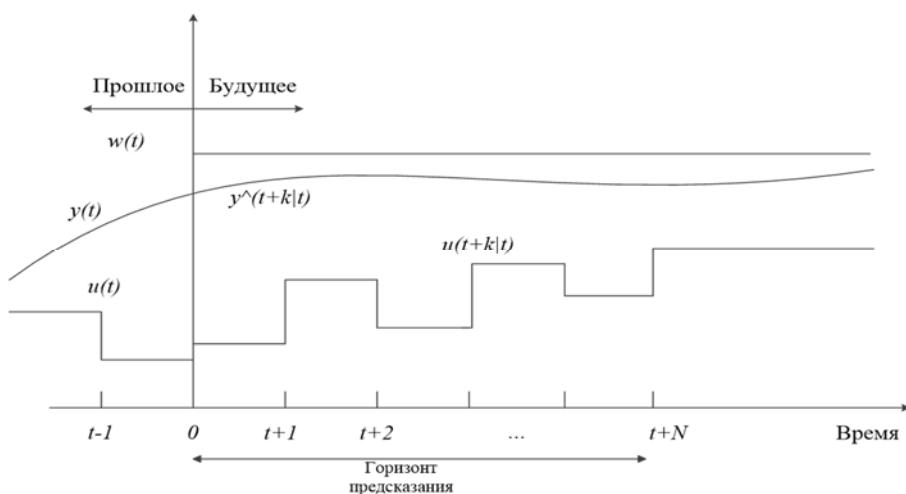


Рис. 1. Графическое отображение сущности методологии MPC

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

3. Управляющий сигнал $u(t|t)$ воздействует на процесс, 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 сдвигается 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).

Для применения этой стратегии используется структура, представленная на рис. 2.

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.

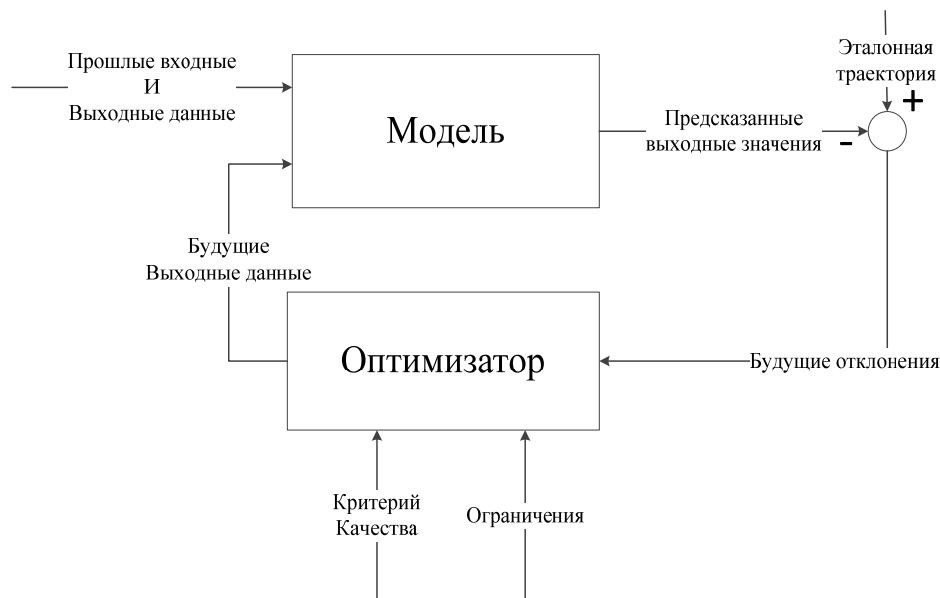


Рис. 2. Структура методологии управления с прогнозированием

Эти воздействия вычисляются оптимизатором, который также учитывает установленный критерий (где принимаются во внимание ошибки в будущем), а также ограничения. Определены основные этапы, необходимые для прогнозирования состояния среды СПО в ОВЧ-СВЧ диапазоне на основе метода State-Space Predictive Control:

1. Определение пространства состояний СПО.

Пространство состояния СПО представляется в следующем виде:

$$x(t) = Mx(t-1) + Nu(t-1), y(t) = Qx(t),$$

где x, y – входное и выходное состояние СПО, а M, N и Q – матрицы входных и выходных данных, описывающих состояние СПО соответственно.

В общем случае состоянием СПО X будем называть набор существенных свойств (атрибутов) системы (X представляет собой n -мерный вектор состояния) в отдельный момент времени. В целях анализа КБС для каждого состояния системы введем n атрибутов параметров СПО и возможностей ККБС. Состояние системы, в котором $Y(t) = (1, 1, \dots, 1)$ будем называть состоянием объективным данным контроля, т. е. вероятность ошибки приема сигналов контролируемых объектов меньше вероятности ошибки допустимой. Состояние, в котором хотя бы один из атрибутов равен нулю, будем называть необъективным данным контроля, т. е. вероятность ошибки приема сигналов контролируемых объектов больше вероятности ошибки допустимой. Прогнозирование для данной модели будет выглядеть следующим образом:

$$y(t+k|t) = Qx(t+k|t) = Q \left[M^k x(t) + \sum_{i=1}^k M^{i-1} N u(t+k-i|t) \right].$$

2. Описание используемого критерия.

Для получения закона управления параметрами ККБС необходимо определить критерий. Основная цель заключается в том, что будущие выходные значения u на рассматриваемом горизонте предсказания должны стремиться к некоторому эталонному сигналу w , в то же время, управляющее усилие Δu необходимо и должно постоянно корректироваться. Целевая функция будет выглядеть следующим образом:

$$J(N_1, N_2, N_u) = \sum_{j=N_1}^{N_2} \delta(j) [y(t+j|t) - w(t+j)]^2 + \sum_{j=1}^{N_u} \delta(j) [\Delta u(t+j-1)]^2.$$

В критерии необходимо рассмотреть параметры: N_1 и N_2 минимальные и максимальные значения горизонта предсказания, а N_u – горизонт управления. Горизонт управления может совпадать с горизонтом предсказания. Значения N_1 и N_2 подбираются на основе экспертных оценок. Эти значения определяют границы времени, в которых должен находиться сигнал управления и стремится к эталонной траектории. Если задано большое значение N_1 , значит не важно наличие ошибок в начальные моменты времени. За счет этого создается плавная реакция процесса. Для процессов с временем просто j нет смысла задавать для N_1 значение меньше, чем j , так как выходные данные не будут изменяться до времени $(t+j)$. Коэффициенты $\delta(j)$ и представляют собой последовательности, которые описывают будущее поведение. Обычно это экспоненциальные последовательности. Данная функция описывается следующим образом с использованием экспоненты $\delta(j) = \alpha^{N_2-j}$.

3. Задание эталонной траектории.

Одним из достоинств управления с прогнозированием есть то, что, зная априори будущее развитие процесса и эталонного значения, система может реагировать на изменения до того, как они фактически наступят.

Для минимизации установленного критерия используется эталонная траекторию $w(t + k)$, которая необязательно должна соединяться с реальной траекторией. Нормально наличие гладкого приближения текущего значения выходных данных $y(t)$ к известным эталонным значениям по средствам использования системы первого порядка: $w(t) = y(t)$, $w(t + k) = \alpha w(t + k - 1) + (1 - \alpha)r(t + k)$, $k = 1, \dots, N$.

Эталонная траектория может использоваться для уточнения работы системы в режиме обратной связи; суть в определении вспомогательных выходных значений $\psi(t) = P(z^{-1})y(t)$. Ошибка представляется в виде: $\psi(t + k) - w(t + k)$.

4. Определение ограничений.

Система управления должна функционировать согласно установленным границам. Нормальные ограничения амплитуды и крутизны управляющего сигнала, а также граничных значений для выходных данных определяется как: $u_{\min} \leq u(t) \leq u_{\max}$, $du_{\min} \leq u(t) - u(t-1) \leq du_{\max}$, $y_{\min} \leq y(t) \leq y_{\max}$.

Добавляя ограничения в целевую функцию, можно получить более комплексный способ минимизации установленного критерия.

5. Получение закона управления параметрами ККБС в ОВЧ-СВЧ диапазоне.

Чтобы получить значения $u(t + k|t)$ необходимо минимизировать функционал J .

Для этого нужно посчитать значения предсказанных выходных данных $y(t + k | t)$ значения функции от прошлых значений входных и выходных данных, будущих управляющих сигналов; воспользоваться выбранной математической моделью объекта и применить (подставить ее) к установленному критерию, получить выражение, от минимизации которого получим конкретные значения.

Таким образом, реализация проактивного способа управления параметрами ККБС в ОВЧ-СВЧ диапазоне, есть осуществление предупреждающих действий для исключения потенциально возможных несоответствий, анализа всех выявленных несоответствий, а также осуществление действий по предотвращению повторного возникновения несоответствий, соответствующих их влиянию. Разработанный способ предлагается использовать: при разработке научно-технических предложений по совершенствованию аппаратных КБС.

Список используемых источников

1. 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.
2. Camacho E. F., Bordons C. Model Predictive Control. London: Springer Verlag, 2004. 405 с.

УДК 621.397.13

ОЦЕНКА ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПЕРЕДАТЧИКА СТАНДАРТА DVB-T2

С. П. Куликов

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

В данной статье рассмотрена методика определения зоны обслуживания передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2. Предоставлены результаты измерения зоны обслуживания цифрового телевизионного передатчика, в соответствии с приложением № 1 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г.

DVB-T2, цифровое телевидение, ПИАР, зона обслуживания цифрового телевизионного передатчика.

С 2012 г. указом президента в России началось вещание в стандарте DVB-T2. Таким образом, повысилась актуальность решения задач, связанных со стандартом DVB-T2, а также стало перспективным решение задач, возникающих при проектировании и запуске 4-го и последующих частотных мультиплексов. При планировании новых или реконструкции имеющихся передающих телевизионных станций возникает задача определения их оптимальных технических характеристик и местоположения.

В данной статье рассмотрим методику определения зоны обслуживания передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2 описанную в приложении № 1 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г. На основании этой методики зоной обслуживания считается территория, в пределах которой в присутствии внешних помех и шумов обеспечивается устойчивый прием программ цифрового ТВ-вещания с заданным качеством приема. Зоной покрытия принято считать область, в пределах ко-

торой величина напряженности поля равна или превышает величину минимальной медианной напряженности поля, определенную для конкретных условий приема и с заданной вероятностью охвата мест приема [1].

Методика включает в себя два этапа. На первом этапе определяют границы зоны покрытия передающей станции ЦТВ по результатам расчёта и измерения напряженности электромагнитного поля в запланированных зонах. На втором этапе осуществляется исследование проблемных областей зоны покрытия, в которых выявлен нестабильный прием сигнала от передающей станции ЦТВ. Как правило, такие измерения проводят в тех случаях, когда эти области приходятся на населенные пункты. Зона обслуживания определяется как суммарная зона, полученная нанесением на карту местности границ зоны покрытия и результатов обследований, вышеупомянутых областей.

Границу зоны покрытия рассчитывают следующим образом. В секторе азимутальных углов от 0° до 360° с интервалом не более 10° от станции выбирают радиальные направления. На каждом радиальном луче определяют положения расчетных точек с шагом 50 м (для передатчиков менее 100 Вт) или 100 м. В каждой точке в соответствии с выбранным методом расчета (например, Рекомендация МСЭ-Р.1546 [2]) вычисляют напряженность электромагнитного поля и сравнивают ее с требуемой минимальной медианной напряженностью электромагнитного поля. Последовательно на каждом радиальном направлении от исследуемой станции определяют граничные расчетные точки. Замкнутая кривая, соединяющая граничные точки по всем направлениям, будет определять расчетную границу зоны покрытия.

Как уже отмечалось для расчета напряженности поля можно пользоваться различными методами и моделями (формулой Введенского, моделью Окамуры-Хата и др.), но на данном этапе развития общества наилучшим вариантом будет воспользоваться специализированным программным обеспечением «Пиар» (рис. 1).

Для корректного определения зоны покрытия телевизионного передатчика в программе необходимо

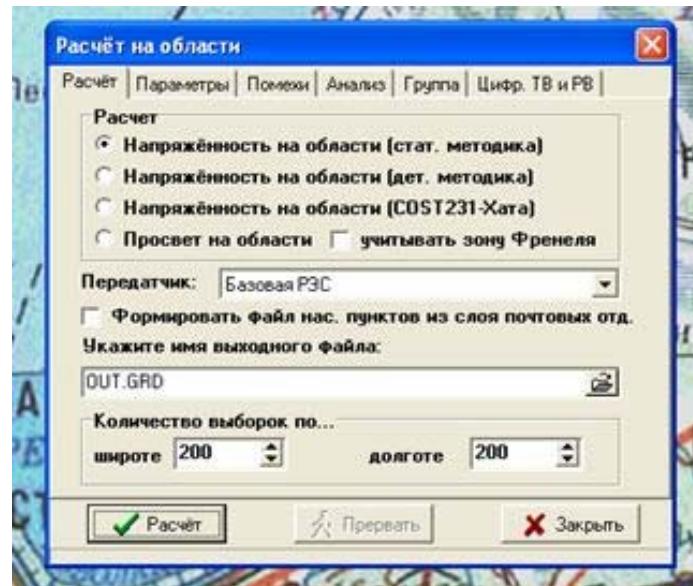


Рис. 1. Рабочее окно оператора программы «Пиар»

ввести координаты передающей станции, характеристики оборудования, загрузить карту местности и выбрать методику расчета с заданным количеством точек. Для примера произведем расчет зоны покрытия передатчика Harris UAX-50T2-C, находящегося в г. Кировск Ленинградской области. В результате выполнения всех расчетов программа выдала следующий результат (рис. 2).

Теперь можно перейти ко второму этапу измерения зоны обслуживания одиночной цифровой телевизионной передающей станции. На этом этапе определяют радиальные направления от станции ЦТВ, по которым будут проводить измерения. Количество радиальных направлений должно быть не менее 4 и не более 36, азимутальный угол между двумя смежными направлениями должен быть не менее 10° и не должен превышать 150° . Выбранные радиальные направления наносятся на карту местности. В каждом радиальном направлении определяют положение не менее 7 зон измерений (рис. 3).

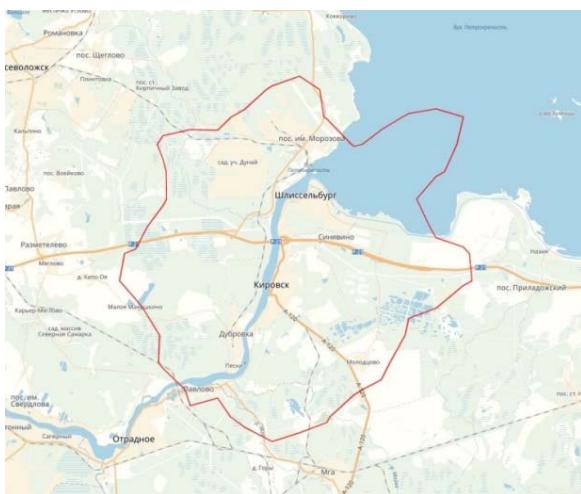


Рис. 2. Теоретическая зона покрытия передатчика Harris в г. Кировск

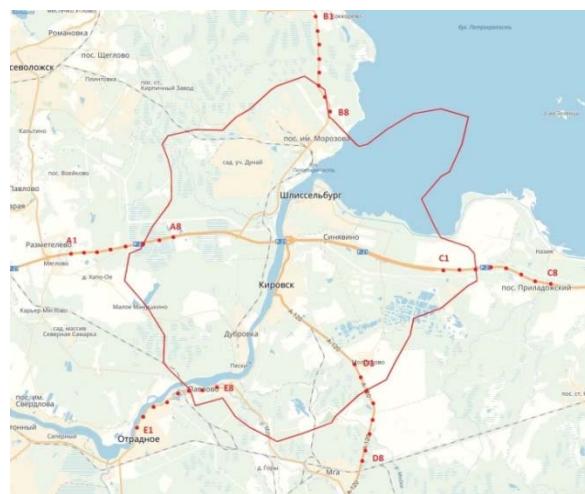


Рис. 3. Выбор контрольных точек для практического измерения зоны покрытия

Для измерений используется подвижный измерительный комплекс, в состав которого входит следующее оборудование: антенна мачта, штатив, направленная измерительная антенна, калиброванные кабели снижения измерительных антенн, измерительный приемник DVB-T2 с функцией анализатора спектра, тестовый бытовой ТВ-приемник DVB-T2, навигационный приемник глобальных навигационных спутниковых систем, специальное программное обеспечение, компьютер, компас, телевизор.

В каждой зоне измерения записывают текущие координаты. Зная координаты исследуемой станции, по карте местности определяют азимут на исследуемую станцию ЦТВ (расчетный азимут прихода полезного сигнала). Поворачивая antennу в горизонтальной плоскости, определяют направление прихода полезного сигнала максимального уровня, наличие помех.

В каждом месте приема проводят измерение напряженности электромагнитного поля и записывают огибающую спектра сигнала. По окончании измерений напряженности поля в течение минуты определяют коэффициент ошибок по битам после декодера НППЧ (кода с низкой плотностью проверок на четность). По результатам определяют принадлежность места измерения к общей зоне покрытия телевизионной станции и наносят на карту итоговую зону покрытия.

В результате проделанных измерений для передатчика Harris UAX-50T2-C в г. Кировске получили следующие результаты (табл.):

ТАБЛИЦА. Результаты измерений

Точка измерений	Спектр	BER, степень	Напряженность поля, дБмкВ	Возможность приема
A1	Переотражения	-2	45	Нет
A2	Переотражения	-2	49	Нет
A3	Без помех	-2	51	Нет
A7	Без помех	-7	63	Да
A8	Без помех	-7	65	Да
B3	Без помех	-7	55	Да
C8	Без помех	-7	57	Да
D8	Без помех	-7	56	Да
E2	Переотражения	-7	54	Да

Итоговые границы зоны обслуживания передатчика Harris в г. Кировске обозначены зеленым цветом (рис. 4).



Рис. 4. Результаты измерений зоны покрытия цифрового передатчика

В результате исследования методики определения зоны обслуживания передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания была определена зона охвата цифрового телевизионного передатчика Harris UAX-50T2-C, расположенного в г. Кировск. Было выявлено, что данная методика отлично подходит для определения зоны обслуживания одиночной передающей станции, но не годится для плановых измерений работы станции в одночастотных сетях стандарта DVB-T2.

Список используемых источников

1. Методика определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2 N 15-35-04 [Электронный ресурс]: утв. ГКРЧ при Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации 16.10.15 URL: <http://minsvyaz.ru/uploaded/files/prilozhenie-1-k-resheniyu-gkrch--15-35-04-metodika-zona-obsluzhivaniya-stantsii-dvb-t2.pdf> (дата обращения 29.03.18).
2. Recommendation ITU-R P.1546-7. November 2007. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz [Электронный ресурс]: 30.09.13 URL: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546-5-201309-I/en> (дата обращения 29.03.18).

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом А. Н. Бучатским.

УДК 654.16

ТЕХНОЛОГИЯ ГИБРИДНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЛУЧЕЙ В СИСТЕМАХ MASSIVE MIMO

В. О. Лазарев

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

Технология Massive MIMO развивает идеи Multi-User MIMO, позволяет обойти ее ограничения, расширяя количество используемых для передачи информации антенн до нескольких десятков и сотен, и перейти на менее мощное и дорогостоящее оборудование, получая при этом значительные преимущества в энергетической и спектральной эффективности. Решение существующих вокруг этой технологии исследовательских задач позволит произвести на ее основе переход к сетям 5-го поколения.

massive MIMO, mmWave, hybrid beamforming, спектральная эффективность.

Современные беспроводные системы связи используют пространственное мультиплексирование для увеличения пропускной способности

беспроводных систем, решения задач управления радиосетями с адаптивными диаграммообразованием и позиционирования [1, 2]. Для передачи множества потоков данных в канале, из канальной матрицы получают набор весовых коэффициентов для модулятора и детектора, после чего каждый из потоков данных может быть восстановлен независимо от других. Эти весовые коэффициенты содержат информацию об амплитуде и фазе, и как правило вычисляются в цифровой области [3].

Возрастающие потребности в пропускной способности и емкости пользователей приводят к необходимости более эффективного использования спектра. В результате, в следующем поколении беспроводных систем возможно будет использован миллиметровый диапазон длин волн (mmWave), дающий большую пропускную способность [4]. Кроме того, системы 5G используют большие антенные решетки для уменьшения потерь при распространении в миллиметровом диапазоне. Однако, подобная конфигурация влечет за собой новые технические сложности.

Если сравнивать с используемыми на данный момент беспроводными системами связи, длина волны в миллиметровом диапазоне значительно меньше. Несмотря на то, что это позволяет поместить большее количество антенных элементов в те же физические габариты, предоставление приемо-передающего модуля каждому антенному элементу обходится намного дороже. Следовательно, в качестве компромисса, для поддержки множества антенных элементов часто используют переключатели приемопередатчиков, число N_{TRF} которых меньше числа N_t антенн. Для предоставления большей гибкости, каждый антенный элемент может быть соединен с одним или несколькими приемопередающими модулями. Вдобавок, между каждым приемопередающим модулем и антенной может стоять фазовращатель для более гибкого управления лучом. При этом максимальное число потоков данных N_s , которое может поддерживать подобная система, меньше N_{TRF} и N_{RRF} [5].

В подобной конфигурации уже невозможно обойтись применением только цифровых весовых коэффициентов для каждого антенного элемента. Вместо этого, цифровые весовые коэффициенты применяются для каждой радиочастотной цепи, а на уровне самого антенного элемента сигнал подстраивается с помощью аналоговых фазовращателей, которые меняют его фазу. Таким образом, модуляция и детектирование происходит в два этапа, и т. к. в данном случае формирование луча происходит и в аналоговой, и в цифровой области, то такой подход называется гибридным формированием луча (*hybrid beamforming*).

На рис. 1 изображены три основных типа структур систем с гибридным формированием луча, работающих на основе полученного мгновенного или среднего значения CSI (*Channel State Information*) [6]. Для полной структуры (рис. 1a) каждый выход аналогового модулятора является линейной

комбинацией всех РЧ сигналов. Снижения сложности структуры можно достичь путем небольшого снижения производительности, если каждую РЧ цепь соединить только с определенным подмножеством антенных элементов, как показано на рис. 1б. В отличие от структур А и Б, где сигналы в основной полосе частот обрабатываются совместно в цифровом модуляторе, структура В использует аналоговый формирователь луча для создания нескольких «виртуальных секторов», что позволяет производить раздельную обработку в основной полосе частот, обучение по нисходящей линии связи и обратную связь по восходящей линии связи, и, следовательно, снизить затраты на управление (сигнализацию) и сложность вычислений. В отличие от структур А и Б, подходящих для использования в SU-MIMO системах, структура В подходит для использования широкополосных сигналов за счет использования технологии JSMD (*Joint Spatial Division Multiplexing*) с гибридным формирование лучей на стороне БС и одиночными антенными элементами у АС. Возникающая при этом межгрупповая интерференция между виртуальными секторами может быть устранена на БС путем применения алгоритма BD (*Block Diagonalization*) [6].

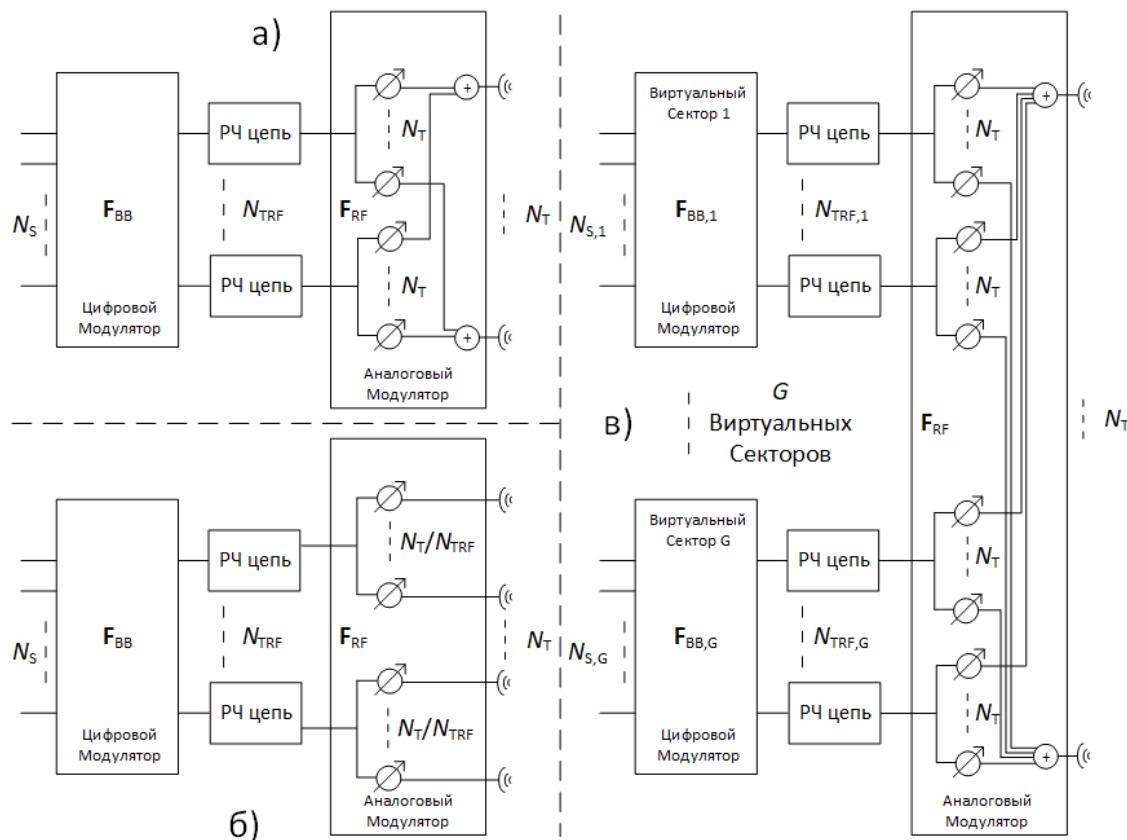


Рис. 1. Примеры систем с гибридным формированием луча: а) с полной структурой, б) с упрощенной структурой, в) со структурой с виртуальными секторами

Для иллюстрации работы технологии гибридного формирования луча на основе полной структуры (рис. 1a), рассмотрим пример построения канальной матрицы для антенных решеток из 64 и 16 элементов на БС и АС соответственно с передачей до четырех независимых потоков данных [5]. Лучи в модели, сформированные на БС, попадают в пространство со случайно расположеннымными в нем рассеивающими кластерами, которые изменяют коэффициент усиления и угол приходящего в них луча и отправляют его дальше до АС.

Вычисление весов для оптимального и гибридного формирования лучей происходит по следующей формуле:

$$\mathbf{Y} = (\mathbf{X} * \mathbf{F} * \mathbf{H} + \mathbf{N}) * \mathbf{W}$$

Где \mathbf{X} – матрица из N_s столбцов, где каждый столбец – поток данных, \mathbf{F} – матрица весов модулятора, \mathbf{W} – матрица весов детектора, \mathbf{N} – матрица из N_r столбцов, каждый из которых – шум при приеме на каждом элементе решетки, \mathbf{Y} – матрица из N_s столбцов, где каждый столбец – восстановленный поток данных.

Для сравнения диаграмм направленности излучающей антенной решетки используется алгоритм вычисления оптимальных весовых коэффициентов (коэффициенты формируются только в цифровой области) и гибридных весовых коэффициентов. Поскольку вычисление весовых коэффициентов для обоих решеток является довольно сложной вычислительной задачей, то используется алгоритм OMP (*Orthogonal Matching Pursuit*), который на основе выведенных коэффициентов для модулятора вычисляет весовые коэффициенты детектора [4].

Как видно из рис. 2, распространение лучей схоже для обоих случаев, особенно в главных направлениях. Это означает, что потоки данных могут быть переданы по этим лучам при использовании гибридных весовых коэффициентов.

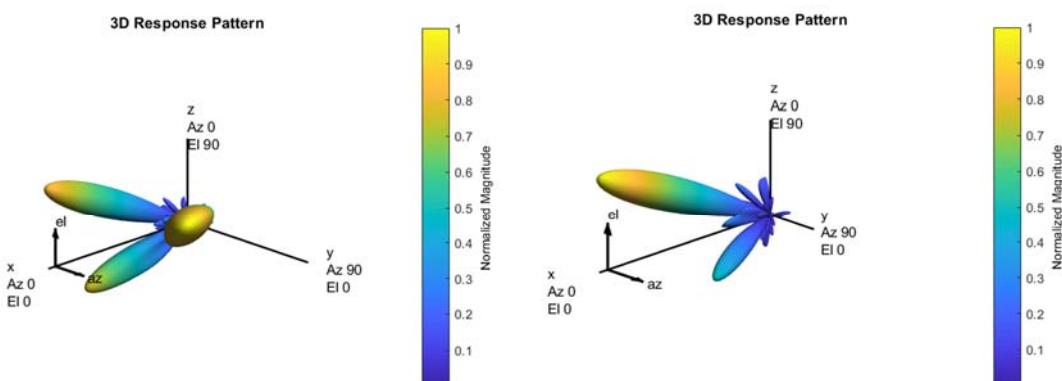


Рис. 2. Диаграммы направленности с использованием: а) оптимальных (цифровых) весовых коэффициентов; б) гибридных весовых коэффициентов

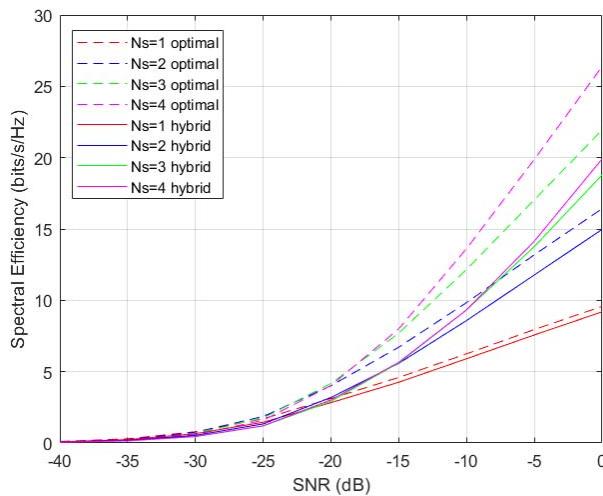


Рис. 3. Сравнение спектральной эффективности при использовании оптимальных и гибридных весовых коэффициентов.

Основной метрикой производительности в системах связи нового поколения является спектральная эффективность. Рис. 3 показывает, что с возрастанием количества независимых потоков данных, спектральная эффективность в целом увеличивается, а ее значения, полученные для гибридных коэффициентов, остаются близкими к оптимальным, при этом уменьшая предполагаемые затраты на оборудование.

Список используемых источников

1. Фокин Г. А. Управление самоорганизующимися пакетными радиосетями на основе радиостанций с направленными антеннами : дис. ... канд. техн. наук. : 05.13.13 / Фокин Григорий Алексеевич. СПб., 2009. 144 с.
2. Киреев А. В., Фокин Г. А. Позиционирование источников радиоизлучения в сетях LTE с использованием круговой антенной решетки // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 122–126..
3. Millimeter-Wave Beamforming: Antenna Array Design Choices & Characterization [Электронный документ] // ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. URL: https://cdn.rohdeschwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma276/1MA276_2e_Beamform_mmW_AntArr.pdf
4. Ayach O., Rajagopal S., Abu-Surra S. et al. Spatially Sparse Precoding in Millimeter wave MIMO Systems // IEEE Transactions on Wireless Communications. IEEE, 2014. Vol. 13, № 3. PP. 1499–1513.
5. Introduction to Hybrid Beamforming [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/help/phased/examples/introduction-to-hybrid-beamforming.html> (дата обращения 15.03.2018).
6. Molisch A. F., Ratnam V. V., Shengqian Han et al. Hybrid beamforming for massive MIMO: A survey // IEEE Communications Magazine. IEEE, 2017. Vol. 55, № 9. PP. 134–141.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом Г. А. Фокиным.

УДК 621.396

О РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ

А. Н. Ликонцев¹, Х. Х. Мадаминов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

²Ташкентский университет информационных технологий им. Мухаммада аль-Хоразмий

В данной статье сделана попытка рассчитать уровни напряженности электромагнитного поля, проходящего через стену от базовой станции мобильной связи, расположенной на крыше здания.

электромагнитные волны в помещениях, напряженность поля.

Под электромагнитной обстановкой понимается совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах. Так, если взять помещение внутри здания, то электромагнитная обстановка в нем будет определяться ослаблением электромагнитных волн различных источников в окнах, стенах и межэтажных перекрытиях здания.

Поскольку, в городских условиях базовые станции мобильной связи обычно размещают на крышах нежилых помещений, то представляет интерес влияние излучения этой станции на электромагнитную обстановку внутри помещения.

Попытка расчета уровней напряженности поля электромагнитной волны, попадающей через окно в стене, от базовой станции мобильной связи, расположенной на крыше здания, выполнена в работе [1].

Ниже рассмотрен вариант попадания электромагнитных волн внутрь помещения через стену здания от базовой станции мобильной связи на крыше здания (рис.). Так на крыше здания, шириной $d_{\text{крыш}}$, установлена антennaя мачта базовой станции, высотой $h_{\text{баз.ст.}}$.

Через $d_{\text{мэ}}$ обозначена высота межэтажного перекрытия, $d_1 + d_2$ – расстояние между передающей антенной и полом помещения, H – высота экрана (клиновидного препятствия), d_1 – расстояние от антенны до экрана, d_2 – расстояние от экрана до пола помещения.

Величину ослабления поля на клиновидном препятствии (экране) можно определить по приближенной формуле [1]:

$$F(u) \approx 12,953 + 20 \lg u, \text{ дБ}$$

где

$$u = H\sqrt{2}/b = \frac{H\sqrt{2} \cdot \sqrt{d_1 + d_2}}{\sqrt{d_1 d_2 \lambda}},$$

λ – длина волны, b – радиус первой зоны Френеля.

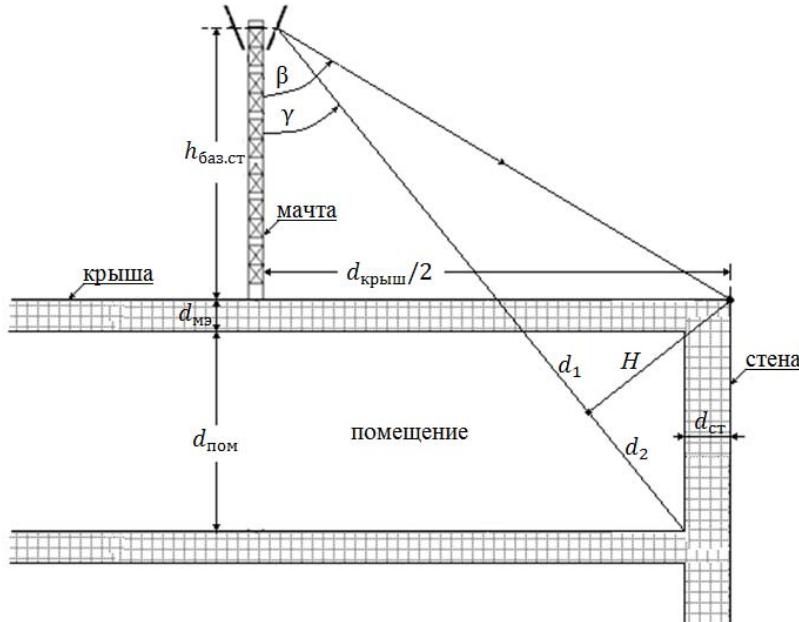


Рисунок. К расчету дифракционного поля в помещении

Выведем основные геометрические соотношения:

$$\beta = \arctg(d_{крыш} / 2h_{баз.ст}),$$

$$\gamma = \arctg[(d_{крыш} / 2 - d_{ст}) / (h_{баз.ст} + d_{мэ} + d_{пом})],$$

$$d_1 + d_2 = (h_{баз.ст} + d_{мэ} + d_{пом}) / \cos \gamma,$$

$$d_1 = d_2 / [\cos \beta \cdot \cos(\beta - \gamma)],$$

$$H = h_{баз.ст} \cdot \operatorname{tg}(\beta - \gamma) / \cos \gamma.$$

После небольших преобразований получаем выражение для параметра u :

$$u = \frac{\sqrt{2h_{баз.ст}} \cdot \sin(\beta - \gamma) \cdot \sqrt{h_{баз.ст} + d_{мэ} + d_{пом}}}{\lambda \sqrt{\cos(\beta - \gamma)} \cdot \sqrt{1 + (d_{мэ} + d_{пом}) \cos \beta / h_{баз.ст} - \cos \gamma}}.$$

Тогда величина ослабления поля (по напряженности) будет равна:

$$F(u) \approx 15,963 + 10 \lg h_{баз.ст} + 20 \lg \sin(\beta - \gamma) + 10 \lg (h_{баз.ст} + d_{мэ} + d_{пом}) - \\ - 20 \lg \lambda - 10 \lg \cos(\beta - \gamma) - 10 \lg [1 + (d_{мэ} + d_{пом}) \cos \beta / h_{баз.ст} - \cos \gamma], \text{ дБ.}$$

Теперь надо определить потери электромагнитной волны в стене. Коэффициент погонного ослабления волны в стене оценивается выражением [2]:

$$\alpha = \frac{1636\sigma}{\epsilon}, \text{ дБ}$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость материала стены; σ – удельная проводимость материала стены, См/м.

Потери в стене составят:

$$V = \alpha \cdot d_{ct}, \text{ дБ.}$$

По данным МСЭ на частоте f электродинамические параметры бетона и кирпича имеют вид [2]:

для бетона $\epsilon = 5,31$; $\sigma = 0,0326 \cdot f_{(\text{ГГц})}^{0,8095}$, См/м;

для кирпича $\epsilon = 3,75$; $\sigma = 0,038$ См/м.

На крышу здания может попадать излучение только за счёт второго и более дальних боковых лепестков диаграмм направленности антенн. Уровень боковых лепестков диаграмм направленности панельных антенн довольно низок и составляет порядка 20 дБ и менее (по мощности), что соответствует уменьшению плотности потока энергии более чем в 100 раз. Правда, если излучение панельной антенны направлено вдоль крыши здания, то на край крыши может попасть излучение и от первого бокового лепестка диаграммы направленности на уровне – 14...16 дБ, что соответствует уменьшению плотности потока энергии в 25,119...39,811 раз. Поэтому, желательно на этапе проектирования размещения базовой станции предусмотреть, чтобы в направлении на край крыши не попал первый боковой лепесток диаграммы направленности панельной антенны.

Что касается проникновения электромагнитного облучения сквозь железобетонные перекрытия, то это возможно. Согласно [2] ослабление в межэтажном перекрытии составляет 10...12 дБ (10...16 раз). Обычно помещение верхнего этажа отделено от антennы двумя железобетонными перекрытиями, что ослабляет облучение в 20...30 раз.

В [3] приведены результаты экспериментального исследования электродинамических свойств силикатных и керамических кирпичей, произведенных из местных материалов в Республике Узбекистан. Исследование показало, что:

для силикатного кирпича $\epsilon = 2,5$; $\sigma = 0,004$ См/м;

для керамического кирпича $\epsilon = 2,2$; $\sigma = 0,04$ См/м.

Таким образом, установлено, что в стенах из силикатного кирпича ослабление значительно меньше, чем в стенах из керамического кирпича.

Поскольку отражающие свойства кирпичных стен зданий зависят от значений ϵ и σ , то в случае нормального падения волны для силикатного

кирпича значение модуля коэффициента отражения уменьшилось в 1,41 раза, а в случае керамического кирпича – в 1,59 раз (сравнение проведено с кирпичной стеной имеющей значения ϵ и σ , принятые МСЭ).

Из этого следует, что отражение электромагнитных волн от кирпичных стен из местных материалов несколько меньше, а проникновение волн сквозь эти стены значительное, чем в кирпичных стенах из зарубежных материалов.

Список используемых источников

1. Ликонцев А. Н., Ликонцев Д. Н., Кудрявцева Л. В. Электромагнитное облучение квартир под базовой станцией мобильной связи // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. 2015. № 2 (29). С. 36–38.
2. Рекомендация МСЭ-R P.2040 (09/2013) Влияние строительных материалов и структур на распространение радиоволн на частотах выше приблизительно 100 МГц.
3. Shakhobiddinov A. Sh., Nazarov A. M., Likontsev A. N., Yusupova A. R. Influence of urban architecture features on attenuating of a field strength levels of mobile communication. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 4, Issue 6, June 2017.

УДК 004.81:159.955

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ОБРАЗ НАБОРА СЛОВОФОРМ

Л. М. Макаров, С. В. Протасеня

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

Рассмотрены вопросы компьютерного моделирования образа набора словоформ с использованием методов статистического анализа данных, представленных типичными фрагментами текстовых документов по различным научным направлениям.

компьютерное моделирование, математический анализ текста.

В современном представлении обращение к текстовым документам, в сфере научной деятельности, является неотъемлемой частью продолжительного периода освоения методологических основ, составляющих базис науки. Большая сеть научных дисциплин, сформированная на длительном периоде познания окружающего мира, обладает значительным базисом текстовых документов.

Значительная часть научного наследия формирует базовые представления в определенной области знаний. Оперируя известными понятиями и определениями, выделяется множество научных линий повествования,

в той или иной степени раскрывающих содержательную часть описываемых явлений, процессов или событий. В таком понимании исторического процесса накопления знаний и позиционирования текстового материала посредством компьютерной техники актуализируется проблема сопоставления различных источников, представленных в виде текста.

Работа с текстом для человека предопределена наличием специфических сенсорных систем: зрительной и слуховой. В исключительных случаях рассматривается возможность тактильного восприятия текстового материала. Специфичность восприятия зрительной и слуховой информации для человека создает условия для построения суждений об объектах окружающего мира. С учетом мыслительного процесса, сопровождающего работу сенсорных систем, осуществляется анализ происходящих событий, сравнение процессов или объектов.

Наличие двух различных по сложности сенсорных систем создает условия адекватного восприятия реальных событий. С этой точки зрения воспроизведение только оценки подобия, как минимум двух, текстовых документов, является недостаточным. Такое мнение содержит много аргументов, где в качестве главного рассматривается отсутствие одномоментной возможности ознакомиться со всеми процедурами вычислительного процесса. Естественным дополнением этого процесса является построение графического образа фрагмента или полного текстового документа.

Для определенности рассмотрим понятие статистической вероятности обнаружения букв русского алфавита. По результатам эмпирических исследований известны значения вероятности встречаемости каждой буквы [1]. В таком случае, по Шеннону [1], справедливо правило вычисления оценки обнаружения словоформы в сообщении от источника.

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i . \quad (1)$$

Оценка обнаружения словоформы представляется значением вероятности. Наличие нескольких словоформ, которые последовательно извлекаются из текстового документа, создает серию оценок.

Рассмотрим пример. Положим из текста выделено предложение – набор словоформ:

Фраза 1 – Простые слова ложатся на лист бумаги, оставленный на столе.

Модифицированный текст, представим в виде:

Фраза 2 – Лаконичные слова ложатся на лист бумаги, оставленный на столе.

Проведем расчеты по выражению (1). Для каждого набора словоформ построим графический образ (рис.). Визуальный анализ графических данных отчетливо демонстрирует различие графических образов. Постулируя наличие свойства эмерджентности у любого текстового набора, можно констатировать наличие возможности построения графического образа из набора словоформ.

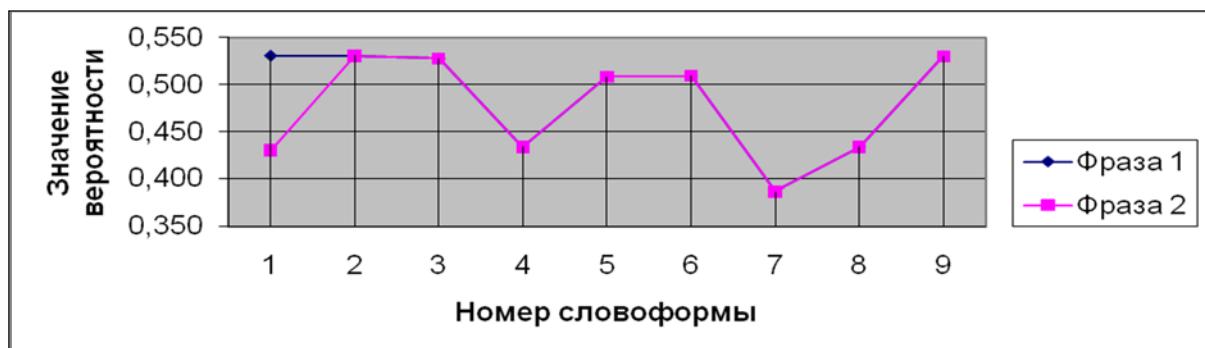


Рисунок. Графический образ набора словоформ

Воспроизведение графического образа, созданного на основе набора словоформ, с учетом статистических оценок встречаемости отдельных символов, задающих словоформы, позволяет дополнить типичные оценки подобия текстов. Предъявление графического образа и, возможные наблюдения за модификацией элементов образа, при смене словоформ, позволяет расширить математический инструментарий измерительных процедур по формированию оценок адекватности, подобия и поглощения семантической составляющей.

Этот тезис значительно расширяет современные представления о семантике различных наборов словоформ. В основном это происходит благодаря понятию эмерджентности, которое адекватно отражает сложность проблемы конструирования лингвистических переменных. Наличие многообразия литературных стилей изложения научного материала закладывает основы конструирования различных систем поиска необходимых документов. Выделение этого аспекта должным образом демонстрирует необходимость воспроизведения графического образа текстового документа.

Список используемых источников

1. Эшби У. С. Введение в кибернетику: пер. с англ. Изд. стереотип. "URSS", 2017. 350 с.
2. Макаров Л. М. Коммуникация и язык мышления // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст.. СПб. : СПбГУТ, 2013, С. 615–617.

УДК 519.673

ЭНТРОПИЯ НАБОРА СЛОВОФОРМ

Л. М. Макаров, С. В. Протасеня

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

Рассмотрены вопросы работы с сетевыми информационными ресурсами Интернет, содержащими текстовые документы по различным тематическим направлениям, позволяющими проводить конструирование семантически полных и завершенных конструкций из словоформ.

интернет ресурсы, термодинамика, компьютерный анализ.

Понятие энтропии связано с фундаментальным определением энергии, как общей меры эволюции сущностей. В историческом аспекте развитие представлений об энергии связано с работой. Обсуждение рабочих процессов, направленных на трансформацию сущностей позволяет оценить затраты, выраженные в определенных энергетических единицах. Выделяя только относительно простые представления о связи работы с энергией можно создать серию суждений относительно закрытых и открытых систем. Энергию любой материальной сущности можно условно позиционировать двумя составляющими: свободной и связанной. Свободная энергия обладает тем свойством, что может быть использована для совершения работы. Напротив, связанную энергию невозможно использовать в рабочих процессах. При преобразованиях энергии из одного вида в другой, совершается работа. По определению первого закона термодинамики в таких рабочих процессах происходит перераспределение энергии, а общее количество остается постоянным. Второе начало термодинамики утверждает, что в закрытых системах процессы преобразования энергии идут в сторону роста связанной энергии, а, следовательно, и энтропии. При этом свободная составляющая энергии уменьшается.

Макроскопическое состояние информационной системы характеризуется несколькими термодинамическими параметрами, соотносимыми с элементами системы. Например, для базы данных, содержащих многочисленные ядра – сообщения, такими термодинамическими параметрами являются, например, размер сообщения. Рассматриваемая парадигма эволюции сущности устанавливает правило обнаружения только двух событий. С этой точки зрения вводится понятие о вероятности событий, характеризующих смену состояний.

Микроскопическое состояние информационной системы может быть оценено по количеству ядер и скоростям их модификации или дополнения. В таком понимании любое из возможных макросостояний может быть реализовано множеством способов, посредством создания некоторой структуры системы на основе микросостояний ядер. Следуя этим представлениям вводится понятие вероятности обнаружения того или иного состояния системы. Такую оценку вычисляют по выражению [1]:

$$W = \frac{N_i}{N_0},$$

где N_0 – полное число состояний системы, N_i – число микросостояний, которые реализуют данное состояние, w – значение вероятности данного состояния.

Очевидно, что чем больше N_i , тем больше вероятность данного макросостояния, т. е. тем большее время система будет находиться в этом состоянии. Эволюция системы происходит в направлении от маловероятных состояний к более вероятным. С точки зрения статистики [1] вероятность обнаружения системы в определенном состоянии рассчитывается по выражению:

$$P = k \ln_2 W,$$

где k – коэффициент Больцмана.

Для информационного ресурса энергию допустимо рассматривать, как меру беспорядочности распределения ядер в системе.

Принимая во внимание наличие связи между параметрами P и W отмечаем возможность наличия в системе таких свойств, которые способствуют увеличению энтропии. Другими словами, можно утверждать, что в информационной системе при некоторых условиях может наблюдаться возрастание энтропии. А это, в свою очередь, является основанием для утверждения о наличии флюктуаций в системе. Следуя этим представлениям, выделим тезис о том, что в закрытых системах энтропия постоянно растет. Это соответствует постулату второго закона термодинамики.

Постулируя рост энтропии, признаем уменьшение различий в отдельных микросостояниях, в том числе применительно к информационному ресурсу. Расширяя это представление можно говорить, что энтропия информационного ресурса, может представляться аддитивной функцией составляющих ядер. Используя в качестве ядер отдельные словоформы, расставленные по порядку, который поддерживает определенный семантический смысл фразы, можно оценить уровень энтропии [2].

Одно из важнейших следствий второго начала термодинамики постулирует, не реальность обнаружения существования сколь угодно длитель-

ного прямолинейного движения. Применительно к информационному ресурсу, а фактически к случайно созданной коллекции словоформ, этот постулат гарантирует отсутствие возможности обнаружения двух идентичных фраз. Второе начало термодинамики – всеобщий закон природы, который распространяется на любую физическую систему, в том числе и на стационарные формы существования материи, например, набор текстов. В этом отношении стационарная форма существования материи, например, коллекции текстовых документов, есть результат информационного взаимодействия человека и среды.

Направленное движение материальной точки, единичного объекта – это простейший вид существования информации, но он является основой возникновения любой другой формы материального мира. В известных работах П. Мопертюи-Лагранжа [1] сформулирован принцип, наименьшего действия. В математической лингвистике, учитывающей термодинамические постулаты, эти базовые положения реализуют условие наименьшего рассеяния энергии. Действительно, рассматривая схему синтеза отдельных словоформ, нетрудно установить наличие индуктивного критерия, формулируемого на представлениях о семантике конструкции слова. Индуктивный метод можно применить и к синтезу сложных конструкций – словосочетаний. Индуктивный метод синтеза суждений или отдельных предложений можно довести до совершенства применяя термодинамические постулаты Л. Онсагера, которые базируются на представлении статистического распределения ядер в семантических конструкциях словоформ. Выбирая в качестве информационного ресурса Интернет, где легко обнаруживаются разные по тематической и семантической выраженности текстовые документы, проводят оценку энтропии набора словоформ, создаваемых по произвольным тематическим линиям. Использование Интернет источника для проверки общих принципов термодинамики, при построении текстовых наборов суждений, названий или реплик, хорошо и полно демонстрирует классику известных постулатов.

Список используемых источников

1. Бурдаков В. А. Термодинамика. М. : Дрофа., 2014. 350 с.
2. Макаров Л. М. Оценка энтропии текстового транспаранта // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сборник материалов XII Международной научно-технической конференции. Курск, 2015. С. 231–233.

УДК 621.396

АНАЛИЗ КЛАССА ШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕНН ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕВОЙСКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Д. Э. Минлин

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

Анализ широкополосных антенн для наземных подвижных объектов общевойсковых соединений УКВ диапазона. Способы укорочения размеров широкополосных антенн на примере штыревых антенн.

широкополосные антенны, УКВ, способы укорочения штыревых антенн.

В последние годы в армии России, уделено большое значение росту локальных и беспроводных сетей. Как показала статистика во всем мире, в области современных широкополосных стандартов ведомственной связи России, на данном этапе развивается с огромной скоростью, а самым значимым фактором в развитии этих систем связи служит то, что территория нашего государства огромна. Сегодня известно большое количество методик и программ для определения дальности и скорости передачи данных. И одним из главных параметров является коэффициент усиления приёмной и передающей антенны. Можно сделать вывод, что потребность сегодняшнего рынка в качественных и недорогих антенах для удалённого доступа довольно велика, как и актуальность всего рынка в целом. Итак, каждая антenna имеет множество различных характеристик, которые необходимы для оценки ее качества, а именно рабочий диапазон частот, в котором будут сохраняться все основные параметры приемной антенны, такие как КСВ, диаграмма направленности, коэффициент усиления антенны и т. д.

Назначение антенн на сегодняшний день невозможно представить современную радиотехническую технику без антенных систем. К антенным устройствам предъявляется большое количество требований, а самые основные – это направленность действия антенны, электромагнитная мощность в пространстве, которая распространяется по конкретному закону. Желательно обеспечивать, чтобы у антенны наблюдалось равномерность действия по всем направлениям, в остальных необходимо сконцентрировать излучения и осуществить радиоприемы так, чтобы они находились в пределах довольно узкого сектора, а именно углового, который называется лучом. Чтобы сформировать узконаправленный луч, антенные параметры,

а именно размеры антенны должны быть во много раз больше, чем рабочая длина волны радиотехнических систем. Еще одно важное требование, когда радиоприем антенны или излучение антенны обязаны сопровождаться потерями электромагнитной мощности на нагрев диэлектриков и проводников, размеры которых малы по сравнению с длиной волны. Функционирование антенн происходит в реальных условиях и тем самым свойство среды, погодные условия в которых происходит распространение электромагнитных волн, оказывают огромное значение для определения рабочих частот, а также параметров антенн. Практически все антенные системы, а также их тракты относятся к классу линейных и пассивных устройств радиотехники, что касается конструкций, они состоят из деталей, элементов, которые выполнены из проводников, магнитодиэлектриков и диэлектриков. Антенные устройства помимо основных своих функций в излучении и приеме радиоволн, выполняют важнейшие функции в фильтрации радиосигналов в пространственной среде, которые в свою очередь обеспечивают направленность действия радиосистем и осуществляя пеленгацию источников радиоизлучения и радиолокационных целей [1].

Для данных целей широко используется ультракоротковолновый (УКВ) диапазон электромагнитных волн. Диапазон УКВ от 30 до 110 МГц благодаря атмосферной рефракции позволяет вести загоризонтную радиосвязь на десятки километров.

В УКВ диапазоне обеспечение электромагнитной доступности сопряжено с определенными трудностями – сложность обеспечения одновременной работы радиосредств без взаимных помех, т. е. выполнения условий электромагнитной совместимости (ЭМС). Эта проблема возникла в связи с необходимостью размещения в ограниченном объеме транспортного средства большого комплекта радиосредств, различающихся диапазонами рабочих частот, уровнями излучаемой мощности и т. д., и обусловлена наличием паразитных связей различных РЭС.

Антенны представляют собой конструкцию из токопроводящих элементов, размеры и конфигурация которых определяют эффективность преобразования радиосигналов в электрические. Для обеспечения эффективного излучения и приема в широком диапазоне используемых радиочастот создано большое количество видов и типов антенн, классификация которых представлена на рис. 1.

Назначение передающих и приемных антennы ясно из их наименований. По своим основным электрическим параметрам они не отличаются. Многие из них в зависимости от схемы подключения (к передатчику или приемнику) могут использоваться как передающие или приемные. Однако если к передающей антенне подводится большая мощность, то в ней принимаются специальные меры по предотвращению пробоя между элементами антennы, находящихся под более высоким напряжением.



Рис. 1. Классификация антенн

Эффективность антенн зависит от согласования размеров элементов антенны с длинами излучаемых или принимаемых волн. Размеры и конструкция антенн отличаются как для различных диапазонов частот, так и внутри диапазонов.

Если для стационарных антенн требование к геометрическим размерам антены может быть достаточно просто выполнено для коротких и ультракоротких волн, то для антенн, устанавливаемых на мобильных средствах, оно неприемлемо. Например, рациональная длина антенны для обеспечения связи на частоте 30 МГц составляет 2,5 м, что неудобно для пользователя. Поэтому применяют укороченные антennы, но при этом уменьшается их эффективность.

По конструкции антенны разделяются на проволочные (вибраторные), рупорные, параболические, рамочные, спиральные, антенные решетки и различные их комбинации.

Возможности антенн, как приемных, так и передающих определяются следующими характеристиками:

- диаграммой направленности;
- коэффициентом полезного действия;
- коэффициентом направленного действия;
- коэффициентом усиления;
- полосой частот.

В antennной теории понимают электрическую и механическую длины антенн. Равенство этих двух величин возможно лишь при бесконечно малом диаметре проводника и безвоздушном пространстве. Резонансная частота

зависит от отношения $\frac{l}{d}$ или $\frac{\lambda/2}{d}$. Помимо этого, на резонансную частоту

влияет концевой эффект [2, 3]. Его суть в том, что на конце антенны образуется из-за электрической неоднородности емкость, которая особенно заметна, когда антenna крепится к опоре.

Рассмотрим вариант использования сосредоточенных элементов для укорочения на примере штыревых антенн.

1) Использование индуктивностей

Позволяет при включении в точке возбуждения скомпенсировать емкостное сопротивление антенны как представлено на рис. 2.

Как видно из рис. 2, в точке ω_0 можно добиться нулевого реактивного сопротивления, но только на одной частоте, при этом активное сопротивление остается таким же. Для его увеличения индуктивность включают не в точке

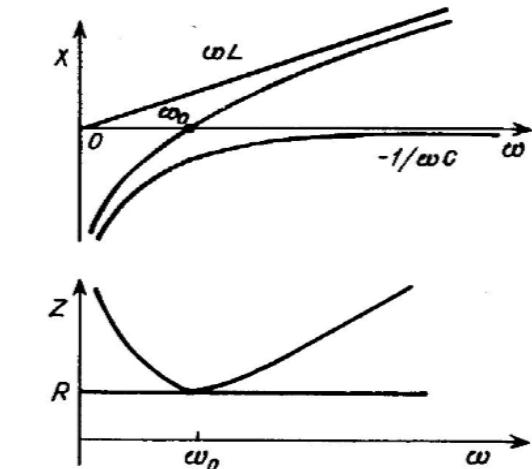


Рис. 2. Реактивное и активное сопротивление питания

питания, а на некотором расстоянии от конца антенны.

2) Помимо сосредоточенных индуктивностей можно использовать шунт (короткозамкнутый отрезок длинной линии).

Но такой способ имеет ряд недостатков:

- Большие потери на высоких частотах.
- Малая полоса пропускания.
- Сложность изготовления.
- Сложность перестройки на другую частоту.

Все предложенные методы обладают существенным недостатком – маленькой полосой пропускания (по КБВ $\geq 0,5$ ПП не превышает 10–15 %).

Для получения более широкой полосы частот используются вибраторы сложной формы такие как:

- Петлевые.
- Биконические.
- Утолщенные.
- Логопериодические.
- Спиральные и т. д.

Электрические характеристики этих антенн могут иметь приемлемые значения в диапазоне порядка 20–100 % и более.

3) Использование сосредоточенных резистивных элементов.

Этот метод описан в источнике [4], он достаточно прост, но в тоже время имеет свои плюсы и минусы. С одной стороны потери позволяют расширить полосу пропускания, но при этом уменьшается коэффициент усиления и коэффициент полезного действия.

Список использованных источников

1. Саломатов Ю. П., Сержантов А. М. Устройства СВЧ и антенны : методические указания к выполнению курсовой работы для студентов направления «Радиотехника». Для всех форм обучения. Красноярск, 2008.
2. Семенов Н. А. Техническая электродинамика : учебное пособие для вузов. М. : Связь, 1973. 480 с.
3. Пименов Ю. В., Вольман В. И., Муравцов А. Д. Техническая электродинамика / Под редакцией Ю. В. Пименова. М. : Радио и связь, 2000. 536 с.
4. Характеристики широкополосной вибраторной антенны с сосредоточенным резистивным элементом [Электронный ресурс] // Сайт ЛЭТИ. URL: http://www.eltech.ru/assets/files/Izvestia_7_2014.pdf (дата обращения 07.04.2017).

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Д. О. Федосеевым.*

УДК 621.396.946

МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА С ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫМ КОДИРОВАНИЕМ

А. Н. Митлаш, К. С. Смирнов

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Приведено математическое описание сигналов, канала распространения и алгоритма пространственно-временного кодирования для системы широкополосного беспроводного доступа. Приведены результаты моделирования системы, использующей технологию MIMO (multiple input multiple output) в режиме увеличения зоны обслуживания. Приведенные в статье результаты получены для частот 2,4–2,7 ГГц. Для описания ММО-системы в модели учитывается: многолучевой канал распространения радиоволн, перемещение мобильной станции относительно базовой и отражающих объектов, пространственное расположение передающих и приемных антенн, смещение частот гетеродинов.

канал распространения радиоволн, математическая модель радиоканала, технология MIMO, доплеровское смещение частоты, вероятность битовой ошибки.

Развитие систем беспроводной радиосвязи связано с увеличением их пропускной способности при обеспечении высокого качества предоставляемых услуг. Увеличение эффективности использования радиочастотного спектра в настоящее время достигается с помощью применения технологии MIMO [1]. В основе технологии MIMO лежит теория пространственно-временной обработки сигналов, которая учитывает пространственную, временную и поляризационную структуру электромагнитного поля. Особенностью MIMO-систем является то, что увеличение скорости передачи информации достигается за счет использования эффекта многолучевого распространения [1, 2].

Целью данной работы является моделирование системы широкополосного беспроводного доступа (ШБД) с пространственно-временным кодированием сигналов.

Модель сигнала

Для передачи информации в современных системах ШБД используются OFDM-сигналы (*Orthogonal frequency division multiplexing*), которые состоят из набора ортогональных поднесущих. Выражение, описывающее OFDM-сигнал в идеальных условиях, имеет вид [3]:

$$p(t) = \text{rect}(t) \sum_{m=0}^{M-1} A_m \exp(j\varphi_m) \exp(j2\pi m \Delta f t).$$

В дискретном виде во временном представлении OFDM-сигнал записывается как:

$$p(t) = \sum_{m=0}^{N-1} A_m \exp(j\varphi_m) \exp(j2\pi m \frac{n}{N}), n = \{0, 1, 2, \dots, N-1\},$$

где n – номер дискретного отсчета времени, N – число отсчетов сигнала на интервале времени T .

В дискретном виде в частотном представлении OFDM-сигнал записывается как:

$$q(k) = \sum_{m=0}^{N-1} p(n) \exp(-j2\pi k \frac{n}{N}), k = \{0, 1, 2, \dots, N-1\},$$

где $q(k)$ – спектр OFDM сигнала, k – номер поднесущей.

Циклический префикс

При распространении радиочастотного сигнала в радиоканале происходит рассеивание и переотражение сигнала от неоднородностей канала.

В системах связи для борьбы с эффектами, вносимыми многолучевым каналом распространения, применяется защитный интервал, называемый циклическим префиксом. Он представляет собой копию отсчетов сигнала

из окончания OFDM-символа. Длина циклического префикса выбирается в соответствии с максимально возможной задержкой сигнала в канале РРВ.

Временная синхронизация. Для правильной работы системы связи необходима временная синхронизация между абонентскими и базовыми станциями. Если синхронизация будет нарушена, то нарушится правильный прием OFDM-сигнала, что приведет к искажениям сигнала на всех частотах и нарушит ортогональность [3].

Частотная синхронизация

Существуют две основные причины возникновения частотного рассогласования. Первая – несовпадение частот передающего и приемного генератора при переносе сигнала на несущую и промежуточную частоту. Такое рассогласование называется смещением несущей частоты.

Вторая – ошибка устройства синхронизации, управляющего цифровыми схемами в передатчике и приемнике. Такое рассогласование называется смещением частоты дискретизации.

Смещение несущей частоты

Данный вид частотного рассогласования приводит к тому, что весь спектр принятого OFDM-сигнала смещается на частоту, равную смещению частоты генератора передатчика относительно генератора приемника. В таком случае принятый OFDM-сигнал может быть записан в виде:

$$q(k) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} A_m \exp(j\varphi_m) \exp(-j2\pi(m-k+\varepsilon)\frac{n}{N}),$$

где ε – смещение частоты генератора передатчика, нормированное к Δf . При таком смещении частоты работа системы нарушается из-за интерференции между спектральными составляющими.

Смещение частоты дискретизации

Данный вид частотного рассогласования приводит к тому, что нарушаются ортогональность спектральных составляющих

При движении источника радиоизлучения импульс во временной области сжимается или расширяется для каждого символа OFDM. Причиной этого является эффект Доплера, который заключается в масштабировании сигнала.

Линейный нестационарный детерминированный пространственный канал.

Рассмотрим линейный канал, который можно охарактеризовать фильтром с эквивалентной импульсной характеристикой $h(t, \tau, d)$ (где t – время,

τ – задержка отраженного луча, d – пространственная координата). Для случая SISO (*single input single output*) одной передающей (Tx) и одной приемной (Rx) антенн принимаемый сигнал $r(t, d)$ в момент t записывается:

$$r(t, d) = h(t, \tau, d) \otimes s(t) + \eta(t, d) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t, \tau, d) s(t - \tau) + \eta(t, d).$$

Для описания принимаемого сигнала для MIMO-систем импульсная характеристика канала заменяется матрицей:

$$\mathbf{H}(t, \tau, d) = \begin{bmatrix} h_{11}(t, \tau, d_{11}) & \dots & h_{1N_t}(t, \tau, d_{1N_t}) \\ h_{N_r 1}(t, \tau, d_{N_r 1}) & \dots & h_{N_r N_t}(t, \tau, d_{N_r N_t}) \end{bmatrix}.$$

Блок-схема системы ШБД с использованием технологии MIMO приведена на рис. 1.

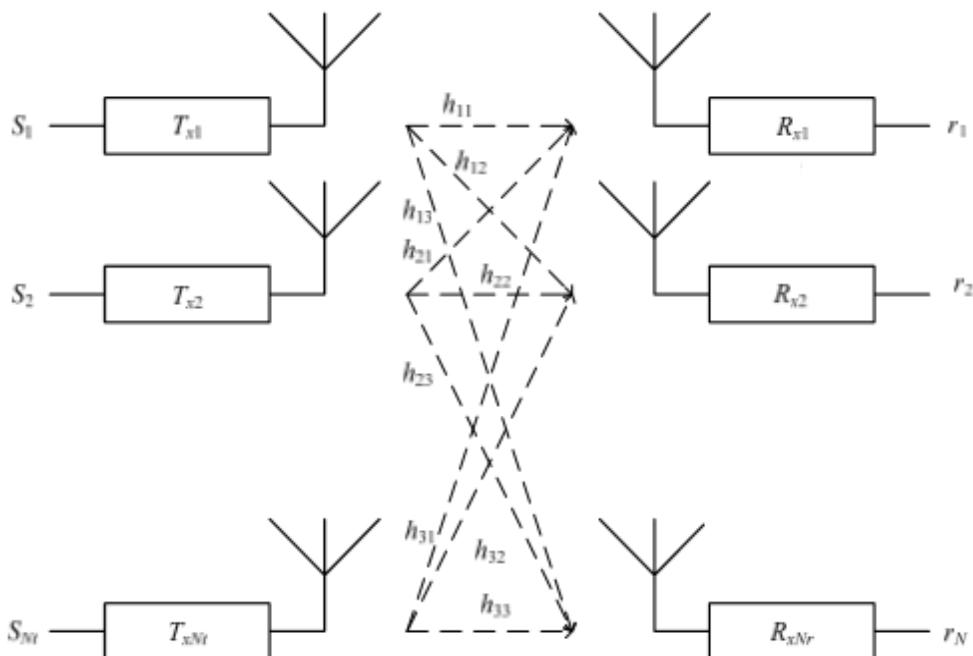


Рис. 1. Схема системы MIMO

Пространственно-временное кодирование. Схема кодирования, предложенная в [4], использует две передающие антенны, функционирует без дополнительного расширения полосы и реализует максимально возможный для двух антенн выигрыш от разнесения. Принцип кодирования Аламоути состоит в том, что подлежащая передаче последовательность символов разбивается на пары (например, смежные четный и нечетный символы) S_i и S_{i+1} . Для передачи такого блока требуются два излучателя и два интервала передачи. В первом интервале передающая антenna 0 будет излучать сигнал символа S_i , тогда как антenna 1 – сигнал S_{i+1} . В следующем временном интервале антenna 0 передает сигнал $-S_{i+1}^*$, а антenna 1 – сигнал S_i^* . Описанный метод

кодирования предполагает кодирование по пространству и времени. Пусть S_1 и S_2 – два символа данных (точки созвездия QAM), стоящих на двух различных поднесущих и принадлежащих некоторому фиксированному модуляционному алфавиту (QAM). Кодовые слова пространственно-временного кода Аламоути представляют собой 2×2 массивы в соответствии с матрицей \mathbf{A} :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} S_1 & -(S_2^*) \\ S_2 & (S_1^*) \end{bmatrix},$$

означающей, что длина кода $n = 2$. Рассмотрим первый символ и две поднесущие данных S_1 и S_2 . Как видно, на одной поднесущей две антенны одновременно передают кодовые символы S_1 (первая антenna) и $-S^*$ (вторая антenna), тогда как на соседней поднесущей излучаемыми символами являются S_2 (первая антenna) и S^* (вторая антenna).

Результаты моделирования

Зависимости вероятностей битовой ошибки от отношения сигнал/шум для систем с SISO (одна приемная и одна передающая антенны), SIMO (одна передающая и две приемные антенны), MISO (две передающие и одна приемная антenna), MIMO (две приемные и две передающие антенны) приведены на рис. 2. Зависимости вероятности битовой ошибки для системы MIMO 2×2 при различных скоростях приемника приведены на рис. 3.

Результаты моделирования были получены при следующих параметрах модели сигнала и канала распространения: расстояние между антеннами передатчика и приемника 10×1 , несущая частота 2,4 ГГц, расстояние между передатчиком и приемником 100 м, 10 отражающих объектов, размещенных в соответствии с [5].

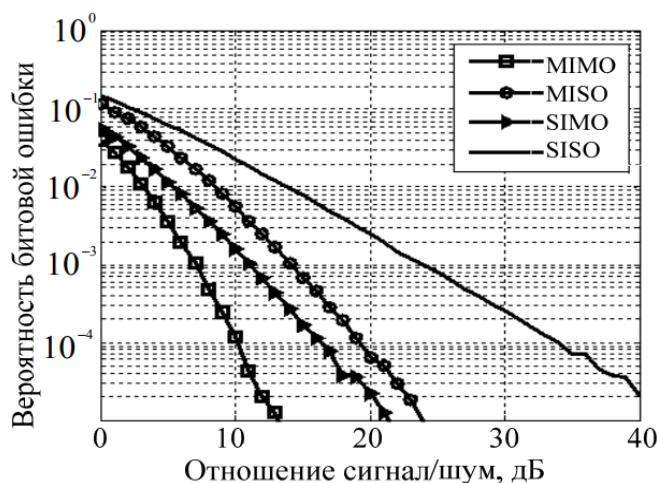


Рис. 2. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения С/Ш (неподвижные абоненты)

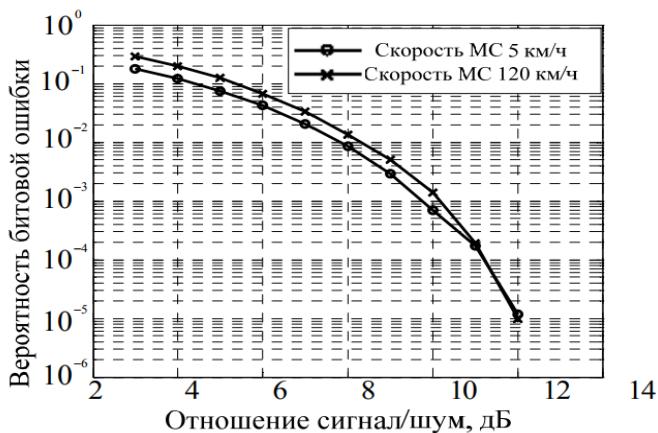


Рис. 3. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения С/Ш
(подвижные абоненты)

Выходы

Использование технологии MIMO позволяет обеспечить существенно меньшую вероятность битовой ошибки при тех же значениях отношения сигнала/шум, что и для случая SISO, а разработанная модель системы ШБД пригодна для исследования различных вариантов построения систем связи.

Влияние эффекта Доплера на вероятность битовой ошибки незначительно, но присутствует. Это объясняется тем, что алгоритм эквализации справляется с компенсацией дополнительного фазового набега за счет эффекта Доплера и для большинства реальных мобильных станций технология MIMO будет обеспечивать высокое быстродействие при низкой вероятности битовой ошибки.

Список используемых источников

1. Вишневский В. М., Ляхов А. И., Портной С. Л., Шахнович И. В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М. : Техносфера, 2005. 592 с.
2. Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed. Fundamentals of WiMax: understanding broadband wireless networking, New Jersey: Prentice Hall, 2007. 496 p.
3. Tigrek Recep Firat. Processing Technique for OFDM-Modulated Wideband Radar Signals: thesis Delft University of Technology. Dutch: The Netherlands, 2010. 180 p.
4. Alamouti Siavash M. A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications // IEEE journal on elect areas in communications. 1998. Vol. 16, № 8. P. 1451–1458.
5. Jon W. Wallace, Michael A. Jensen. Modeling the Indoor MIMO Wireless Channel // IEEE transactions on antennas and propagation. 2002. Vol. 50, № 5. P. 591–599.

Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Д. О. Федосеевым.

УДК 537.876.46

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. С. Нуштаев

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Использование экранов на основе современных конструкционных материалов, является одним из самых эффективных методов защиты от электромагнитных излучений. Является необходимой и обязательной мерой безопасности, для уменьшения вредного воздействия на биологические объекты, а также снижения помех и шумов от внешних источников излучений при работе с приборами и устранения побочных электромагнитных излучений и наводок.

экранирование, электромагнитное излучение, моделирование радиофизических параметров.

Экранирование – это физический процесс, связанный с распространением электромагнитных полей источников излучения в средах с различными электрофизическими свойствами. Эти процессы характеризуются отражением, преломлением, рассеянием и поглощением энергии электромагнитных полей (рис. 1, см. ниже). Электромагнитными экранами называются конструкции, предназначенные для ослабления или полного устранения (что более предпочтительно) электромагнитных полей, создаваемых какими-либо источниками в некоторой области пространства, не содержащей этих источников [1].

Количественно эффективность экранирования можно охарактеризовать отношением напряженностей поля в защищаемой области пространства при отсутствии экрана (E_0 или H_0) и при наличии его (E или H):

$$S = 20 \lg \left(\frac{E_0}{E} \right), \text{дБ}$$

$$S = 20 \lg \left(\frac{H_0}{H} \right), \text{дБ}$$

Величина S может быть выражена в простых отношениях или децибелах. В общем случае экран не только ослабляет, но и искажает в большей или меньшей степени поле источника в защищаемой области пространства.

Поэтому его эффективность, определенная указанным выше способом, оказывается различной для электрической и магнитной составляющих поля и зависит от координат точки измерения [2].



Рис. 1. Представление прохождения плоской электромагнитной волны через экран

Эффективность экрана существенно зависит от характера источника поля. Разнообразие возможных источников бесконечно; однако любой реальный источник может быть с необходимой степенью точности представлен в виде более, но и менее сложной совокупности электрических диполей и витков с током (магнитных диполей). В основе различия поведения экрана, по отношению к электрическому и магнитному полям, лежат различия структур полей соответствующих источников ЭМИ [2].

В свободном пространстве при

$$r > \frac{\lambda}{2\pi},$$

где r – расстояние от источника, а λ – длина волны, различие в структурах полей обоих источников стирается, в любой точке пространства E и H практически синфазны, а их отношение оказывается почти таким же, как плоской волне, т. е.

$$\frac{E}{H} = 120\pi, \text{ Ом.}$$

При

$$r < \frac{\lambda}{2\pi}$$

E и H оказываются почти в квадратуре, а их отношение зависит от положения точки наблюдения. В экваториальной плоскости (плоскости, проходящей через центр диполя перпендикулярно его оси) оно приближенно определяется следующими формулами:

- для электрического диполя

$$\frac{E}{H} = 120\pi \frac{\lambda}{2\pi r};$$

- для магнитного диполя

$$\frac{E}{H} = 120\pi \frac{2\pi r}{\lambda}.$$

Таким образом, с уменьшением r или с увеличением λ (с уменьшением частоты f) отношение E к H в случае электрического диполя растет, роль магнитной составляющей убывает, и оказывается возможным рассматривать поле как квазиэлектростатическое. При $f=0$ поле оказывается электростатическим. В случае магнитного диполя отношения E к H уменьшается, убывает роль электрической составляющей и появляется возможность рассматривать поле как квазимагнитостатическое. При $f = 0$ поле оказывается магнитостатическим [2].

Для определения наиболее выгодного для использования в качестве экрана материала, будет произведено сравнение смоделированных параметров наиболее используемых материалов в качестве экранов, а также некоторых конструкционных материалов с заданными параметрами, представленными в таблице.

ТАБЛИЦА. Параметры материалов экранов.
Где σ – удельная проводимость, μ – магнитная проницаемость

Материал	σ , См/м	μ , Гн/м
Медь	$5,9*10^7$	$1,257*10^{-6}$
Алюминий	$3,6*10^7$	$1,257*10^{-6}$
Сталь	$1,0*10^7$	$8,75*10^{-4}$
KM1	$0,2*10^7$	$6,283*10^{-3}$
KM2	$0,3*10^7$	0,013
KM3	$0,1*10^7$	0,019

Меняя начальные условия и известные характеристики и величины интересующих материалов, можно получать эффективность экранирования

в дБ. В ходе проведения моделирования параметров были получены следующие результаты, оформленные в графическом виде для наглядного представления зависимости эффективности экранирования от d и f .

Из полученных смоделированных результатов (рис. 2–4), четко видна зависимость эффективности экранов из любых материалов от их толщины, а также от частоты, падающей на экран волны производимого прибором ЭМП.

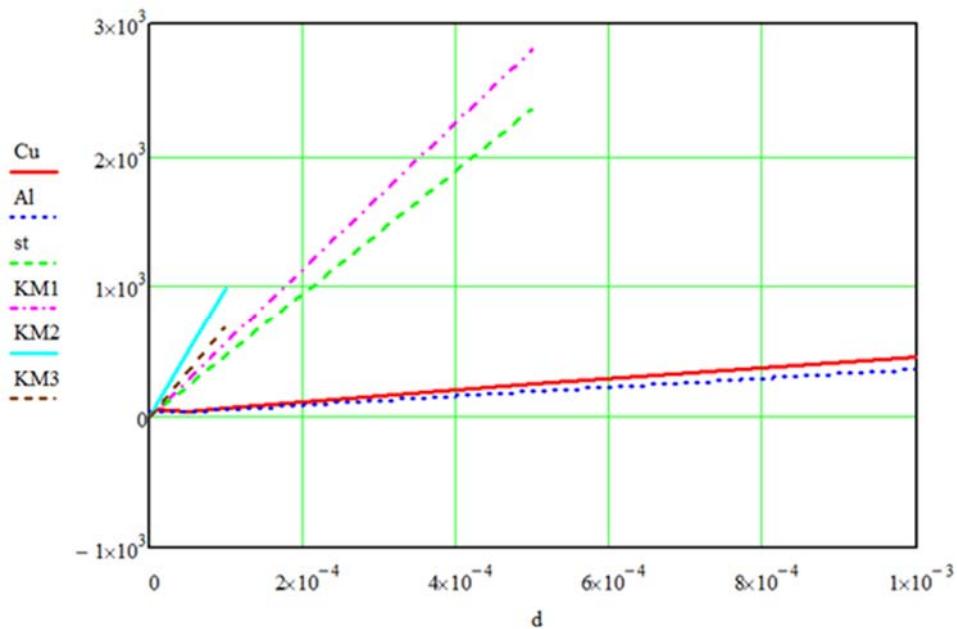


Рис. 2. График зависимости S от d при частоте ЭМП 42,58 МГц

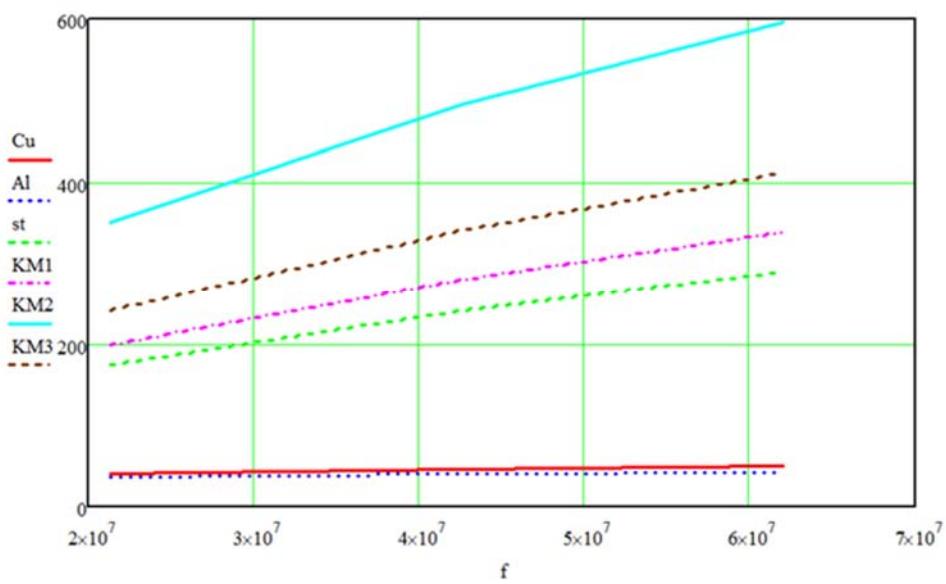


Рис. 3. График зависимости S от f при толщине экрана в 0,5 мм

Наиболее высоким показателем эффективности при любых частотах, оказались сталь и все три типа сплава. Чем выше частота ЭМП, тем выше

становится эффективность материалов. Медь и алюминий с повышением частоты менее подвержены повышению своей S , чем остальные материалы.

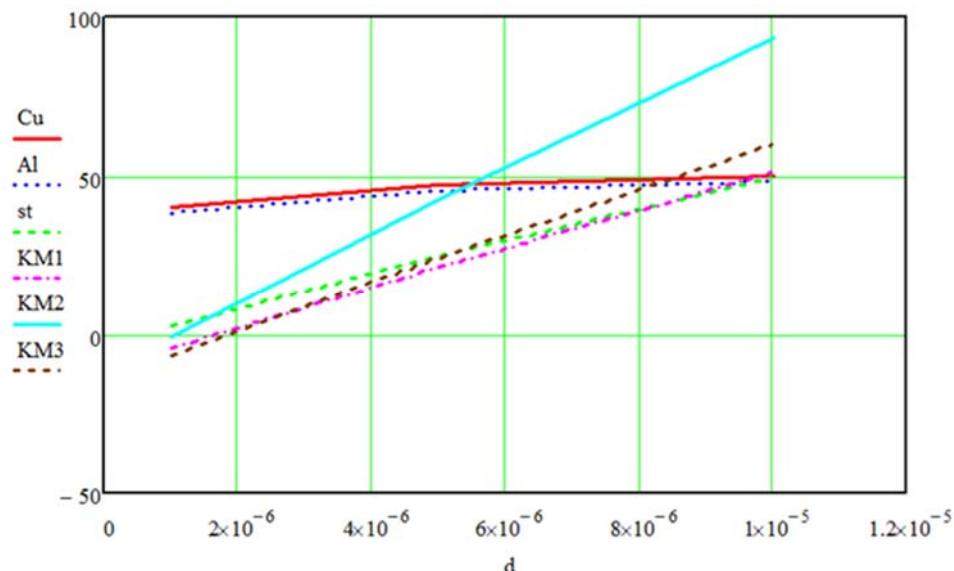


Рис. 4. График зависимости S от d при частоте ЭМП 42,58 МГц
и толщине не более 0,5 мм

С изменением толщины экрана, происходит более сложная зависимость. При малых толщинах экрана, $d < 5 \times 10^{-6}$ м, наиболее эффективными являются сталь и медь, но при увеличении толщины экрана, эффективность КМ резко возрастает, чего нельзя сказать о меди и стали.

Использование конструкционных материалов и сплавов увеличивает общую эффективность экранирования, особенно при высоких частотах и напряженностях ЭМП. Но также, возможно использование и простых металлов, а также сталей различных маркировок, которые при малых частотах и небольшой толщине, обладают достойными экранирующими качествами и невысокой стоимостью, что очень важно при производстве экранирующих панелей.

Список используемых источников

1. Кечиев Л. Н., Акбашев Б. Б., Степанов П. В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. М. : Группа ИДТ, 2010. 470 с.
2. Шапиро Д. Н. Электромагнитное экранирование: научное издание. Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2010. 120 с.

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Д. О. Федосеевым.*

УДК 621.396

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПОСТРОЕНИЯ АНТЕНН ЗЕНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

А. Ю. Осадченко

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В настоящее время, когда боевые действия обрели высокую динамичность, необходимо поддерживать устойчивую радиосвязь с подвижными объектами на дальние расстояния. В этом смысле представляют интерес системы радиосвязи КВ-диапазона. Однако использование этого диапазона затруднено в связи с большими размерами излучателей, поэтому их установка на подвижных объектах представляет определенные трудности. В данной статье приведены примеры решения этой проблемы, освещенные в мировой литературе и периодических изданиях.

коротковолновые антенны, антенны зенитного излучения, электрически малые антенны.

В последнее время вновь возрос интерес к использованию КВ-диапазона для осуществления ближней радиосвязи без использования ретрансляторов. Также диапазон коротких волн позволяет обеспечить связью объекты, находящиеся в условиях сильного затенения, например, в горном ущелье, используя для этого электромагнитные волны, отражённые от ионосферы. Для повышения эффективности ближней радиосвязи (до 500 км) направление излучение должно быть близко к вертикальному. Этот режим распространения радиоволн, в зарубежной литературе именуемый NVIS (англ. – *Near-Vertical-Incidence Skywave*), схематично продемонстрирован на рис. 1.

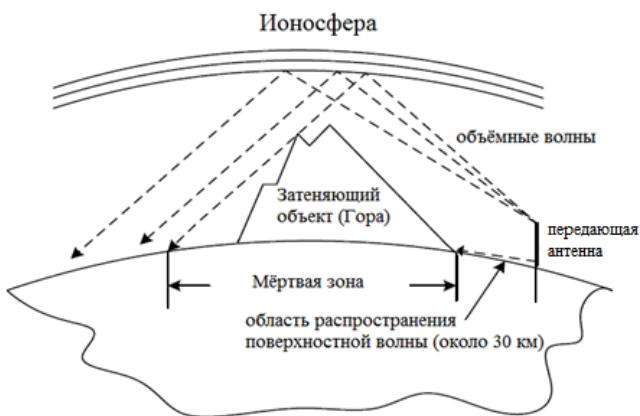


Рис. 1. Схематичное изображение режима излучения NVIS

Зачастую такой тип связи необходимо обеспечить на передвижных платформах. В связи с этим в зарубежной литературе часто появляются статьи, описывающие конструкции малогабаритных антенн, используемых для NVIS. В частности, в работах [1, 2, 3] приведены описания антенн, предназначенных для установки на автомобиле. Кроме того, имеются сведения о серийно выпускаемых антенах такого типа, информацию о которых можно найти на сайте [4]. Фотография одной из таких антенн представлена на рис. 2.

Однако использование КВ-диапазона затруднено тем, что размеры излучателей, размещение которых возможно на небольших передвижных платформах, много меньше используемых длин волн. В связи с этим выбор типа и размера излучателей должен осуществляться сообразно поставленной задаче для конкретного вида передвижной техники. Данная статья посвящена краткому обзору существующих на сегодняшний день решений данной проблемы.

Существует множество примеров построения антенн для NVIS в виде вибраторных антенн. В частности, в статье [5] описывается конструкция монополя, укороченного путём введения ёмкостной нагрузки на конце излучателя. В статье также показано, что измеренная резонансная частота на 6 % отличается от расчетного значения этой характеристики. Расчёты производились с помощью метода моментов, реализованном в программном продукте FEKO. В работе [5] также приводится описание антенны, реализованной в виде согнутого монополя, установленной на боевой машине.

Также распространённым решением данного вопроса является использование электрически малых рамочных антенн. В работе [5] представлен пример реализации двухплечевой рамочной антенны, предназначенной для установки на автомобиле. Кроме того, в работе [5] приведена схема согласующего устройства, позволяющего перестраивать antennу, составленную из двух параллельных рамок периметром 5,2 м в диапазоне от 2 до 8 МГц.

Существуют также специфические реализации коротковолновых антенн, предназначенных для установки в хвостовой части самолёта [6], на борту подводной лодки [7].



Рис. 2. Изображение антенны для NVIS, установленной на крыше автомобиля

В работе [5] приведено сравнение трёх типов антенн: штыревого, рамочного и антенны типа укороченный монополь. Показаны результаты проведённых измерений этих антенн, установленных на бронированной автомашине, их фотографии приведены на рис. 3.

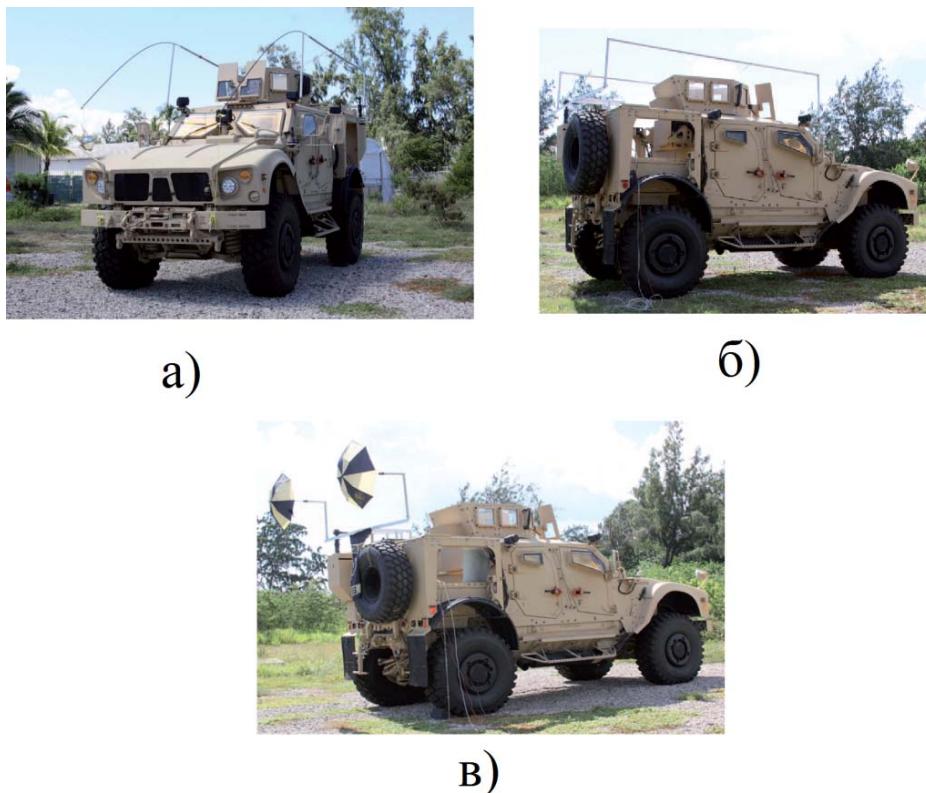


Рис. 3. Примеры реализации электрически малых рамочных антенн штыревого (а), рамочного (б) типа, а также антенны типа укороченный монополь (в)

Все перечисленные электрически малые антенны объединяет достаточно узкая полоса и низкий коэффициент полезного действия, поскольку эти характеристики тесно связаны с электрическим размером антенн, что подробно разобрано в монографии [8] и статье [9]. В этих источниках указаны фундаментальные ограничения, накладываемые на электрически малые антенны.

Список использованных источников

1. Ignatenko M., Filipovic D. S. On the Design of Vehicular Electrically Small Antennas for NVIS Communication // Transactions on Antennas and Propagation. 2016. Т. 64, № 6. PP. 2136–2145.
2. Yikai Chen, Chao-Fu Wang. Electrically Small UAV Antenna Design Using Characteristic Modes // Transactions on Antennas and Propagation. 2014. Т. 62, № 2. PP. 535–545.
3. Wei Tian, Zheng H. L. An Optimised of High Efficiency Vehicular Loop Antenna for NVIS Applications // 2010 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology: IEEE Conference Publications, 2010. PP. 1252–1255.

4. Сайт фирмы-производителя радиотехнического оборудования «Harris» // Harris. URL: <https://www.harris.com> (дата обращения 12.05.2017).
5. Ignatenko M., Sanghai S. A., Lasser G., Allen B., Smith R., Notaros M., Filipovic D. S. Wide-Band HF Antennas for Military Vehicles // Antennas and Propagation Magazine. 2016. Т. 58, № 6. PP. 64–74.
6. Gonzalez F. J. J., Gil E. P., Pinon R. R., Moreno J. A. R. Integrated HF antenna for Vertical Tail Plane Using Virtual Prototyping // Integrated HF antenna for Vertical Tail Plane Using Virtual Prototyping, 6–11 November, 2014.
7. Plonski F., Gyenes C. M. Efficient HF Submarine Antennas // Antennas and Propagation Society International Symposium, 5–11 July. 2008.
8. Chu L. J. Physical Limitations of Omni-Directional Antennas // Journal of Applied Physics. 1948. Т. 19. PP. 1163–1175.
9. Geyi W. Method for the Evaluation of Small Antenna Q // Transactions on antennas and propagation. 2003. Т. 51, № 8. PP. 2124–2129.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором И. Б. Паращуком.

УДК 621.39

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ ЛИНИИ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ

А. В. Павленко

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

Радиорелейная связь позволяет организовать качественные каналы связи, хорошо устойчивые к условиям распространения. В процессе проектирования радиорелейной линии связи, одной из главных задач является определение ее дальности. На пути распространения встречаются препятствия различной природы и формы. Влияние препятствия на распространение электромагнитных волн оценивают с помощью множителя ослабления.

радиорелейная линия связи, множитель ослабления, дальность.

Задача расчета радиолинии состоит в том, чтобы по известным энергетическим параметрам передающей и приемной аппаратуры определить дальность связи с заданной надёжностью. При увеличении дальности связи не только увеличивается ослабление радиоволн на трассе, но и появляются непрерывные колебания амплитуды принимаемого сигнала. Это связано со многими причинами: многолучевостью распространения радиоволн, изменением характеристик реальной турбулентной тропосферы и т. д. Таким

образом, как шумы и помехи, так и сигнал имеет флюктуационную природу. Если даже обеспечивается большое превышение среднего уровня сигнала над средним уровнем помех, то в отдельные моменты времени выбросы шумов могут оказаться сравнимыми с мгновенной амплитудой флюктуирующего сигнала и даже превысить ее. Это приведет к тому, что передаваемая информация будет искажена [1].

Для определения дальности системы можно использовать энергетический потенциал C :

$$C = \frac{P_{\text{пер}} \eta_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \eta_{\text{пр}}}{q P_{\text{ш.пр}}},$$

где q является отношением «сигнал/шум», $P_{\text{ш.пр}}$ – мощность шумов, $P_{\text{пер}}$ – мощность генерируемого сигнала, $\eta_{\text{пер}}, \eta_{\text{пр}}$ – коэффициенты полезного действия передающей и приемной антенн, $G_{\text{пер}}, G_{\text{пр}}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн.

Влияние земной поверхности и тропосферы учитывается множителем ослабления. Он зависит от трассы, выбранной частоты, высоты антенн, рельефа местности, гидрометеорологических параметров [2].

Под множителем ослабления V понимают отношения напряженности поля E в точке приема при распространении радиоволн в реальных условиях к напряженности поля E_0 в той же точке при распространении радиоволн в свободном пространстве [1]:

$$V = \frac{E}{E_0} = |V| \exp(i \arg V),$$

где $|V|$, $\arg V$ – соответственно, модуль и фазовый сдвиг множителя ослабления.

Для малых расстояний между передающей и приемной антеннами, когда поверхность Земли можно считать плоской, модуль множителя ослабления определяется формулой [1]:

$$|V| = \sqrt{1 + |\Gamma|^2 + 2|\Gamma| \cos\left(\frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda R} + \Phi\right)},$$

где $\Gamma = |\Gamma| \exp(i\Phi)$ – коэффициент отражения Френеля, учитывающий изменения амплитуды и фазового сдвига отраженной волны.

Коэффициенты отражения Френеля зависят от электрических и магнитных свойств сред, угла скольжения θ_c и поляризации волны. В случае радиолинии прямой видимости первой средой является воздух, поэтому выражения для коэффициентов отражения имеют вид [1]

При вертикальной поляризации:

$$\Gamma_v = \frac{\sqrt{\epsilon_2 - \cos^2(\theta_\Pi)} - \epsilon_2 \sin(\theta_\Pi)}{\sqrt{\epsilon_2 - \cos^2(\theta_\Pi)} + \epsilon_2 \sin(\theta_\Pi)},$$

где $\varepsilon_2 = (\varepsilon + i60\chi\lambda) = (\varepsilon + i\epsilon\text{tg}(\delta))$ – комплексная относительная диэлектрическая проницаемость земной поверхности, χ – проводимость, $\text{tg}(\delta)$ – тангенс угла потерь.

В качестве подстилающей поверхности выбрана морская вода с $\epsilon = 80$ и $\text{tg}(\delta) = 0,54$. [3]

Работа системы связи возможна, пока энергетический потенциал будет больше потерь на распространение L .

Условие работы радиорелейной линии связи будет иметь вид:

$$\delta_2(R) = C - L_0 - L_D(R),$$

где L_0 – потери в свободном пространстве, $L_D(R)$ – потери, обусловленные затуханием радиоволн в среде.

Потери распространения сигнала L_0 , в свободном пространстве рассчитывается по следующей формуле [4]:

$$L_0 = 92,45 + 20\lg(f) + 20\lg(R),$$

где R – длина интервала пространства, км; f – частота радиосигнала, ГГц.

В расчете использованы следующие параметры радиорелейной системы:

выходная мощность передатчика $P_{\text{пер}} = 0,316$ Вт;

КПД тракта передачи $\eta_{\text{пер}} = 0,8$;

КПД тракта приема $\eta_{\text{пр}} = 0,8$;

коэффициент усиления передающей антенны $G_{\text{пер}} = 34$ дБ;

коэффициент усиления приемной антенны $G_{\text{пр}} = 34$ дБ;

несущая частота $f = 11$ ГГц;

эффективный коэффициент шума приемника $N_e = 10$ дБ;

высота расположения передающей антенны $h_1 = 6$ м;

высота расположения приемной антенны $h_2 = 6$ м.

Использованные параметры являются «обобщенными» для РЛ, в реальности, они должны браться для конкретной системы.

Для расчета дальности связи была выбрана среда Matlab. В ней разработан программный модуль «RL1» – расчет дальности связи при вертикальной поляризации пространстве.

На рис. представлена зависимость запаса уровня сигнала δ_2 от дальности R для вертикальной поляризаций с учетом подстилающей поверхности.

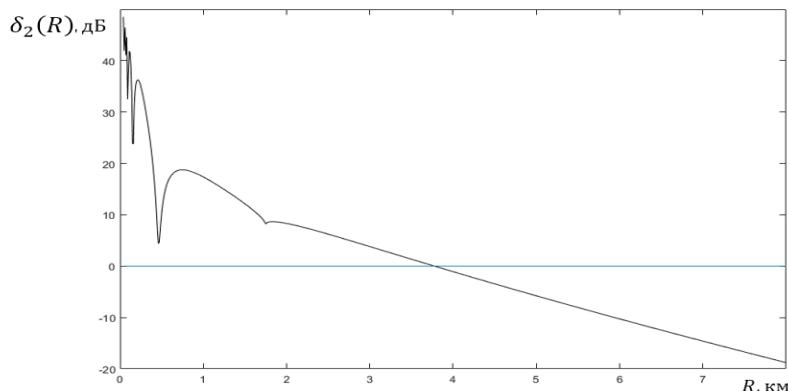


Рисунок. Дальность действия РРС при вертикальной поляризации

Список используемых источников

1. Леонтьев В. В. Расчет трасс радиорелейных линий прямой видимости: методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теория электромагнитного поля и распространение радиоволн». СПб. : СПбГЭТУ, 1998. 36 с.
2. Справочник по радиорелейной связи / Под ред. С. В. Бородича. М. : Радио и связь, 1981.
3. Решение Государственной комиссии по радиочастотам от 24.10.2005 №05-09-03-001 «О рассмотрении методики расчета электромагнитной совместимости радиорелейных линий прямой видимости...» URL: <http://www.docs.ctnd.ru/document/901984429> (дата обращения 30.03.2017).
4. ГОСТ Р 53363-2009 Цифровые радиорелейные линии. М. : Стандартинформ 2010.

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Д. О. Федосеевым.*

УДК 681.772.7

ИЗВЕЩАТЕЛИ ПОЖАРНЫЕ С ВИДЕОКАНАЛОМ ОБНАРУЖЕНИЯ

К. А. Польщиков, О. В. Украинский, С. Л. Федоров

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

Миниатюризация микропроцессорной техники и повышения скорости обработки сигнала позволили создавать технические средства обнаружения возгораний, производящие обработку видеоизображения на предмет выявления открытого пламени, регистрации задымленности, контроля температуры поверхности предметов. В отличие от обычных пожарных извещателей, осуществляющих контроль вызванных пожаром

изменений параметров среды, извещатели с видеоканалом обнаружения пожара производят обработку полученного видеоизображения с целью выявления в нем изменений, которые могут быть вызваны возникновением возгорания, максимально исключая схожие явления, не связанные с пожаром (пыль, свет ламп, нагретые в нормальном состоянии объекты, свечение сварки и т. п.).

пожарный извещатель с видеоканалом обнаружения, пожар, методика испытаний.

Одна из основных характеристик системы автоматизированного пожаротушения – это ее способность своевременно реагировать на возникновение возгорания. Традиционные средства обнаружения пожара такие, как извещатели дыма, пламени, не всегда позволяют вовремя обнаружить признаки пожара. Благодаря развитию цифровой обработки изображения в последнее время появился новый тип пожарных извещателей: пожарные извещатели с видеоканалом обнаружения (ИПВ) [1].

ИПВ представляет собой автоматический пожарный извещатель, который обнаруживает признаки пожара путем обработки изображения контролируемой зоны. По ряду причин, таких, как высокая стоимость, отсутствие специальной нормативной базы и др., ИПВ применяются, в основном, на объектах, где требуется свести к минимуму число ложных срабатываний, задержку срабатываний, а также получать информацию о состоянии контролируемой зоны в режиме реального времени. Для объектов морского базирования извещатели пожарные с видеоканалом обнаружения разрабатываются на предприятии СКБ «Энергия». Специалисты СКБ разработали собственную методику испытаний ИПВ, с помощью которой возможно сравнить эффективность применения ИПВ и традиционных пожарных извещателей (извещателей пламени). Цель настоящей статьи – краткое описание разработанной методики проверки ИПВ на предмет обнаружения пламени и сравнение ИПВ с пожарным извещателем пламени.

Испытания на способность обнаруживать пламя проводят на оптической скамье, в качестве опытных образцов было отобрано шесть ИПВ.

Оптическая скамья выполнена в виде стола (рис.), имеющего длину ($2,5\pm0,5$) м, ширину ($0,5\pm0,2$) м и высоту ($0,8\pm0,2$) м. На столе установлены метановая горелка, модулятор, нейтральный аттенюатор, затвор и стойка извещателя.

Испытываемый ИПВ устанавливают на оптическую скамью, с противоположной стороны которой устанавливают источник излучения – метановую горелку. В ходе испытаний определяют последовательно: точку отклика ИПВ, затем коэффициент неустойчивости ИПВ.

Точка отклика – это максимальное расстояние от источника пламени, на которое ИПВ устойчиво срабатывает.



Рисунок. Оптическая скамья

Коэффициент неустойчивости определяется по формуле:

$$D = D_1^2/D_2^2,$$

где D_1 и D_2 – точки отклика, определенные при нескольких испытаниях.

Далее проверяются: повторяемость чувствительности, стабильность срабатывания, срабатывание при различных углах обзора, воздействие прямого света [2].

Для сравнения эффективности применения ИПВ и извещателей пламени по разработанной в СКБ «Энергия» методике был также испытан извещатель пламени. В ходе проведенных испытаний были измерены точки отклика и рассчитаны коэффициенты неустойчивости, а также проверены повторяемость чувствительности, стабильность срабатывания, срабатывание при различных углах обзора, воздействие прямого света. Для удобства сравнения значения коэффициентов неустойчивости и точек отклика ИПВ, а также извещателя пламени, представлены в таблице.

ТАБЛИЦА 1. Значения коэффициентов неустойчивости и точек отклика

Параметр	ИПВ	Извещатель пламени
Точка отклика, м	1,5	2
Коэффициент неустойчивости	0,5	1,5

В результате испытаний, проведенных по разработанной методике было установлено, что ИПВ быстрее реагируют на пламя, чем извещатели пламени. Ввиду того, что ИПВ могут обнаруживать пламя на расстоянии до 100 метров, использование ИПВ намного эффективнее, чем применение

известателей пламени. Таким образом, можно сделать вывод о том, что характеристики пожарных известателей с видеоканалом, являющихся на сегодня наиболее совершенными средствами предотвращения пожаров, могут оперативно контролироваться с помощью методики, разработанной на предприятии «СКБ «Энергия»».

Список используемых источников

1. Коробков А. Видеодетекторы огня и дыма: раннее обнаружение // Системы безопасности. 2014. N 5. С. 100–102.
2. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний М. : Изд-во стандартов, 2012, проект изменения № 3.

УДК 621.397

О ТЕЛЕВИЗИОННОМ НАБЛЮДЕНИИ МАЛОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Н. В. Понамарев¹, О. В. Украинский²

¹СКБ «Энергия»

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

Проведение различных исследований требует наблюдения малоконтрастных объектов и их изменений, невидимых зренюю. В работе анализируются условия зрительного восприятия изображений и излагается алгоритм, позволяющий визуализировать наблюдаемое изображение на мониторе оператора в виде дополнительных фрагментов с условной окраской.

градации яркости, полутона, закон Вебера-Фехнера, визуализация младших разрядов, битовая плоскость, условная окраска.

Основная задача телевизионной (ТВ) системы состоит в передаче зрительной информации об объекте наблюдения. Однако, например, для прикладных ТВ систем требуется передача зрительной информации в количестве большем, чем может зафиксировать глаз. Например, когда переданное изображение предназначено не только для визуального контроля, но также для дополнительного анализа или автоматического принятия решений. Именно с этой целью разрабатываются ТВ камеры, превосходящие зрение человека по детальности передаваемого изображения, по количеству передаваемых цветовых оттенков или градаций яркости и другим параметрам.

Вместе с тем, эта «избыточная» для зрения информация должна иметь возможность контролироваться оператором на приёмной стороне ТВ системы.

Целью настоящей работы является анализ технических решений, позволяющих оператору прикладной ТВ системы визуально контролировать передаваемое изображение даже в тех случаях, когда динамический диапазон изменения яркости изображения превосходит возможности зрения.

Подобная ситуация возникает, например, в процессе наблюдения за подводными объектами при ограниченном освещении, при наблюдении за прозрачностью водной среды, для выявления незаметных глазу неравномерности освещения объекта, и т. д.

Для рассмотрения поставленной задачи необходимо проанализировать различия динамических диапазонов яркости изображения, воспроизведенного на обычном дисплее и воспринимаемого глазом и динамического диапазона реального изображения, воспринимаемого ТВ камерой на передающей стороне.

При наблюдении изображения чувствительность зрения к изменению яркости определяется законом Вебера-Фехнера [1], т. е. ощущение изменения яркости пропорционально не абсолютному приращению яркости $\Delta L = |L_1 - L_2|$, а логарифму ее относительного изменения $\ln(\Delta L/L_2)$.

На практике чаще приходится различать отдельные детали на некотором фоне с яркостью L_ϕ ; при этом глаз реагирует на относительное приращение яркости $(L - L_\phi)/L_\phi = \Delta L/L_\phi$. Отношение $(\Delta L/L_\phi)_{\text{пор}}$ при $\Delta L = \Delta L_{\min}$ называется пороговым контрастом, который зависит от яркости фона и других параметров. В рабочем диапазоне изменения яркости фона L_ϕ в первом приближении можно считать, что $(\Delta L/L_\phi)_{\text{пор}} = \sigma = 0,02...0,005 = \text{const}$.

При заданном контрасте $K = L'_{\max}/L'_{\min}$ зритель может воспринять вполне определенное количество ступеней изменений яркости. Полагая, что максимальный контраст, ограничиваемый возможностями зрения, составит $L_{\max}/L_{\min} = 100$, а $\sigma = 0,05$, получим, что максимальное число градаций, которое глаз будет различать при данных условиях, составит приблизительно 92 градации [2]. Такая величина является среднестатистической, относится к вещательному телевидению и не может удовлетворить требованиям прикладных ТВ систем. Учитывая быстрый рост качества современных мониторов, для большинства прикладных ТВ систем оказывается достаточным кодировать сигнал изображения с глубиной информации 8 бит (255 уровней яркости).

В последнее время, в связи с интенсивным развитием и применением прикладных ТВ систем, возникает задача визуального контроля таких незначительных и незаметных глазу изменений яркости наблюдаемого объекта, контраст которых составляет величину порядка 4000:1, что возможно при квантовании сигнала изображения с детальностью 12 бит на элемент.

Очевидно, что непосредственное воспроизведение такого изображения на мониторе невозможно, во-первых, в силу ограничений динамического диапазона яркости монитора, и, во-вторых, из-за рассмотренных выше ограничений зрения. Вместе с тем, области изображения, содержащие объекты с незаметными для глаза изменениями яркости, должны отображаться вместе с основным изображением, чтобы повысить его информативность.

В связи с этим, для отображения объектов с незначительными изменениями яркости на основном изображении, целесообразно воспользоваться известным методом представления изображения в условных цветах [3], широко применяемым, например, в тепловизионной технике и ряде других устройств с отображением дополнительной информации.

Структурная схема для осуществления описанного приема показана на рис. 1.

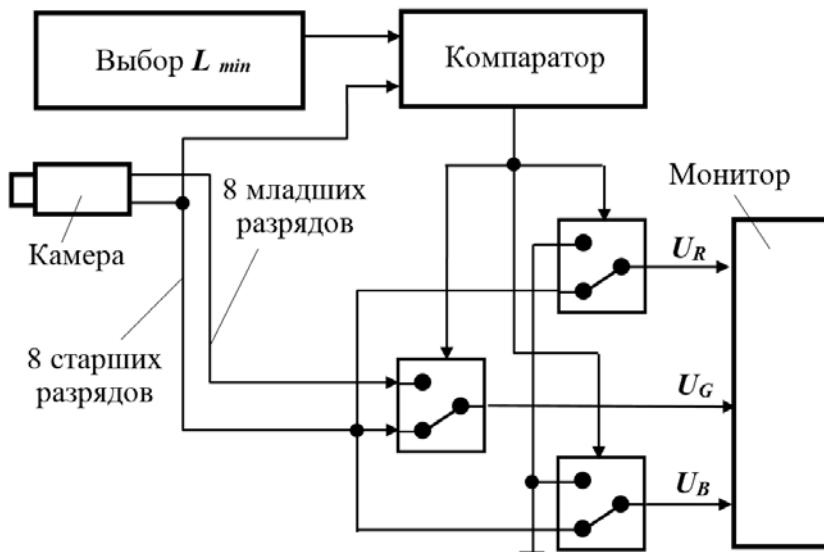


Рис. 1. Структурная схема для цветового выделения участков изображения с малыми изменениями яркости

Алгоритм обработки изображения, поясняемый на рис. 1, работает следующим образом. Сигнал изображения от черно-белой ТВ камеры фиксирует яркость объекта и большим динамическим диапазоном (12 бит на элемент) для оператора, контролирующего изображение на мониторе, кроме основного изображения, закодированного старшими восемью информационными разрядами из двенадцати, представляют интерес незаметные глазу изменения яркости, фиксируемые разрядами 9–12 при неизменности информации в разрядах 1–8. В связи с этим, описанный алгоритм повышает контраст ТВ изображения в локальной области рассматриваемого объекта, чтобы не лишать оператора контроля за остальной частью изображения. Приведенная схема позволяет воспроизводить передаваемое изображение в черно-белом виде с обычным отображением градаций яркости объекта,

а также, при задании оператором диапазона яркостей с требуемым расширением динамического диапазона и увеличением точности распознавания градаций, воспроизводить в основном цвете те области изображения, информация о которых содержится лишь в младших разрядах сигнала и при обычных условиях наблюдения была бы не заметна глазу оператора.

Наложение окрашенного изображения на основное не снижает его информативности. Оно принципиально не может перекрыть каких-либо деталей изображения, т. к. для оператора представляют интерес лишь те изменения, которые происходят только в разрядах 9–12, т. е. которые незаметны для зрения.

Моделирование работы рассмотренного алгоритма осуществлялось в среде MATLAB, при этом использовалось исходное изображение в виде градационного клина с плавным увеличением яркости по строке глубиной 12 бит. При заранее заданном значении сигнала яркости и при условии отсутствия изменений в видимых на изображении разрядах 1–8, разряды 9–12 заменяют собой более старшие разряды и замененное изображение окрашивается условным цветом. Внешний вид смоделированного изображения показан на рис. 2.



Рис. 2. Результат моделирования рассмотренного алгоритма

Изложенный алгоритм визуализации малоконтрастных изменений в изображении практически был реализован в подводной камере с КМОП-матрицей производства ON Semiconductor (разрешение сенсора 2592×1940 , разрядность АЦП – 12 бит, отношение сигнал/шум – 38 дБ) и показал удовлетворительные результаты при проведении стендовых испытаний камеры

в бассейне. В дальнейшем указанными камерами планируется оснащать автономные глубоководные аппараты нового поколения.

Список используемых источников

1. Зворыкин В. К., Мортон Д. А., Телевидение. М. : Изд. иностранной литературы, 1956. 780 с.
2. Джакония В. Е., Гоголь А. А., Друзин Я. В. и др. Телевидение: учебник для вузов / Под ред. В. Е. Джаконии. 4-е изд., стереотип. М. : Горячая линия – Телеком, 2007. 616 с.
3. Коротаев В. В., Мельников Г. С., Михеев С. В., Самков В. М., Солдатов Ю. И. Основы тепловидения. СПб. : НИУ ИТМО, 2012. 122 с.

УДК 621.396.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ АРУ ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОПРИЕМНИКА С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

А. А. Прасолов

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

В настоящее время, квадратурная амплитудная модуляция используется в большом количестве разнообразных систем связь, в том числе в цифровом телевизионном вещании, мобильных системах связи, а также в системах с OFDM. При приеме сигналов с изменяющейся амплитудой, таких как BPSK, DQPSK или QAM, возникает необходимость поддерживать амплитуду сигнала на входе демодулятора в определенных, заранее заданных пределах.

цифровая АРУ, опорный уровень, битовая ошибка, квадратурная амплитудная модуляция.

В современных системах цифровой связи автоматическое регулирование усиления (АРУ) играет очень важную роль для компенсации амплитуды входного сигнала на фиксированном уровне. В системах с квадратурной амплитудной модуляцией система АРУ обеспечивает усиление слабых сигналов после канальной фильтрации, чтобы гарантировать, что слабые сигналы имеют достаточное битовое разрешение для работы эквалайзера [1, 2].

Поскольку фактическое усиление на выходе канального фильтра неизвестно, нужно использовать адаптационные способы получения информации о реальной ошибке усиления для управления усилем АРУ. Одним

из простых методов оценки является сбор информации в течении длительного временного интервала, оценка средней мощности и регулировка усиления усилителя [3, 4]. Это требует дополнительных устройств памяти и приводит к большой сложности аппаратной реализации. Другой метод заключается в сравнении средней амплитуду с известным опорным значением мощности [5]. Это может привести к дополнительной погрешности коэффициента усиления при установки опорного значения вручную.

В этой статье приводится вариант построения системы АРУ для широкополосного приемника с квадратурной амплитудной модуляцией с подстройкой опорного уровня. Сделаны выводы о количественных и допустимых параметрах цифровой АРУ.

Традиционные АРУ состоят из аккумулятора, фильтра нижних частот, цифрового умножителя, как показано на рис. 1 [6]. Выходной сигнал $y(n)$ – это входной сигнал $x(n)$, умноженный на коэффициент усиления e_g . Коэффициент усиления управляется таким образом, что, хотя величина $x(n)$ неизвестна и изменяется, величина $y(n)$ постоянно удерживается на известном фиксированном уровне. Выходной сигнал $y(n)$ накапливается для вычисления мощности сигнала, а затем поступает в фильтр нижних частот для настройки подходящего значения усиления усилителя. Однако недостаток обычной АРУ заключается в следующем [6]:

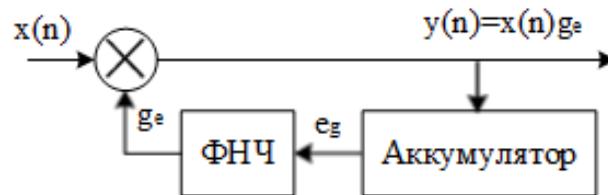


Рис. 1. Простая АРУ

1. В каналах с большой постоянной времени, для обеспечения высокой точности, то при построении традиционной АРУ аккумулятор требует долговременного сбора данных. Процедура довольно трудоемкая. Кроме того, аккумулятор должен преобразовывать значения амплитуды в количество мощности и ему необходим большой объем памяти [7].

2. Поскольку на выходной цифровой сигнал влияют межсимвольные помехи, это уменьшит точность традиционной АРУ. В узкополосном канале, межсимвольная интерференция приведет к чрезмерной оценки мощности сигнала в системе АРУ.

Как показано в [8] типовая квадратурная амплитудная модуляция (КАМ) приемник должен содержать два блока АРУ, один блок представляет из себя грубую АРУ, которая позволяет предотвратить перегрузку АЦП и поддерживать уровень сигнала вблизи 0 дБFS, а второй блок осуществляет точную регулировку уровня перед демодулятором для позиционирования диаграммы созвездий.

В качестве грубой АРУ предлагается использование широкополосной АРУ с подстройкой опорного уровня сигнала, предложенную автором

в [9, 10], а в качестве второй, описанную в [11]. На рис. 2 представлена модель широкополосного цифрового приемника, содержащая: аттенюатор на входе АЦП, АЦП, широкополосную АРУ с блоком коррекции опорного уровня сигнала [10], блок DDC с формированием квадратурных составляющих, канальный фильтр, узкополосную АРУ [11] и демодулятор [12].

Для моделирования системы АРУ в качестве входного сигнала будем использовать сигнал со следующими параметрами:

- модуляция: QAM-16;
- скорость передачи: 1 Мбит/с;
- количество символов: 4000;
- число бит на символ: 80;
- частота дискретизации 80 МГц;
- частота несущей: 4 МГц.

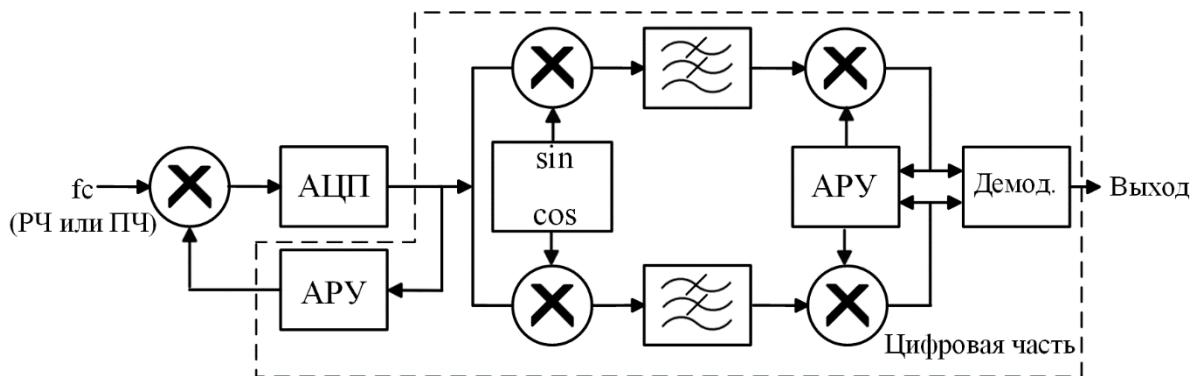


Рис. 2. Структурная схема приемника КАМ

Так как для моделирования взят АЦП с уровнем $U_{p-p} = 3,4$ В, то опорный сигнал блока широкополосной АРУ в начальный момент времени должен соответствовать уровню $0,636 \cdot U_{p-p}/2$ [9], а параметр α – возьмем равным двум длительностям символа (1/160), что позволит получить компромисс между точностью оценки мощности и временем регулирования.

Рассмотрим какое влияние будет оказывать перегрузка АЦП при появлении мощной аддитивной помехи, например, от соседнего канала. Для этого, добавим к нашему полезному сигналу, такой же сигнал КАМ на частоте 7 МГц с уровнем в 4 раза большим и аддитивный шум с уровнем -96 дБ. Как видно, на рис. 3, мощная помеха вызвала перегрузку АЦП, а тот в свою очередь вызвал инtermодуляционные искажения. На рис. 3 a , показан спектр сигнала до АЦП, а на рис. 3 b после АЦП с выключенной АРУ. При этом количество ошибок составит 589, что будет соответствовать величине BER равной 0,14. Отношение сигнал/шум составит 92 дБ.

При включении широкополосной АРУ уровень инtermодуляционных продуктов немного увеличивается (рис. 3 c), однако количество ошибок при этом составит 154, что будет соответствовать величине BER равной

$3,85 \cdot 10^{-2}$. Отношение сигнал/шум составит 95,1 дБ, что соответствует ожиданиям.

Однако, как при перегрузке АЦП, так и при появлении второй и более составляющих в спектре происходит не верная оценка реальной мощности полезного сигнала. В результате чего, АРУ осуществляет не точную регулировку уровня сигнала оставляя АЦП перегруженным. Поэтому предлагается добавить в широкополосную АРУ блок подстройки опорного уровня.

Стоит отметить, что оценка мощности осуществляется в цифровой части после АЦП, что создает погрешность в корректной оценке. Так, в случае показанным на рис. 3, требуемое значение опорного сигнала (R_{tr}) измеренное до АЦП составит 0,38, а R_{tr} измеренное после АЦП – 0,47.

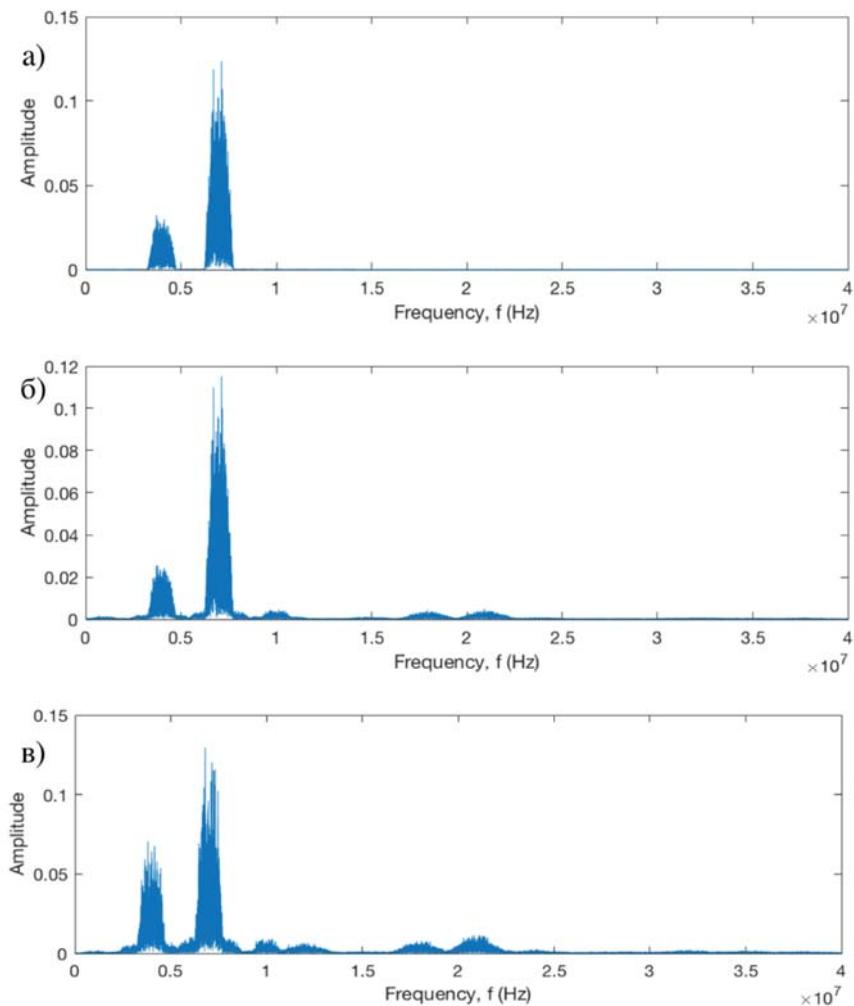


Рис. 3. а) спектр сигнала в канале до АЦП, б) спектр сигнала после АЦП с выключенной АРУ, в) спектр сигнала после АЦП с включенной АРУ

В таблице 1 приведены результаты моделирования при разных уровнях помехи на входе, а в таблице 2 при воздействии двух помех одинаковой амплитуды.

ТАБЛИЦА 1. Оценка количества ошибок и BER при разных уровнях помехи на входе

Уровень помехи	Количество ошибок и BER			
	без АРУ	АРУ без коррекции	АРУ и цифровая коррекция	АРУ и оценка уровня до АЦП
1.5	150 (BER = $3,75 \cdot 10^{-2}$)	150 (BER = $3,75 \cdot 10^{-2}$)	19 (BER = $4,75 \cdot 10^{-3}$)	19 (BER = $4,75 \cdot 10^{-3}$)
2	737 (BER = $1,84 \cdot 10^{-1}$)	99 (BER = $2,47 \cdot 10^{-2}$)	35 (BER = $8,75 \cdot 10^{-3}$)	27 (BER = $6,75 \cdot 10^{-3}$)
2.5	749 (BER = $1,87 \cdot 10^{-1}$)	222 (BER = $5,55 \cdot 10^{-2}$)	116 (BER = $2,9 \cdot 10^{-2}$)	85 (BER = $2,12 \cdot 10^{-2}$)
3.5	776 (BER = $1,94 \cdot 10^{-1}$)	370 (BER = $9,25 \cdot 10^{-2}$)	306 (BER = $7,65 \cdot 10^{-2}$)	274 (BER = $6,85 \cdot 10^{-2}$)
4.5	809 (BER = $2,02 \cdot 10^{-1}$)	422 (BER = $1,05 \cdot 10^{-1}$)	400 (BER = $1 \cdot 10^{-1}$)	400 (BER = $1 \cdot 10^{-1}$)

ТАБЛИЦА 2. Оценка количества ошибок и BER при воздействии двух помех одинаковой амплитуды

Уровень помехи	Количество ошибок и BER			
	без АРУ	АРУ без коррекции	АРУ и цифровая коррекция	АРУ и оценка уровня до АЦП
1.5	580 (BER = $1,44 \cdot 10^{-1}$)	81 (BER = $2,03 \cdot 10^{-2}$)	26 (BER = $6,5 \cdot 10^{-3}$)	15 (BER = $3,75 \cdot 10^{-3}$)
2	750 (BER = $1,88 \cdot 10^{-1}$)	102 (BER = $2,55 \cdot 10^{-2}$)	30 (BER = $7,5 \cdot 10^{-3}$)	30 (BER = $7,5 \cdot 10^{-3}$)
2.5	767 (BER = $1,92 \cdot 10^{-1}$)	134 (BER = $3,35 \cdot 10^{-2}$)	65 (BER = $1,63 \cdot 10^{-2}$)	58 (BER = $1,45 \cdot 10^{-2}$)
3.5	777 (BER = $1,94 \cdot 10^{-1}$)	269 (BER = $6,72 \cdot 10^{-2}$)	246 (BER = $6,15 \cdot 10^{-2}$)	241 (BER = $6,03 \cdot 10^{-2}$)

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- Использование цифровой широкополосной АРУ для предотвращения перегрузки АЦП в многоканальных широкополосных приемниках с КАМ имеет преимущества.
- Применение блока коррекции опорного уровня широкополосной АРУ дает существенный выигрыш.
- Оценка уровня сигнала до АЦП приводит к усложнению реализации при одинаковых результатах BER.

Список используемых источников

- Tan L. K. et al. A 70-Mb/s variable-rate 1024-QAM cable receiver IC with integrated 10-b ADC and FEC decoder // IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1998. Т. 33. №. 12. PP. 2205–2218.

2. Zhang Y. et al. Practical implementation of blind equalization carrier recovery and timing recovery for QAM cable receiver chip // Proceedings of 5th International Conference on ASIC. 2003. PP. 886–889.
3. Green D. Global stability analysis of automatic gain control circuits // IEEE transactions on circuits and systems. 1983. T. 30. №. 2. PP. 78–83.
4. Wang C. K., Huang P. C. An automatic gain control architecture for SONET OC-3 VLSI // IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing. 1997. T. 44. №. 9. PP. 779–783.
5. Rhodes C. W. Measuring peak and average power of digitally modulated advanced television systems // IEEE transactions on broadcasting. 1992. T. 38. №. 4. C. 197–201.
6. Deng Q. et al. A novel AGC scheme for QAM demodulator applications // Signal Processing and Its Applications, 2007. ISSPA 2007. 9th International Symposium on. IEEE, 2007. PP. 1–4.
7. Nam H. et al. A 300mW programmable QAM transceiver for VDSL applications // Solid-State Circuits Conference, 2003. Digest of Technical Papers. ISSCC. 2003 IEEE International. IEEE, 2003. PP. 418–504.
8. Brand S., Semiconductors P. QAM Demodulation // Wireless Communications.
9. Прасолов А. А., Шпак С. А. Коррекция опорного уровня цифровой автоматической регулировки усиления при многосигнальном воздействии // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2013. С. 315–320.
10. Prasolov A. A. Modeling of digital AGC with multisignal impact and adaptation of the reference level [Электронный ресурс] // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Proceedings. – Moscow: National Research University "Higher School of Economics". Russia, Moscow, March 14–16, 2018. IEEE Catalog Number: CFP18N39-CDR. URL: <http://ieee.tpu.ru/mwent/papers/dig059.pdf> (дата обращения 23.03.2018).
11. Прасолов А. А., Шпак С. А. Моделирование переходного процесса цифровой автоматической регулировки усиления // Системы управления и информационные технологии, № 4. 2012. Т. 1. №. 50. С. 197.
12. Harada H., Prasad R. Simulation and software radio for mobile communications. Artech House, 2002. Т. 1.

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом технических наук, профессором О. В. Воробьевым.

УДК 681.51

**ВАРИАНТ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ КОДИРОВАНИЯ
И ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОТОКОЛА
ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИУЕМОГО РАДИОКАНАЛА,
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТЕОРНОЙ СВЯЗИ**

А. И. Рыбаков

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

В приведенной статье дано общее описание алгоритмов кодирования и декодирования, использованных при разработке сигнально-кодовых конструкций, реализованных в макетах носимых станций метеорной связи. Представлены форматы кадров широковещательного и полудуплексного протоколов. Приведены результаты апробации технических решений.

метеорная радиосвязь (MPc), схемы кодирования, система метеорной связи, канал передачи, частотное разделение каналов (FDMA), частотные фильтры, сигнально-кодовые конструкции, широковещательный протокол, полудуплексный протокол.

Актуальность работы, а также главное преимущество метеорной радиосвязи (MPc) по сравнению с КВ радиосвязью – более высокий показатель эффективности функционирования системы по критерию эффективность/стоимость для труднодоступных районов и районов со слабо развитой инфраструктурой [1].

Для передачи информации используются частотно-манипулированные FSK сигналы. Данная схема модуляции используется по следующим причинам: значение пик-фактора равно 1, что позволяет максимально использовать усилители; помехоустойчивость приёма является приемлемой для предполагаемых значений сигнал-шум; удобство реализации. В реализованной съеме модуляции скорость передачи информации может изменяться от 10^2 до 10^4 бит/с. При этом полоса занимаемых частот численно равна удвоенному значению скорости передачи (в герцах).

Кодовая конструкция

Полярные коды [1] представляют собой коды с порождающей матрицей, состоящей из строк матрицы $G_N = B_N F^{\otimes m}$, где $N = 2^m$, B_N – матрица перестановки обращения бит, $F = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$. Кодовое слово такого кода имеет вид

$c_0^{N-1} = u_0^{N-1} G_N$, где $u_0^{N-1} = (u_0, \dots, u_{N-1})$ называется входным вектором поляризующего преобразования. k элементов этого вектора полагаются равными информационным битам, предназначенным для передачи, а оставшиеся элементы вычисляются в соответствии с нижеописанной процедурой.

В работе [1] было показано, что симметричный по выходу канал без памяти с двоичным входом, характеризующийся условной плотностью распределения $W(y|c)$ принятого сигнала y при переданном символе c , в сочетании с преобразованием, задаваемым матрицей G_N , задаёт семейство из N виртуальных битовых подканалов, характеризующихся условными распределениями.

$$W(y_0^{N-1}, u_0^{i-1} | u_i) = \frac{1}{2^{N-1}} \sum_{\substack{u_j \in \{0,1\} \\ i < j < N}} \prod_{s=0}^{N-1} W(y_s | (u_0^{N-1} G_N)_s), 0 \leq i < N. \quad (1)$$

С ростом m эти подканалы поляризуются, т. е. их параметры Бхаттачарья¹ Z_i сходятся к 0 и 1. Таким образом, надежная передача данных может быть организована следующим образом. Будем передавать полезные данные без кодирования по виртуальным подканалам $W(y_0^{N-1}, u_0^{i-1} | u_i)$ с $Z_i \approx 0$, в то время как по подканалам с $Z_i \approx 1$ будем передавать некоторые предопределенные значения. Описанные полярные коды имеют длину 2^m , что не всегда удовлетворяет практическим требованиям. Поэтому программа использует коды длины $n \leq 2^m$. Укорочение – операция понижения размерности и длины кода путём введения дополнительных ограничений вида $c_i = 0$ на некоторые символы кодового слова исходного кода. Кодовые слова укороченного кода получаются путём исключения таких («неактивных») символов из кодовых слов исходного кода. Рис. 1 (см. ниже) иллюстрирует корректирующую способность ПКДЗС (256,180,14), построенного в соответствии с методом, описанным в [3], и кода с малой плотностью проверок на четность [4], для случая аддитивного гауссовского канала с двоичной фазовой модуляцией. Видно, что полярный код обеспечивает энергетический выигрыш около 1 дБ. Это достигается за счет большего минимального расстояния ПКДЗС.

¹ Параметр Бхаттачарья канала с двоичным входом является оценкой сверху для удвоенной вероятности ошибки на бит при передаче по этому каналу без кодирования.

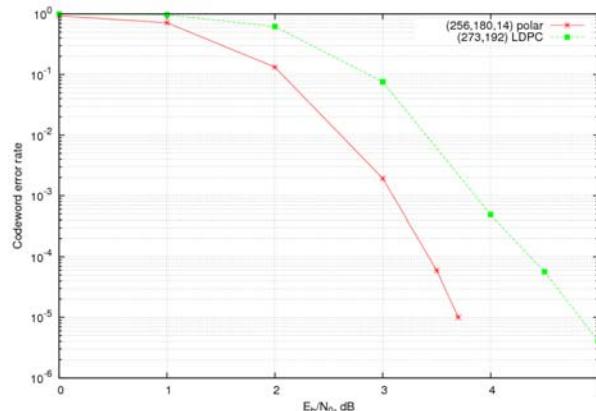


Рис. 1 Сравнение полярных и LDPC кодов

Алгоритм кодирования

Биты, предназначенные для передачи, распределяются по входному вектору поляризующего преобразования u_0^{N-1} . На позициях, соответствующих динамически замороженным символам, вычисляются заданные линейные комбинации входных символов u_i . Производится перестановка обращения битов, т. е. умножение на матрицу B_N . Полученный вектор умножается на матрицу $F^{\otimes m}$. Из полученного вектора исключаются неактивные символы.

Алгоритм декодирования

Пусть принят вектор y_0^{N-1} . В программе используется последовательный алгоритм декодирования [3]. Он состоит в следующем: в приоритетную очередь добавляется путь нулевой длины и вероятности $\Omega(0)$, функция $\Omega(i)$ называется эвристической функцией и определена ниже. Из приоритетной очереди выбирается путь в кодовом дереве u_0^{i-1} с наибольшей оценкой вероятности $T(u_0^{i-1}|y_0^{N-1})$. Если длина этого пути N , то соответствующее кодовое слово возвращается и декодер завершает работу. Если символ u_i является (динамически) замороженным, вычисляется его значение с учетом (1). В противном случае далее отдельно рассматриваются случаи $u_i = 0, u_i = 1$. Вычисляются оценки вероятности наиболее правдоподобного кодового слова uB_mG_N полярного кода, задаваемого вектором u с префиксом u_0^i :

$$T(u_0^{N-1}|y_0^{N-1}) = P(u_0^{i-1}|y_0^{N-1})\Omega(i), \quad \Omega(i) \approx \prod_{j>i, j \in F} (1 - P_j),$$

где P_j – вероятность неправильного принятия решения относительно символа u_i . Эти значения вычисляются с помощью метода гауссовской аппроксимации, описанного в [5].

В реализованной системе предусмотрено два протокола передачи: вещательный и полудуплексный. Вещательный протокол. Данний протокол предназначен для осуществления односторонней связи и осуществления гарантированной доставки сообщений, что реализуется с помощью много-кратного повторения сообщения передатчиком. Вещательный протокол обмена информацией характеризуется периодом передачи информации и периодом приёма информации. В данном случае в каждом сообщении используется кодирование (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Структура кадра данных:

Заголовок		Кодовое слово		
Преамбула 6 байт	ID кода 2 байта	CRC 2 байта	ID пакета 1 байта	Поле данных (переменная длина)

Возможные спецификации кодирования и размер поля данных приведены в ТАБЛИЦА 2.

ТАБЛИЦА 2. Спецификация кодирования и размер поля данных

Спецификация	Размер кодового слова	Размер данных для кодирования	Размер поля данных
1024_896_6_4.spec	1024 бита	896 бит	872 бита (109 байт)
1024_768_12_5.spec	1024 бита	768 бит	744 бита (93 байта)
1024_512_32_5.spec	1024 бита	512 бит	488 бит (61 байт)

Следует отметить, что ввод данных для передачи осуществляется оператором с соответствующее поле в символьном виде. Следовательно, размер поля данных в байтовом представлении меньше (значения приведены в таблице).

Полудуплексный протокол подразумевает поочередный обмен данными между станциями. Возможные сигналы: 1) Зонд-сигнал (предназначен для определения начала метеорного следа (отправляется базовой станцией); 2) Сигнал подтверждения об образовании канала (появлении метеорного следа), (отправляется на базовую станцию, как только принят зонд-сигнал); 3) Кадр данных.

Иллюстрация полудуплексного протокола приведена на рис. 2 (см. ниже). В начальный момент времени отправляются зонд-сигналы. Длительность зонд-сигналов составляет 0,8 мс.

11110000 – данных для передачи нет;

00001111 – за кадром подтверждения будет передан кадр данных.

В качестве подтверждения правильного приема передается номер следующего ожидаемого кадра данных. Номер кадра 0 используется при инициализации сеанса двустороннего объема данными (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3. Структура кадра подтверждения

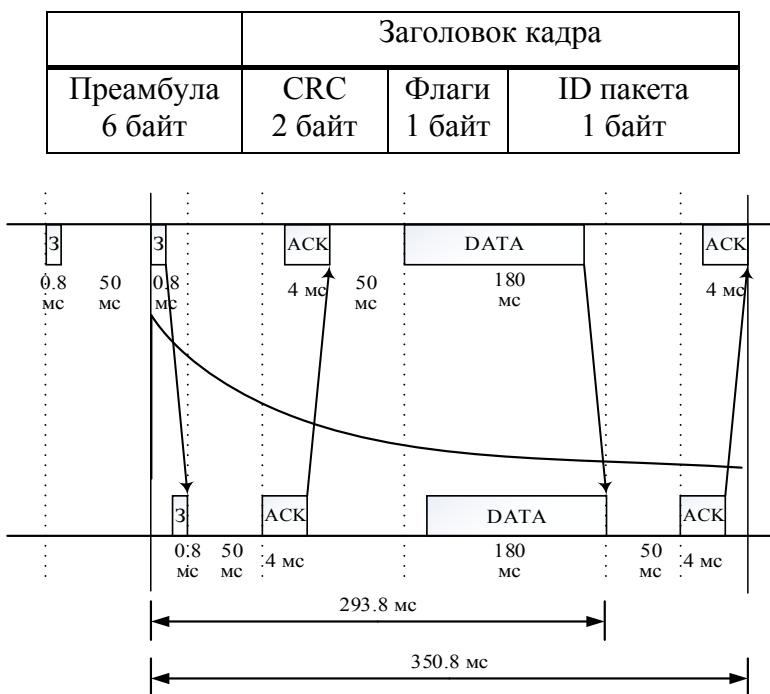


Рис. 2. Иллюстрация полудуплексного протокола

Полученные результаты апробации опытного образца позволяют сделать заключение о правильности принятых технических решений и уже послужили основанием для выбора дальнейшего пути развития системы в целом.

Список используемых источников

1. Вишневский В. М., Ляхов А. И., Портной С. Л., Шахнович И. В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М. : Техносфера, 2005. 592 с.
 2. Подосенов С. А., Потапов А. А., Соколов А. А. Импульсная электродинамика широкополосных радиосистем и поля связанных структур. М. : Радиотехника. 2003. 720 с. ISBN 5-93108-058-9.
 3. Бабков В. Ю., Фокин Г. А. Оценка вероятности успешного радиоприема в самоорганизующихся пакетных радиосетях на основе радиостанций с направленными антennами // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. Т. 4., № 82. С. 77–84.
 4. Воробьев О. В., Рыбаков А. И. Архитектура радиопередающей системы в составе автоматизированного корабельного комплекса связи // Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникации. 2015. С. 40–42.

5. Воробьев О. В., Рыбаков А. И. Универсальный блок беспроводного взаимодействия с корабельной системой управления // Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. 2015. С. 43–45.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, профессором О. В. Воробьёвым.

УДК 621.37

ВЫДЕЛЕНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ СЕГМЕНТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А. Д. Смирнов

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

Для выделения прямолинейных сегментов применяют метод пространственной фильтрации и поиск максимума градиента. На исходном изображении вычисляют градиент по нескольким направлениям и подвергают пространственно-ориентированной фильтрации. Подобная процедура позволяет локализовать точки интереса и угол ориентации потенциальной цели, а выделенные сегменты часто образуют замкнутый контур. Полученная информация используется для сравнения изображений, полученных с разных источников и распознавания целей на них.

сегмент, градиент, изображение, фильтрация, точка интереса.

Существует большое количество объектов, отличительными признаками которых являются прямолинейные границы (прямолинейные перепады яркости) и геометрические соотношения между ними. Практически важными задачами для радиотехнических систем наблюдения включают в себя обнаружение и классификацию искусственных объектов, таких как здания, сооружения, дороги, мосты; оценивание использования земных угольй при обработке земли; выделение рек и водоемов; подсвечивание взлетно-посадочной полосы для автопилота в условиях плохой видимости. Описанием прямолинейных границ являются прямые линии. Прямолинейные сегменты границ играют большую роль, поскольку почти все контуры локально прямолинейны, а многие искусственные объекты имеют прямолинейные границы [1].

Радиотехнические системы наблюдения обычно формируют двумерные сигналы – изображения. На рис. 1 представлена общая структурная схема радиотехнической системы наблюдения. Электромагнитная волна попадает на вход приемника.



Рис. 1. Общая структурная схема радиотехнической системы наблюдения

Приемник включает в себя:

- датчик предназначен для регистрации электромагнитной волны. Датчики могут быть разные, от обычных видеокамер, до антенн;
- предварительный усилитель предназначен для усиления сигналов до необходимого уровня для нормальной работы АЦП. При необходимости усилитель содержит схемы коррекции амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристики, а также частотной фильтрации;
- АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму, тем самым получая двумерное цифровое изображение.

Далее сигнал направляется в устройство обработки изображений (фильтр). Фильтр совершает различные операции над изображением, в зависимости от задачи, для которой построен данный фильтр. Результат обработки поступает на вход решающего устройства [2].

Изображения могут содержать шумовую составляющую, вызванную особенностью системы приёма изображений, которая мешает работе фильтра. С целью понижения влияния шумовой составляющей, изображение сглаживается гауссовским фильтром, при этом шумы подавляются, а границы объектов остаются, так как они существенно крупнее, ядро фильтра имеет вид:

$$F_\sigma(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

где σ – параметр масштаба фильтра, x, y – координаты пикселя на изображении.

Путём дискретизации функции (1) при $\sigma = 1,4$ находятся коэффициенты маски фильтра:

$$F_\sigma(u, v) = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{159}.$$

Размер маски и σ могут быть и другими. Фильтрация осуществляется по формуле:

$$I\sigma(i, j) = \sum_{u=-2}^{+2} \sum_{v=-2}^{+2} F_\sigma(u, v) \cdot Ig(i+u, j+v).$$

На рис. 2а представлено исходное изображение, 2б сглаженное изображение $I\sigma(i, j)$.

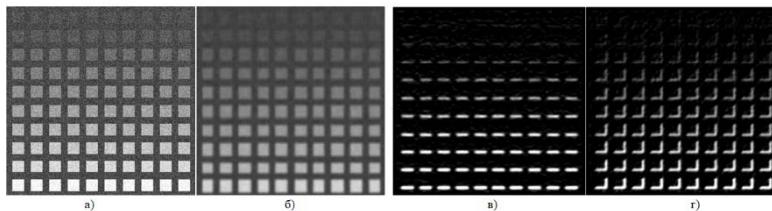


Рис. 2. Предварительная фильтрация. а) Исходное изображение;
б) сглаженное изображение; в, г) градиентные изображения.

Стандартный подход к выделению границ заключается в вычислении градиента по направлению. Точки с ненулевой производной представляются как точки границы. Двумерная производная содержит информацию не только об интенсивности точки, но и её ориентации на изображении. По определению оператор градиента двумерного изображения $f(x, y)$ в точке (x, y) – это вектор (4):

$$\nabla f = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}.$$

Широко используемое на практике стандартное решение заключается в вычислении градиента при помощи оператора Собеля или Превитта размером 3Х3. Оператор вычисляет первую производную и учитывает направление выделяемых линий.

$$\begin{array}{ccc}
 e_1(u, v) = & \begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix} & \begin{matrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{matrix} \\
 & e_2(u, v) = & e_3(u, v) = -1 & e_4(u, v) = -1 & e_5(u, v) = 0 & e_6(u, v) = 1 & e_7(u, v) = 1 & e_8(u, v) = 1 \\
 & & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & -1 \\
 & & & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 \\
 & & & & 1 & 0 & -1 & 0 \\
 & & & & 1 & 0 & -1 & -1 \\
 & & & & 0 & -1 & -1 & 1 \\
 & & & & 0 & -1 & -1 & 1
 \end{array}$$

Меняя коэффициенты маски, можно получить 8 направлений градиента с шагом в 45 градусов.

Сглаженное изображение $I\sigma(i, j)$ подвергается дифференцированию в скользящем локальном окне по формуле:

$$g_k(i, j) = \sum_{u=-1}^{+1} \sum_{v=-1}^{+1} e_k(u, v) \cdot I(i+u, j+v),$$

где $I(i+u, j+v)$ – яркость изображения в точке $(i+u, j+v)$; u и v координаты, отсчитываемые от точки (i, j) .

Результат дифференцирования даёт $K = 8$ градиентных изображений $g_k(i, j)$ с линиями в местах перепадов яркости. На рис. 2в и 2г представлены некоторые градиентные изображения. Линии на градиентах различаются по интенсивности, которая связана с величиной градиента. Все эти операции составляют предварительную фильтрацию.

Для выделения линий производится фильтрация с помощью набора пространственно ориентированных фильтров настроенных в скользящем, локальном окне $f_a(u, v)$, каждый на своё направление. На рис. 3 представлены фильтры по направлениям: а) 0 градусов; б) -45 градусов; в) 90 градусов; г) -135 градусов.

Фильтрация линий во всех направлениях производится путём последовательной свёртки градиентных изображений с окном фильтра. Каждое градиентное изображение фильтруется в своём секторе, в зависимости от того в каком направлении взят градиент [3]. Сектора фильтрации градиентов показаны на рис. 4 (см. ниже).

Так например: градиент $g_1(i, j)$ обрабатывается в диапазоне углов $23^\circ - 338^\circ$ (отсчёт по часовой стрелке) что соответствует фильтрам окна которых настроены в диапазоне углов $23^\circ \geq a > -22^\circ$. Таким же образом проводится обработка по всем секторам. Фильтрация осуществляется по формуле:

$$F_{a,k}(i, j) = \sum_{u=-8}^{+8} \sum_{v=-8}^{+8} f_a(u, v) \cdot g_k(i+u, j+v),$$

где a – угол ориентации фильтра, k – номер градиента.

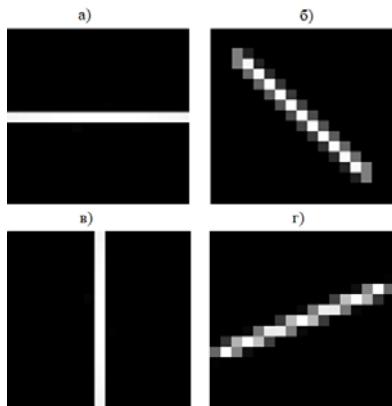
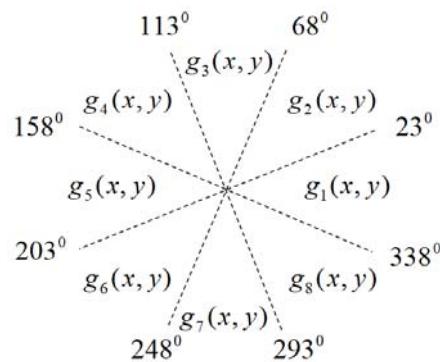
Рис. 3. Пространственно
ориентированные фильтры

Рис. 4. Сектора фильтрации

На полученном изображении как показано на рис. 5 a ищем точку максимума градиента и угол ориентации фильтра, при котором эта точка была получена. На рис. 5 b отмечена точка максимума. Благодаря известному углу ориентации можно построить прямую линию относительно этой точки под заданным углом. Начало и конец линии определяется пороговым условием. Таким образом можно выделить одну линию, включающую в себя самую яркую точку, как показано на рис. 5 c .

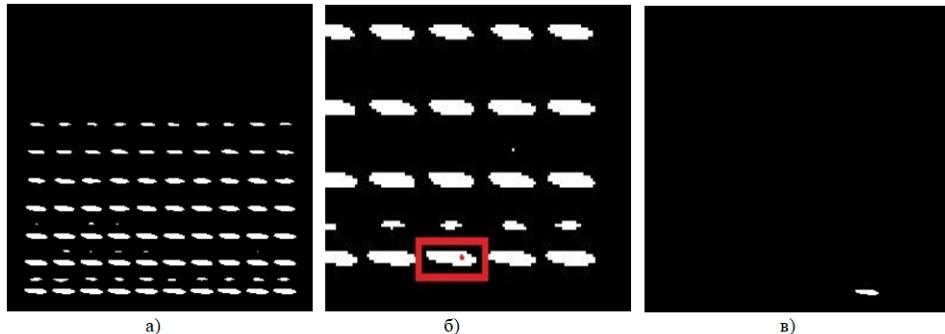


Рис. 5. Выделение сегментов. а) результат фильтрации; б) определение точки максимума градиента; в) выделение сегмента

Последним шагом в выделении прямолинейных сегментов является исключение выделенного сегмента из изображения. Это необходимо, чтобы исключить другие максимальные точки, находящиеся на одном выделенном сегменте. Данную процедуру повторяют до тех пор, пока выделяемые сегменты превышают заданный порог, либо не будет найдено требуемое количество линий.

На рис. 6 представлен результат работы алгоритма, применительно к радиолокационному изображению. На рисунке видно, как алгоритм выде-

ляет прямоугольные области (дома) и заключает их в белые замкнутые контура. Такие контуры позволяют идентифицировать объект и сравнить его с другими объектами, которые были получены на других изображениях.

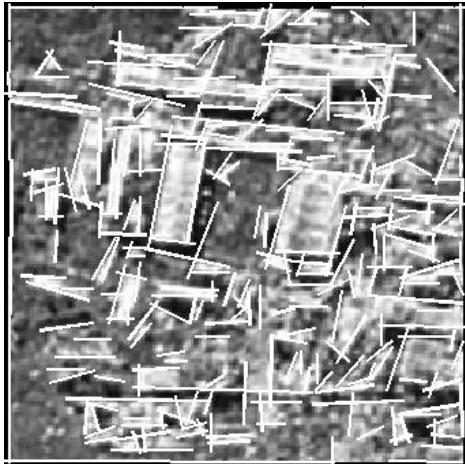


Рис. 6. Работа алгоритма на радиолокационном изображении

Список используемых источников

1. Онешко А. В., Волков В. Ю., Турнецкий Л. С. Выделение прямолинейных кромок на зашумленных изображениях // Информационно-управляющие системы. 2011. Вып. 4 (53). С. 13–17.
2. Онешко А. В., Волков В. Ю., Турнецкий Л. С. Описание и выделение объектов на изображениях с использованием прямолинейных сегментов // Информационно-управляющие системы. 2012. Вып. 5 (60). С. 7–14.
3. Волков В. Ю. Методы дискретной фильтрации и задачи обработки изображений в радиотехнических системах наблюдения: монография; СПбГУТ. – СПб., 2013. 144 с.

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором В. Ю. Волковым.

УДК 621.396.4

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАЗНЕСЕННОГО ПРИЕМА СИСТЕМ MASSIVE MIMO

И. В. Степанец, Г. А. Фокин

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

Статья содержит результаты исследования показателей качества разнесенного приема технологии massive MIMO в канале с рельеевскими замираниями, что является

характерным случаем для сетей мобильной связи. Качество разнесенного приёма с максимизацией отношения сигнал/шум оценено по выигрышу отношения сигнала/шум и вероятности битовой ошибки.

massive MIMO, разнесенный прием, отношение сигнал-шум, BER.

Актуальность темы оценки качества разнесенного приема технологии massive MIMO обусловлена тем, что одним из главных требований к сетям мобильной связи 5-го поколения является существенное увеличение пропускной способности, что невозможно без улучшения таких показателей качества связи как помехоустойчивость и надежность канала связи. Технология massive MIMO выступает средством выполнения требований по помехоустойчивости и надежности канала связи, и как следствие, средством достижения заданной пропускной способности. Объектом данного исследования является технология massive MIMO, предметом – помехоустойчивость технологии massive MIMO.

Задачи исследования заключались в: а) анализе особенностей технологии massive MIMO по сравнению с MIMO; б) исследовании алгоритмов моделирования для оценки выигрыша по отношению сигнал-шум (ОСШ) и помехоустойчивости в среде MatLab; в) разработке имитационной модели для оценки показателей ОСШ и помехоустойчивости для технологий MIMO и massive MIMO средствами моделирования; г) анализе полученных результатов моделирования для технологий MIMO и massive MIMO по критерию ОСШ и BER.

Отличительными особенностями технологии massive MIMO, по сравнению с классической MIMO, является большое число антенн на базовой станции (БС). Количество антенн в технологии massive MIMO может достигать порядка сотен и тысяч единиц [1], в то время как максимальное число антенн классической технологии MIMO составляет 4.

В настоящее время проводятся не только теоретические исследования в области massive MIMO, но и практические разработки. Ведущие мировые производители антенн (*Nokia-Bell Labs; Kathrein&Comscope; Huawei*) проводят разработки антенн massive MIMO порядка 64 [2, 3, 4].

Большое количество антенн на БС при использовании технологии massive MIMO имеет как достоинства, так и недостатки. К основным достоинствам следует отнести: а) резкое увеличение спектральной эффективности и пропускной способности (при наличии 128 антенн на БС и полосе частот 20 МГц спектральная эффективность возрастает до 36 бит/с/Гц) [5]; б) возможность точного адаптивного диаграммообразования [6] или формирования множества лучей (*beamforming*); в) компенсация внутрисистемных помех и влияния быстрых замираний за счет точного адаптивного диаграм-

мообразования [7]. В результате исчезает межпользовательская интерференция – эффект получил название «укрепления» канала связи (*channel hardening*).

Основными недостатками технологии massive MIMO являются: а) рост сложности системы в целом влечёт за собой как сложность обработки сигнала, так и сложность технической реализации; б) ограничение области применения, так как практическая реализация возможна только в режиме временного дуплекса – time division duplex (TDD). Причиной этому служат выдвигаемые требования к 5G, выполнение которых возможно только в TDD: актуальность обмена параметров CSI, затраты канального ресурса на пилот-сигнал, QoS на высоких скоростях передвижения АС [8].

В ходе исследования были разработаны имитационные модели разнесенного приема в среде Matlab для сравнения ОСШ и помехоустойчивости технологий MIMO и massive MIMO в канале с релеевскими замираниями. Алгоритмы построения моделей для оценки выигрыша по ОСШ и вероятности битовой ошибки представлены соответственно на рис. 1 и 2 (см. ниже). Для обоих случаев моделирования был выбран метод приема с максимизацией ОСШ – maximum ratio combining (MRC), так как он обеспечивает наилучшее в статистическом смысле ослабление замираний (приемник MRC работает по принципу суммирования норм коэффициентов замирания) [9].

В модели оценки выигрыша по ОСШ в качестве начальных условий был сформирован случайный информационный битовый поток, задана модуляция потока ФМ-2, задан вектор количества антенн на приемной стороне. Затем для расчета значений ОСШ по формуле (1) был построен цикл по элементам вектора количества антенн от 1 до 128.



Рис. 1. Алгоритм расчета ОСШ для технологий MIMO и massive MIMO в среде Matlab

$$SNR_{MRC} = \sum_{i=1}^N \frac{|h_i|^2 E_{\text{сигнала}}}{\sigma_n^2} \quad (1)$$

В ходе исследования также был построен алгоритм для расчета вероятности битовой ошибки в среде Matlab (рис. 2, см. ниже), в котором был сформирован начальный битовый поток, разбитый на блоки – это было необходимо для получения результатов при большом количестве антенн. Затем был задан вектор, содержащий различное количество антенн на приемной стороне, и вектор с областью значений ОСШ. По элементам этих векторов были построены два цикла: внутренний – с целью расчета значений ОСШ для определенного количества антенн; и внешний – с целью расчета вероятности битовой ошибки по полученному из внутреннего цикла значению ОСШ.

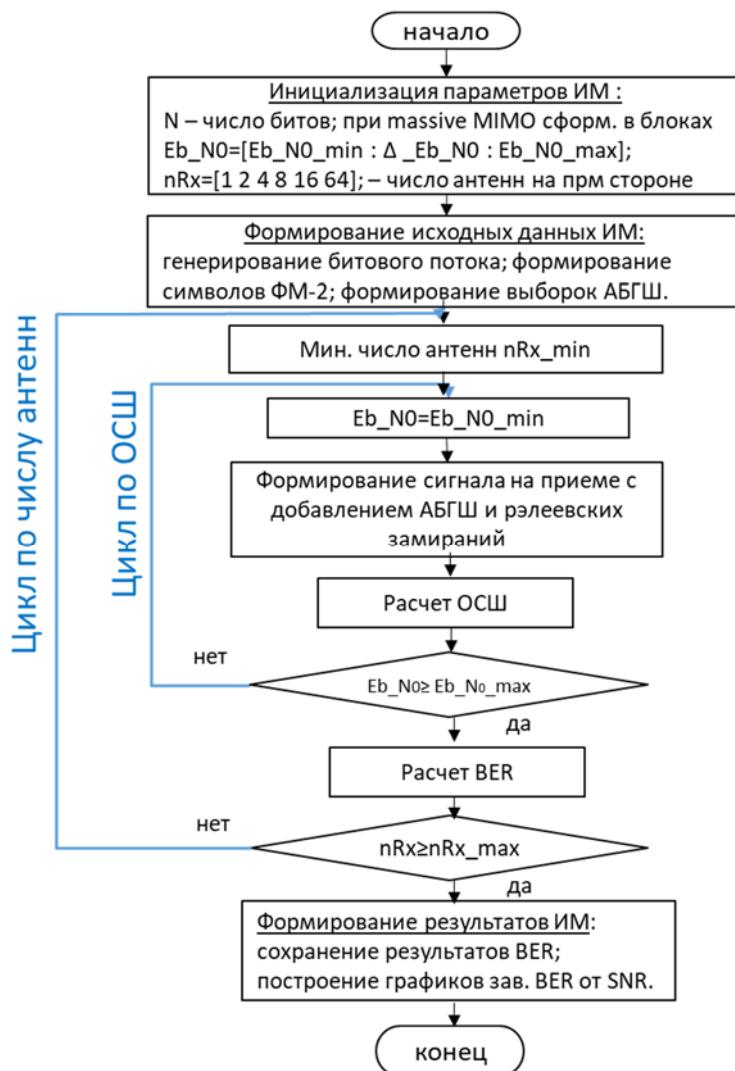


Рис. 2. Алгоритм расчета BER для технологий MIMO и massive MIMO в среде Matlab

Для расчета вероятности битовой ошибки согласно [9] было использовано выражение:

$$P_{\text{ошибMRC}} = p^n \sum_{k=0}^{N-1} \binom{N-1+k}{k} (1-p)^k,$$

где N – максимальное число антенн в цикле; k – текущее число перебора антенн в цикле; $p = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} (1 + \frac{1}{\text{ОСШ}})^{-1/2}$.

По результатам расчетов, представленных на рис. 3 (слева – результаты расчетов ОСШ, справа – вероятности битовой ошибки) можно сделать следующие выводы. Из графика зависимости ОСШ от количества антенных элементов следует, что наиболее существенный рост наблюдается при использовании от 20 до 60 антенных элементов. Дальнейшее увеличение усложняет и удорожает саму систему приема и обработки сигнала, но выигрыш при этом незначителен. График зависимости вероятности битовой ошибки от ОСШ показывает, что для технологии massive MIMO с числом антенных элементов 64, обеспечивается $\text{BER}=10^{-6}$ уже при $\text{ОСШ}=0,1$ дБ и выигрыш составляет 13 дБ по сравнению с классическим MIMO с 4-мя антенными элементами.

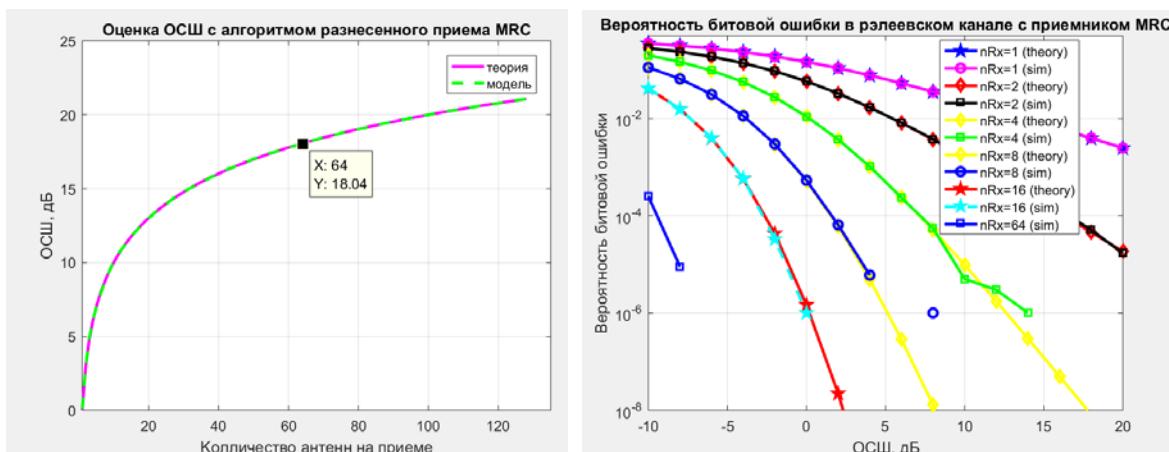


Рис. 3. Результаты моделирования параметров ОСШ и вероятности битовой ошибки

Подводя итоги, можно сказать, что использование технологии massive MIMO целесообразно с точки зрения повышения помехоустойчивости.

Список используемых источников

1. <https://massivemimo.eu/>
2. <https://networks.nokia.com/solutions/massive-mimo>.
3. <http://www.kathreinusa.com/tag/base-station-antennas/>
4. <http://www.huawei.com/en/about-huawei/publications/winwin-magazine/28/massive-mimo-2016>
5. Harris P., Malkowsky S. Setting a World Record in 5G Wireless Spectrum Efficiency With Massive MIMO // Virtuelle Instrumente in der Praxis. 2016.V. 21. P 272-277.

6. Фокин Г. А. Управление самоорганизующимися пакетными радиосетями на основе радиостанций с направленными антеннами: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 / Фокин Григорий Алексеевич. СПб., 2009. 17 с.

7. Фокин Г.А. Управление самоорганизующимися пакетными радиосетями на основе радиостанций с направленными антеннами: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 / Фокин Григорий Алексеевич. СПб., 2009. 144 с.

8. Фокин Г. А. Принципы и технологии цифровой связи. Основы расчетов: учебное пособие, СПбГУТ. СПб., 2014. 150 с.

9. Barry J. R., Lee E. A., Messerschmitt D. G. Digital communication. Springer Science & Business Media, 2012.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом Г. А. Фокиным.

УДК 681.3.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НЕЙРОСЕТЕВОГО АППРОКСИМАТОРА

А. Б. Степанов

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

В работе приводятся основные теоретические сведения об универсальном нейросетевом аппроксиматоре. Рассматриваются математические модели многослойного персептрона с одним и с двумя скрытыми слоями, искусственных нейронных сетей на основе радиальных базисных функций. Выполняется сравнение этих нейронных сетей при выполнении аппроксимации. Приводятся основные этапы моделирования универсального нейросетевого аппроксиматора в системе MATLAB. Описывается графический интерфейс пользователя, разработанный автором, позволяющий выполнять аппроксимацию произвольной функции.

моделирование, универсальный аппроксиматор, искусственная нейронная сеть, MATLAB.

Искусственные нейронные сети (ИНС) используются в самых различных системах обработки сигналов [1, 2, 3]. Одной из важнейших областей их применения является аппроксимация. Данная работа посвящена моделированию универсальных нейросетевых аппроксиматоров в MATLAB и разработке графического интерфейса пользователя для работы с ними.

Опираясь на теорему об универсальной аппроксимации, которая является естественным расширением теоремы Вейерштрасса, можно рассматривать многослойные персептроны и искусственные нейронные сети

на основе радиальных базисных функций (РБФ-сети) как универсальные аппроксиматоры [1]. Применительно к многослойному персепtronу можно отметить, что эта теорема доказывает только возможность выполнения аппроксимации любой непрерывной функции с помощью данного класса нейронных сетей, но не позволяет сделать выводы об оптимальности использования одного скрытого слоя [1]. Поэтому далее при моделировании будут рассмотрены многослойные персептроны с одним и двумя скрытыми слоями. При проведении экспериментов используются фрагменты реального биомедицинского сигнала – электроэнцефалограммы. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) – это сигнал, который может быть зарегистрирован на поверхности головы человека и является результатом электрической активности различных групп нейронов [4, 5]. При анализе таких сигналов могут применяться адаптированные вейвлеты, синтезированные с использованием нейросетевых моделей [6, 7, 8]. Одним из обязательных этапов получения подобных моделей является аппроксимация фрагмента сигнала (образца) нейронными сетями. Поэтому разработка графического интерфейса пользователя, позволяющего выполнять аппроксимацию фрагментов ЭЭГ с помощью искусственных нейронных сетей, направлена на непосредственное практическое применение.

Рассмотрим основные методы моделирования искусственных нейронных сетей в MATLAB, отметим их достоинства и недостатки.

1. Использование стандартных функций MATLAB для написания *m*-файлов, позволяющих создавать и обучать ИНС. Достоинством такого подхода моделирования нейронных сетей является полный контроль над всеми этапами ее создания и обучения с возможностью вывода промежуточных результатов. Такой подход может иметь исключительное значение при моделировании искусственных нейронных сетей, не входящих в число имеющихся в MATLAB, например, таких как вейвлет-нейронные сети. Кроме того, на основе *m*-файла, написанного на языке MATLAB, может быть получен код для реализации ИНС на различной элементной базе, например, на цифровом сигнальном процессоре. Недостатком данного подхода является существенное увеличение временных затрат на написание кода для построения и обучения нейронной сети. Кроме того, разработчик должен обладать достаточными знаниями в области теории ИНС и опытом написания сложных *m*-файлов.

2. Использование специальных функций MATLAB для написания *m*-файлов, позволяющих создавать и обучать нейронные сети. Применение такого подхода значительно сокращает время на создание и обучение сети, однако позволяет использовать только имеющиеся в MATLAB типы сетей и методы их обучения.

3. Создание и обучение искусственных нейронных сетей с использованием специальных пакетов инструментов MATLAB, например, Network/Data Manager (NNTool). Применение NNTool позволяет значительно упростить процесс создания и обучения нейронной сети [3]. После загрузки векторов входных и целевых значений осуществляется выбор типа сети, числа слоев, функций активации и других параметров сети. После создания сети происходит ее обучение. Все операции выполняются в графическом интерфейсе и не требуют написания программного кода, что является достоинством данного подхода. Его основной недостаток – ограниченный набор доступных типов сетей.

4. Работа с ИНС в подсистеме блочного моделирования Simulink. Дан- ный подход позволяет включить блоки искусственных нейронных сетей в модели систем цифровой обработки сигналов, выполнить их быструю настройку и, в случае необходимости, оперативно изменить их конфигурацию. Кроме того, на основе Simulink-моделей может быть выполнена автоматическая генерация программного кода для реализации моделируемых систем на цифровых сигнальных процессорах и программируемых логических интегральных схемах.

Рассмотрим математические модели многослойного персептрона и РБФ-сети. При выполнении аппроксимации многослойным персептроном аппроксимирующая функция может быть представлена выражением:

$$f(x, w) = \phi\left(\sum_k w_{0k} \phi\left(\sum_j w_{kj} \phi\left(\dots \phi\left(\sum_i w_{li} x_i\right)\right)\right)\right).$$

Аппроксимирующая функция, полученная с использованием РБФ-сети, имеет принципиально другое математическое описание:

$$f(x) = \sum_{i=1}^K w_i \phi(\|x - c_i\|), i = 1, 2, \dots, K.$$

Использование в качестве функций активации радиально-базисных функций позволяет получить более точное приближение аппроксимирующей функции к образцу.

Выполним сравнение различных сетей при аппроксимации фрагмента ЭЭГ с глазным артефактом (рис. 1). Для этого вычислим среднее квадратическое (СКО) и максимальное отклонения (МО) аппроксимирующей функции от образца, а также определим сложность полученных ИНС, которая характеризуется общим числом параметров каждой сети. Полученные результаты сведем в таблицу.

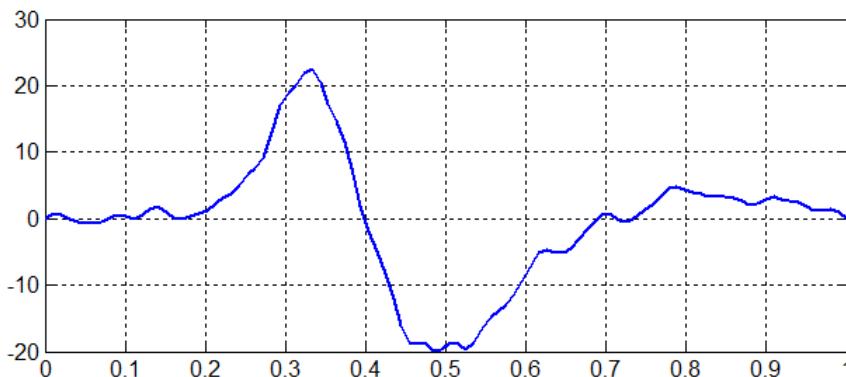


Рис. 1. Фрагмент ЭЭГ с глазным артефактом (образец)

Как следует из таблицы (см. ниже), максимальное среднее квадратическое отклонение аппроксимирующей функции от образца получено при использовании многослойного персептрона с одним скрытым слоем. Достоинством такой сети является ее простота, она имеет минимальное число параметров по сравнению с другими рассмотренными нейронными сетями. Более точное приближение может быть получено при использовании многослойного персептрона с двумя скрытыми слоями. При этом увеличивается и сложность сети. Высокая точность приближения аппроксимирующей функции к образцу получена при использовании РБФ-сети. Однако такая сеть имеет большое число параметров.

ТАБЛИЦА. Результаты аппроксимации

Тип ИНС	СКО, мкВ	МО, мкВ	Число параметров
Многослойный персептрон с одним скрытым слоем	0,5229	1,8100	30
Многослойный персептрон с двумя скрытыми слоями	0,3147	1,1445	56
РБФ-сеть	$1,2686 \times 10^{-14}$	$4,2633 \times 10^{-14}$	202

На рис. 2 представлен разработанный автором графический интерфейс пользователя, позволяющий выполнять аппроксимацию фрагментов электроэнцефалограммы с использованием искусственных нейронных сетей. При его запуске открывается окно, в котором разработчик может выбрать из выпадающего списка тип используемой искусственной нейронной сети. В случае выбора многослойного персептрона далее необходимо указать число скрытых слоев и число нейронов в каждом из них. Если в поле «Число нейронов во 2 скр. Слое» установлен «0», то дальнейшие вычисления будут выполняться для многослойного персептрона с одним скрытым слоем. Далее выбирается функция активации для каждого из слоев. Предполагается,

что при этом в выходном слое используется только один нейрон с линейной функцией активации.

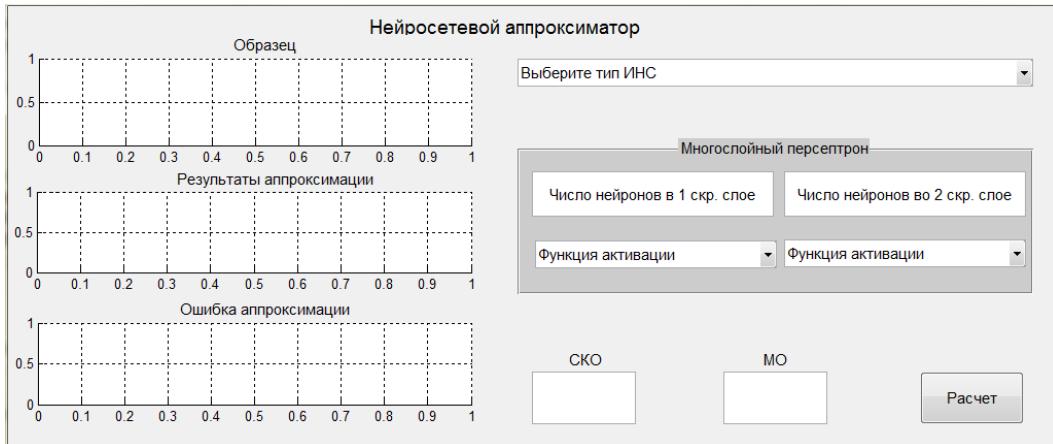


Рис. 2. Графический интерфейс пользователя при запуске

При нажатии кнопки «Расчет» из рабочей области MATLAB производится загрузка фрагмента ЭЭГ (образца), выполняется моделирование заданной нейронной сети и ее обучение. В качестве результатов аппроксимации в окно интерфейса (рис. 3) выводятся графики исходного сигнала (образца), аппроксимирующей функции, ошибки аппроксимации и значения среднего квадратического и максимального отклонений полученной функции от образца. В рабочую область MATLAB сохраняются значения сдвига и весовые коэффициенты нейронной сети.

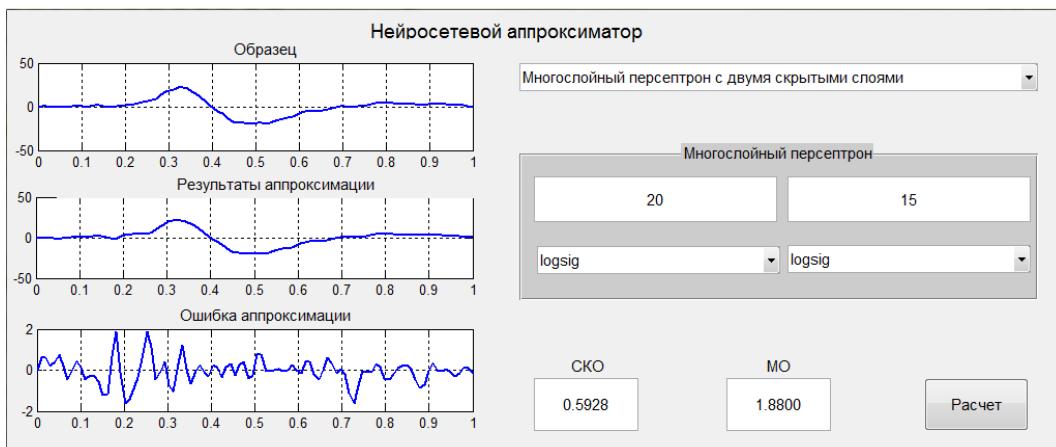


Рис. 3. Графический интерфейс пользователя в процессе работы

В качестве результатов работы можно отметить следующее:

1. Рассмотрены основные подходы к моделированию искусственных нейронных сетей в MATLAB.

2. Рассмотрены математические модели многослойного персептрона и искусственных нейронных сетей на основе радиальных базисных функций.

3. Практическим путем доказано, что при аппроксимации фрагментов ЭЭГ более высокую точность приближения аппроксимирующей функции к образцу обеспечивают РБФ-сети.

4. Описан графический интерфейс пользователя, разработанный автором и предназначенный для аппроксимации фрагментов ЭЭГ.

Список используемых источников

1. Haykin S. Neural Networks. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1999.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации: пер. с польского. М. : Финансы и статистика, 2002. 344 с.
3. Потемкин В. Г., Медведев В. С. Нейронные сети. MATLAB 6. М. : Диалог-МИФИ. 2002.
4. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. М. : МЕДпресс-информ, 2016. 360 с.
5. Гнездецкий В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). М. : МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
6. Stepanov A. B. Neural Network Model of Wavelets for the Continuous Wavelet Transform // 2014 International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications (ICCTPEA), 30 Jun. – 04 Jul. 2014, pp. 177–178.
7. Stepanov A. B. The Application of Neural Network and Spline Wavelet Models in the Electroencephalogram Analysis Automation Process // Proceedings of the 18th Conference of Open Innovations Association FRUCT and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology, 18–22 Apr. 2016, pp. 321–327.
8. Stepanov A. B. Wavelet Analysis of Compressed Biomedical Signals // Proceeding of the 20th Conference of FRUCT Association, 3–7 April 2017, pp. 434–440.

УДК 621.391.825

«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ» БЛОКИРОВАНИЕ 3G и 4G СВЯЗИ

Э. Н. Сунгатуллин, В. М. Устименко

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

Требования к средствам блокирования радиосигналов 3G и 4G систем связи, применяемым в полицейских и контртеррористических операциях, при охране границ и тер-

риторий, при пресечении возможности передачи какой-либо информации, в особенности конфиденциальной или секретной, постоянно ужесточаются. Массогабариты оборудования имеют тенденцию к уменьшению для обеспечения мобильности. Алгоритмы подавления постоянно совершенствуются - на смену заградительным помехам приходят «интеллектуальные» блокаторы, позволяющие быстро менять количество частотных диапазонов и каналов и другие параметры дистанционно и автоматически. В статье рассмотрены способы «интеллектуального» блокирования радиосигналов коммерческих систем связи и вариант реализации одного из них в виде мобильного комплекса, описан принцип его работы и приведены некоторые его характеристики.

UMTS, LTE, постановщик помех, помеховый сигнал, спектр сигнала, частотный канал.

С недавних пор в связи с утечками информации по каналам беспроводного доступа (Wi-Fi) и системам связи (3G, 4G) в ряде государственных и коммерческих структур ограничено или полностью запрещено пользование смартфонами, планшетами, разного рода портативными устройствами с встроенным радиодоступом. Несмотря на это, такие запреты часто игнорируются. Чтобы противодействовать информационным утечкам, подавляя сигналы базовых станций и точек доступа, действующих в прилежащем пространстве, потребуется постоянно излучать сигналы подавления практически во всём диапазоне от 400 до 2700 МГц, интегральная мощность которых недопустимо велика в местах, где живут и работают люди. Выход возможен лишь при использовании «интеллектуального» блокирования, направленного на конкретного оператора, конкретный стандарт связи, конкретный канал, только в момент запроса или установления связи.

В связи с этим всё более актуальной становится задача предотвращения доступа абонента, находящегося внутри контролируемой зоны (государственное учреждение, деловой офис, секретная лаборатория, следственный изолятор и т. д.), во внешнюю сеть. Экранировать пространство большого объёма невозможно, а забить мощным шумовым сигналом заградительной помехи [1, 2] отдельные участки диапазона, а теперь практически весь диапазон вплоть до 2,7 ГГц, небезвредно для человека, да и малоэффективно. Сигнал блокирования должен быть прицельным, кратковременным, безопасным для здоровья человека и не создающим помех иной радиоаппаратуре. Только при «интеллектуальном» блокировании возможно для определенной категории абонентов внутри контролируемой зоны сохранить вполне определенный набор услуг сотовой связи. При этом под «интеллектуальностью» системы понимается следующее:

– полный контроль за выходом в эфир любых радиосредств, включая сотовые телефоны, Wi-Fi трансиверы, коммуникаторы и т. д., либо полный мониторинг частот базовых станций внутри контролируемой зоны;

– сигнал блокирования является направленным, то есть блокирует только обнаруженный передатчик на его рабочей частоте, а в случае дуплексной работы подавляет сигнал базы или точки доступа, адресованный именно тому абоненту, который предпринимает попытки установить связь.

При анализе задачи блокирования, являющейся разделом радиоэлектронной борьбы (РЭБ), имеет смысл опираться на хорошо известные результаты, полученные в работах по проблеме помехоустойчивости цифровых линий передачи информации, в том числе помехоустойчивости различных видов модуляции и кодирования [3, 4]. Существует противоречие между пропускной способностью системы и её помехоустойчивостью. Для увеличения пропускной способности надо, с одной стороны, увеличивать энергию сигнала, либо расширять полосу частот, с другой стороны – для повышения помехоустойчивости необходимо делать то же самое, но пропускную способность не увеличивать, то есть вводить в систему избыточность. Все современные методы многопозиционной модуляции с высокой информационной ёмкостью на одну позицию, такие как QPSK, QAM-16,32,64,128, имеют слабую помехозащищённость. Однако в системах с кодовым разделением каналов используются широкополосные сигналы, обладающие высокой помехоустойчивостью.

Приведённые в работах по теории РЭБ [3, 4, 5] расчёты показывают, что для подавления сигналов, используемых в системах 3G и 4G, при любом виде непрерывного сигнала блокирования его мощность должна превышать мощность сигнала не менее чем на 20 дБ в точке приёма абонентом сигнала базы. При этом эффективность блокирования не зависит от формы сигнала или его спектральных характеристик, но полоса блокирующего сигнала должна лежать внутри полосы блокируемого сигнала, только тогда блокирование будет эффективным и связь не установится.

Смартфон в наши дни имеет возможность работы в сетях практически всех действующих стандартов, причём по всему миру. Это сети GSM, UMTS (3G), LTE (4G). Кроме того, что во всех стандартах выполняются все функции сотовой телефонии и доступа, имеется и доступ через Wi-Fi. Отсюда следует, что блокирование должно производиться одновременно по всем каналам доступа, иначе связь установится через другой стандарт связи.

Структура нового оборудования блокирования 3G и 4G систем связи такова, что в нём наблюдение (прием и обработка сигналов) идёт по всем каналам uplink (абонент-база) либо downlink (база-абонент), а помеховые сигналы могут формироваться не менее, чем четырьмя генераторами одновременно на частотах базовых станций (рис. 1).

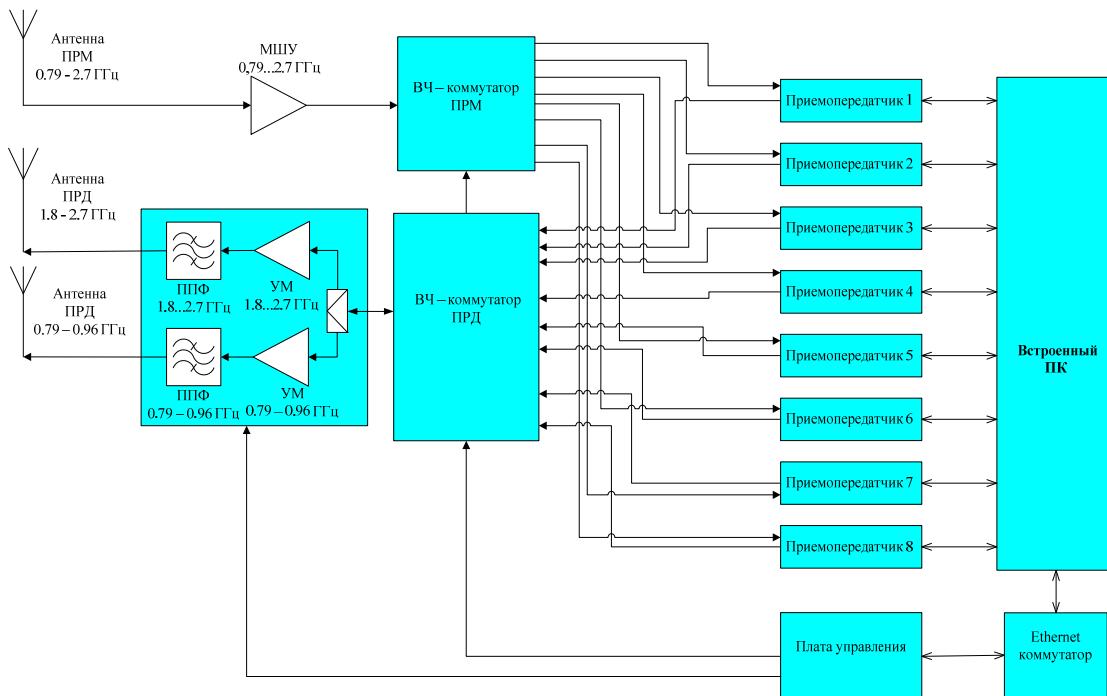


Рис. 1. Структурная схема «интеллектуального» блокиратора

Зная закон формирования сигналов 3G и 4G, можно синтезировать оптимальную помеху. При этом зная также код, присваиваемый данному абоненту сети, можно сформировать имитирующую помеху, дающую команду абоненту перехода в стандарт 2G из 3G или 4G.

Таким образом, принцип действия блокиратора заключается в постановке «интеллектуальных» помех в стандарте UMTS и LTE с целью блокирования связи абонента или перевода его в стандарт GSM на нужный канал для контроля его действий посредством использования совместно с блокиратором виртуальной базовой станции. В таблице (см. ниже) приведены некоторые технические характеристики блокиратора.

Приемная (ПРМ) антенна предназначена для сканирования рабочих частотных диапазонов и обнаружения сигналов мобильных или базовых станций стандарта UMTS и LTE. Сигнал на передающие (ПРД) антенны подается с восьми приемопередатчиков через два усилителя с регулировкой по уровню выходной мощности (УМ) и полосно-пропускающих фильтров (ППФ) нижнего (0,79–0,96 ГГц) и верхнего (1,8–2,7 ГГц) диапазонов. На встроенным персональном компьютере (ПК) работает специальное программное обеспечение (СПО), управляющее аппаратной частью комплекса. Дистанционное управление осуществляется по сети Ethernet. Плата управления контролирует работу малошумящего усилителя (МШУ), УМ, изменяет напряжение с БАП.

ТАБЛИЦА. Технические характеристики блокиратора

Стандарты контролируемых систем связи	LTE-800, UMTS-900, LTE-1800, UMTS-2100, LTE-2600
Диапазон рабочих частот, МГц:	
– LTE-800	от 791 до 821
– UMTS-900	от 925 до 960
– LTE-1800	от 1805 до 1880
– UMTS-2100	от 2110 до 2170
– LTE-2600	от 2620 до 2690
Максимальная мощность радиопередающего устройства, не менее, Вт	40
Ширина полосы каждой из формируемых помех, не менее, МГц	5
Продолжительность функционирования изделия от БАП, не менее, ч	2
Диапазон рабочих температур среды, °C	от плюс 5 до плюс 40

При этом возможны 3 варианта постановки задачи на излучение:

- ручной (оператор системы вводит параметры блокирования (или перевода на нужный канал в 2G) вручную);
- полуавтоматический (оператор выбирает частотные каналы для блокирования из таблицы, например, по конкретному провайдеру связи);
- автоматический (оператору указывает стандарт, по которому требуется производить блокирование).

Ниже приведены спектры помеховых сигналов 3G и 4G соответственно (рис. 2) и трех одновременно излучаемых сигналов разных стандартов (рис. 3).

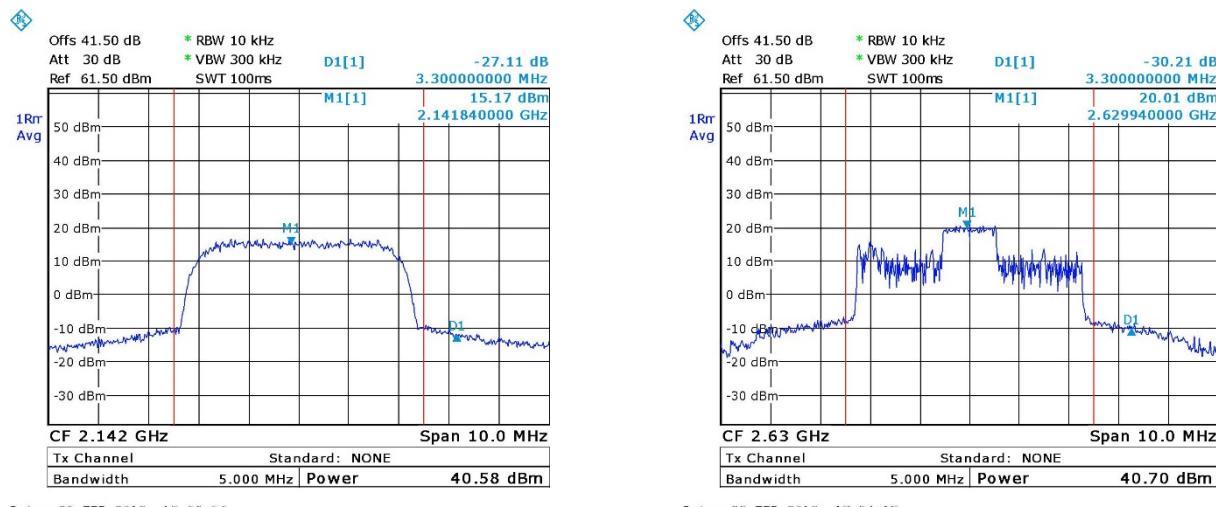


Рис. 2. Спектры 3G (слева) и 4G (справа) помеховых сигналов

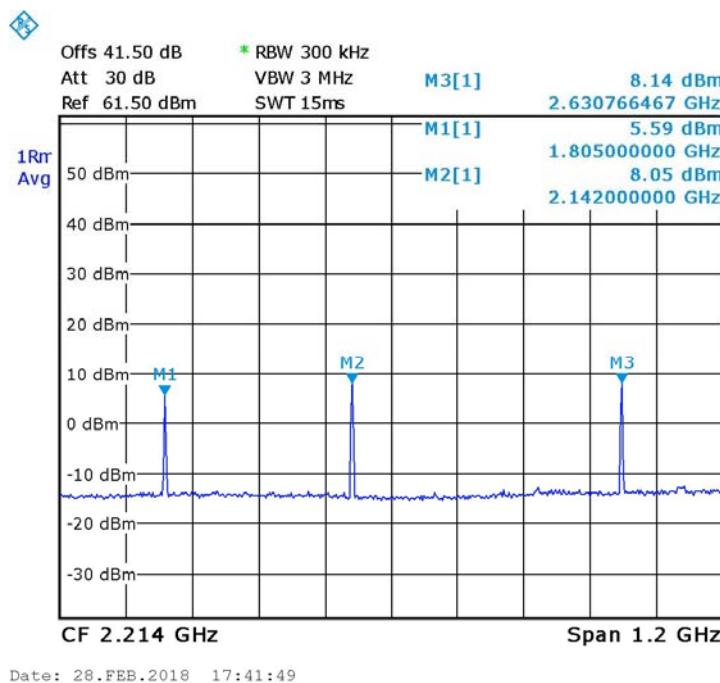


Рис. 3. Спектры 3G и 4G помеховых сигналов, излучаемых блокиратором одновременно

Таким образом, «интеллектуальное» блокирование 3G и 4G с предварительным сбором данных о действующих базовых станциях в данной зоне и излучении по данным определенным частотным каналам блокирующих или имитирующих помех с командами на переход с 3G или 4G систем связи на 2G является наиболее оптимальным способом блокирования мобильной связи с минимальным влиянием на электромагнитную обстановку в данной локации и на здоровье человека.

Список используемых источников

1. Сунгатуллин Э. Н., Устименко В. М. Выбор помеховых сигналов блокировиков систем мобильной связи // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т.; т. 1. СПб. : СПбГУТ, 2015. С. 164–170.
2. Сунгатуллин Э. Н., Устименко В. М. Формирование широкополосных помех // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; т. 1. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 210–213.
3. Архипкин В. Я., Мешковский К. А. Сравнительная помехозащищённость систем связи с широкополосными и узкополосными сигналами // Информация и космос. 2004. № 3. С. 23–27.
4. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / под ред. В. Г. Радзиевского. М. : Радиотехника, 2006. 421 с.
5. Васильев О. А., Грязнов К. В., Моисеев С. А. Интеллектуальное блокирование сотовой связи и беспроводных сетей 3G и 4G // Специальная техника. 2012. № 6. С. 23–26.

УДК 621.397.13: 004.93'11

ОСОБЕННОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ О РАССТОЯНИИ

Д. А. Татаренков

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

В современном мире всё больше востребованы автономные роботизированные устройства. Безопасность их передвижения зависит от надёжности алгоритмов обнаружения и распознавания. В статье рассматривается процесс детектирования людей на изображениях при помощи гистограмм направленных градиентов. Использование этого метода позволяет добиться неплохих результатов в задаче обнаружения человека, однако, существует потребность в уменьшении количества ошибок первого рода. Автором предложен способ уменьшения количества ложных срабатываний при помощи обработки карты глубины изображения. В статье приведены результаты работы предложенного метода обнаружения в реальных условиях. Результаты экспериментов показывают, что предложенный метод обнаружения позволяет добиться уменьшения количества ложных срабатываний.

компьютерное зрение, обнаружение, распознавание.

Детектирование людей на изображениях – одна из главных задач компьютерного зрения. Сложность решения этой задачи обусловлена следующими факторами: большая вариативность внешнего вида человека и принимаемых им поз, сложная структура окружающей среды, различные условия освещения сцены, положение, ракурс, загромождения объекта в кадре. В настоящее время перед исследователями стоят задачи извлечения характерных признаков и разработки эффективного алгоритма обучения классификатора. Среди широкого разнообразия методов можно выделить метод гистограмм направленных градиентов (HOG) [1], который впервые был предложен в 2005 г. Н. Далалом и Б. Триггсом для детектирования пешеходов.

Основная идея, лежащая в основе HOG, заключается в том, что внешний вид и форма части объекта могут быть достаточно хорошо описаны распределением градиентов интенсивности пикселов. Базовой единицей дескриптора гистограммы направленных градиентов является блок – прямоугольная область пикселов изображения заданных размеров. Блок состоит из ячеек, в свою очередь состоящих из пикселов. Каждой ячейке ставится

в соответствие гистограмма ориентаций (углов наклона относительно горизонтали) градиентов из заданного количества полос. Вектор градиента формируется комбинированием пространственной производной яркости I по осям x и y . В условиях дискретности изображения градиент может быть вычислен при помощи следующих фильтров:

$$\begin{cases} \frac{\partial I}{\partial x} = I * [-1 \ 0 \ 1] \\ \frac{\partial I}{\partial y} = I * [-1 \ 0 \ 1]^T \end{cases}.$$

Ориентация градиента в блоке изображения вычисляется по формуле:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\frac{\partial I}{\partial x}}{\frac{\partial I}{\partial y}}\right).$$

После вычисления гистограмм в каждой ячейке блока, они суммируются, тем самым образуя вектор признаков блока. Полученный вектор нормализуется. Такие признаковые описания вычисляются для всех блоков, не выходящих за пределы изображения. HOG-описание изображения получается путём суммирования векторов признаков всех блоков.

Для классификации объектов HOG-детектор, использует машину опорных векторов с линейным ядром. Обученный линейный SVM-классификатор представляется вектором коэффициентов уравнения разделяющей гиперплоскости в пространстве признаков [2]. Задача бинарной классификации может быть выражена следующим выражением:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N y_i \alpha_i k(x, x_i) + b,$$

где массив точек $x_i \in \Re^n$, $i = 1, 2, \dots, N$, каждая точка x_i принадлежит одному из двух классов $y_i \in \{-1, 1\}$, N – количество тренировочных изображений, α_i и b – вычисленные веса, а k – функция ядра. Важно отметить, что $f(x)$ не зависит от размерности пространства признаков. Для детектирования объекта используется фильтр с полиноминальным ядром:

$$k(x, y) = (1 + x * y)^d,$$

где d – степень многочлена. Веса α_i и b выбираются таким образом, чтобы количество некорректно классифицированных объектов было минимальным, но при этом расстояния от разделяющей гиперплоскости до опорных векторов было максимальным.

В эксперименте использовалось 6 наборов изображений, содержащих различные сцены с перемещающимися людьми. Видеоинформация получена с использованием визуального сенсора Kinect v.2, который помимо

цветного изображения формирует карту глубину для этого изображения. Работа устройства основана на времяпролётном принципе, который позволяет определить расстояние до объекта при помощи измерения сдвига фазы между излучаемым и отражённым от объекта сигналом[3]. Каждый кадр сцены представлен цветным изображением разрешением 1920×1080 пикселов, а соответствующая ему карта глубины имеет разрешение 512×524 пиксела.

В ходе эксперимента на каждом цветном изображении вручную определены координаты людей и помещены в базу данных. Для автоматического детектирования человека был использован дескриптор HOG, реализованный в библиотеке OpenCV. Линейный классификатор SVM тренирован на базе изображений INRIA [4], с окном детектирования размером 64×128 пикселов. В ходе работы изменялось значение шага скользящего окна по горизонтали и вертикали в диапазоне $[2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 88, 96, 112, 128, 160, 192, 256]$ со всеми возможными комбинациями с шагом коэффициента масштабирования 1.05. В результате сравнения с базой данных вручную выделенных людей на изображениях получены значения уровня верных срабатываний или точности (TPR):

$$TPR = TP / (TP + FN),$$

где TP – количество верных срабатываний, FN – количество недетектированных объектов. Полнота работы детектора (PPV) вычислялась согласно выражению:

$$PPV = TP / (TP + FP),$$

где FP – количество ложных срабатываний [5].

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что при увеличении шага смещения окна значение точности растёт, однако значение полноты падает. В результате получены графики зависимости точность/полнота (PR) (рис. 1) для каждой сцены и для совокупности всех результатов. Детектор имеет большее количество верных срабатываний, если значение TPR больше (наивысшая точка графика PR), но с другой стороны он имеет и большое количество ложных срабатываний. Чем правее находится точка на графике, тем меньшее количество ложных срабатываний имеет детектор, но и тем меньше верных срабатываний. Следовательно, для решения задачи необходимо определить оптимальные параметры детектирования, где PPV и TPR принимают наивысшие значения. График зависимости позволил выбрать оптимальные значения минимальных высоты и ширины окна классификатора для каждой из сцен, а также для всех сцен в совокупности.

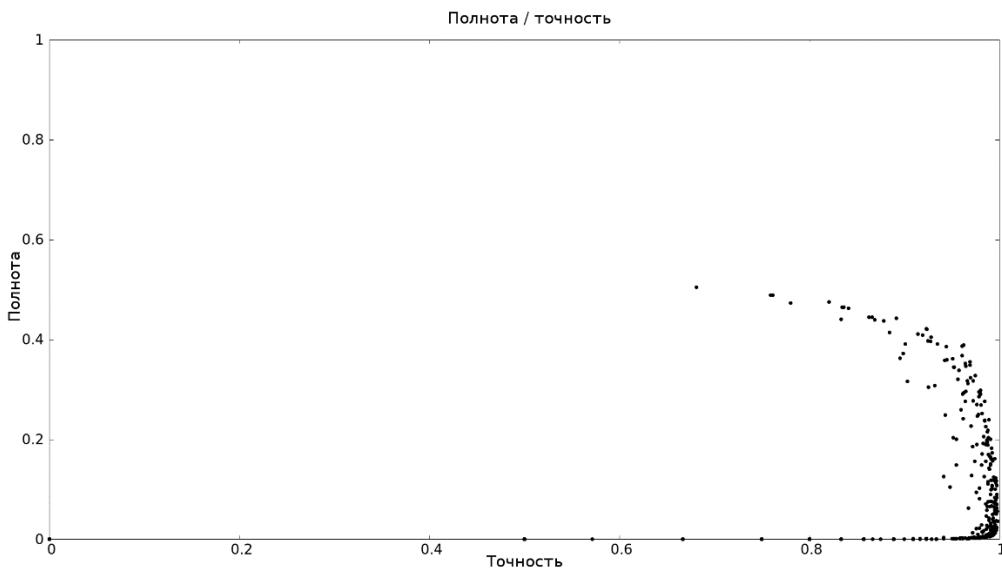


Рис. 1. График зависимости точность / полнота при изменении шага скользящего окна для классификатора INRIA

Далее в исследовании влияния шага масштабирования использовались значения шага смещения окна, имеющие оптимальное значение PR: 4×4 пикселя и 8×8 пикселов. Коэффициент шага масштабирования позволяет изменять количество итераций масштабирования входного изображения. Чем меньше этот шаг, тем больше вероятность детектировать человека на изображении, но с другой стороны возрастает количество ложных срабатываний, увеличивается время обработки процессором. При увеличении шага масштабирования увеличивается количество недетектированных объектов.

В работе последовательно использовался классификатор со значением шага коэффициента масштабирования от 1,01 до 1,3 для каждого кадра тестируемых сцен. Анализ данных показал, что оптимальные параметры для обнаружения людей на изображениях в реальных условиях следующие: коэффициент шага масштабирования – 1,03, шаг скользящего окна – 8×8 пикселов. Для этих значений полнота $TPR = 0,32$, а точность $PPV = 0,92$. При том же значении параметра шага масштабирования, но минимальном значении размера скользящего окна 4×4 полнота $TPR = 0,48$, а точность составляет 0,57. Очевидно, что при улучшенном значении полноты возникает большое количество ложных срабатываний.

Также в ходе эксперимента учитывался тот факт, что классификатор обучен на изображениях людей, находящихся в положении стоя. На каждом изображении обучающей выборки центр головы человека находится на расстоянии от верхнего края изображения в среднем на расстоянии 32 пиксела (рис. 2). Очевидно, что горизонтальная линия на соответствующем уровне по вертикали должна соответствовать условию формулы:

$$\sum_{x=0}^{(w-1)/3} d(x) > \sum_{x=(w-1)/3}^{2(w-1)/3} d(x) < \sum_{x=2(w-1)/3}^{w-1} d(x)$$

где w – ширина области-кандидата, d – значение глубины пикселя. Такая формулировка условия позволяет существенно сократить время вычисления достоверности работы детектора HOG, а также даёт возможность использовать карту глубины (или облака точек), получаемую с любого сенсора типа линейного сканирования.

В ходе эксперимента каждая область карты глубины, соответствующая области цветного кадра, классифицированного детектором, как содержащая в себе изображение человека проходило проверку соответствия двум приведённым выше условиям. И если данные о глубине изображения не удовлетворяют хотя бы одному из этих условий, то область-кандидат помечается как ложное срабатывание. Результаты применения такой фильтрации приведены в таблице. Количество объектов, выделенных вручную составляет 6106, коэффициент масштабирования 1,03.

В соответствии с вышеприведёнными данными, при коэффициенте шага масштабирования 1,03, значении минимального размера скользящего окна 8×8 пикселов полнота (TPR) на тестовых сценах принимает значение 0,32, что значительно превосходит показатель при размере скользящего окна 8×8 . Показатель точности (PPV) соответствует уровню 0,91, что значительно выше показателя работы детектора без фильтрации по глубинному признаку.



Рис. 2. Линия среза
данных карты глубины

ТАБЛИЦА. Результаты обработки сцен

Размер скользящего окна, пикセル	Количество верных срабатываний	Количество ложных срабатываний	Количество недетектированных объектов	Фильтрация с использованием карты глубины
4×4	2944	2231	3162	Нет
8×8	1944	154	4162	Нет
4×4	2944	276	3162	Да

Детектор, основанный на HOG-классификаторах, хорошо себя зарекомендовал в системах обнаружения людей. Результаты проведённых экспериментов показывают, что в решении задачи детектирования человека на расстоянии до 13 м от визуального сенсора Kinect v.2 наиболее оптимальным является применение классификатора, натренированного при помощи изображений размером 64×128 пикселов с минимальным размером окна,

равным 8×8 пикселя. Такие параметры классификатора позволяют добиться оптимального отношения полноты к точности.

Список используемых источников

1. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection // Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, CA, USA, 2005. PP. 886–893.
2. Vapnik V. N. The nature of statistical Learning theory // Spring Press. New York, USA, 1995.
3. Medina A. Three Dimensional Camera and Rangefinder // United States Patent 5081530, January 1992.
4. INRIA Person Dataset. URL: <http://pascal.inrialpes.fr/data/human>
5. Enzweiler M., Gavrila D. M. Monocular Pedestrian Detection: Survey and Experiments // Pattern Analysis and Machine Intelligence. V. 31, № 12. PP. 2179–2195, 2009.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом А. Н. Бучатским.

УДК 681.3

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ
В ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ ОБНАРУЖЕНИЯ
ПРЕДАВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В. И. Тимченко, К. А. Хмельницкая, И. Н. Чернов

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

Описаны принципы построения алгоритмов анализа изображений, предложенных с целью повышения эффективности обнаружения предаварийных ситуаций. Рассматриваются преимущества видеомониторинга. Предложены способы применения математической морфологии.

математическая морфология, оптоэлектронные системы обнаружения, фильтрация видео изображения.

Жизнедеятельность человека на промышленных объектах тесно связана с возникновением таких нештатных ситуаций как возгорание, задымление. Своевременное обнаружение пожара позволяет существенно снизить затраты на его тушение и возможный последующий ущерб. В настоящее время на промышленных объектах наиболее распространены сенсорные

противопожарные датчики, которые реагируют на присутствие в воздухе веществ, образующихся в процессе горения. Данное обстоятельство накладывает ограничения на их использование. Такие детекторы неэффективны, например, в помещениях больших размеров, в проветриваемых помещениях, а также качество их работы сильно зависит от расстояния до источника огня. Современный подход к раннему обнаружению нештатной ситуации предполагает использование систем видеомониторинга. Видеодетекторы целесообразно использовать в тех случаях, когда сенсорные сигнализаторы пожара не применимы. Поэтому подход видеоанализа обладает некоторыми преимуществами. В данной статье рассмотрим один из возможных подходов оптоэлектронного обнаружения предаварийных ситуаций. Под предаварийной ситуацией здесь и далее будем принимать возгорание в закрытом пространстве.

Определение предаварийной ситуации методами обработки изображения

Актуальность видеоанализа значительно возросла благодаря достижениям в развитии вычислительной техники и математических методов анализа изображений. Системы, основанные на методах визуального обнаружения, могут выдавать значительно больше информации о типе возгорания, его месте расположении и динамике процесса.

Ранние методы визуального определения возгорания были основаны на спектральном анализе с использованием дорогостоящего лабораторного оборудования. Методы, основанные лишь на цветовой классификации или интенсивности, достаточно ненадёжны и могут давать ложноположительные результаты в случае присутствия объектов, окрашенных в цвет пламени, но не являющихся им. В целях повышения надёжности этого метода обнаружения целесообразно использовать анализ «движения» пламени [1]. Одной из характеристик возгорания является мерцание или мерцающее «движение» пламени вокруг объекта возгорания.

Поэтому в данной статье основное внимание уделено обработке и анализу способов обнаружения пламени, которые позволили бы оперативно и точно определять наличие огня на основе анализа видео изображения. Большинство методов, описанных в [1], имеют значительные проблемы с надёжностью и гибкостью. В основном проблемы могут быть вызваны изменениями освещения, качеством и сложностью видео изображения, возможностями системы обработки.

Применение математической морфологии к методам видеоанализа

Известно, что изображения одной и той же сцены видео изображения, отвечающие различным условиям освещения или измененным оптическим

свойствам объектов могут значительно отличаться. Это обстоятельство порождает значительные трудности в задачах анализа и интерпретации изображений реальных сцен, в которых решение не должно зависеть от условий регистрации изображений.

Для решения указанных проблем были разработаны методы морфологического анализа изображений, которые являются достаточно эффективными и для обнаружения пламени [2].

Математическая морфология (от греч. *morphe* – форма) предназначена для исследования структуры некоторых множеств однотипных объектов. Операции математической морфологии изначально были определены как операции над множествами, но они оказались полезными в задачах обработки множества точек в двумерном пространстве. Известно, что изображение в компьютерной графике представляется в виде набора пикселов. Поэтому операции математической морфологии могут быть применены и к изображению – для исследования некоторых свойств его формы и структуры, а также для его обработки [2].

Таким образом, в основе методов морфологического анализа лежит математическое понятие формы. Сам процесс обработки изображения с помощью этих методов можно разбить на три этапа.

На **первом** этапе производится предварительная фильтрация и подготовка изображения для дальнейшего анализа.

Фильтрация позволяет выделить на видео изображении исследуемые области, без их анализа.

Самое простое преобразование – это бинаризация изображения по порогу. Процесс бинаризации – это перевод цветного изображения в двухцветное (черно-белое). Главным параметром такого преобразования является порог t – значение, с которым сравнивается яркость каждого пикселя. По результатам сравнения, пикслю присваивается значение 0 или 1.

$$f'(m, n) = \begin{cases} 0, & f(m, n) \geq t; \\ 1, & f(m, n) < t, \end{cases}$$

Главная цель бинаризации – это устранение избыточности для упрощения дальнейшей работы с изображением. Иначе говоря – уменьшение количества информации, которая не участвует в дальнейшем процессе обработки изображения. С другой стороны, неудачи в процессе бинаризации могут привести к искажениям, таким, как потеря значащих деталей, нарушение целостности объектов, появление шума и непредсказуемое искажение символов из-за неоднородностей фона. Таким образом, выбор значения параметра t является критическим. Оно должно быть таким, чтобы существенно уменьшить искажения.

Второй этап – логическая обработка результатов фильтрации. Фильтрация даёт набор пригодных для обработки данных (зачастую нельзя использовать отфильтрованные данные без последующей обработки). Инструментом перехода от фильтрации к анализу видео изображения, являются методы математической морфологии.

В первую очередь математическая морфология используется для извлечения некоторых свойств изображения, полезных для его представления и описания. Например, контуров, оставов, выпуклых оболочек. Операции математической морфологии позволяют убрать шумы из бинарного изображения, увеличив или уменьшив имеющиеся элементы. Также на базе математической морфологии существуют алгоритмы оконтурирования. Контур является уникальной характеристикой объекта. Часто это позволяет идентифицировать объект по контуру.

Основными операциями математической морфологии являются наращивание, эрозия, замыкание и размыкание. Наращивание увеличивает область изображения, а эрозия делает её меньше, операция замыкания позволяет замкнуть внутренние отверстия области и устраниить заливы вдоль границы области, операция размыкания помогает избавиться от маленьких фрагментов, выступающих наружу области вблизи её границы.

В основе математической морфологии лежат операции над множествами: объединение, пересечение, дополнение, разность [3].

Объединение двух множеств A и B , которое обозначается $C = A \cup B$, есть по определению множество всех элементов, принадлежащих либо множеству A , либо множеству B , либо обоим множествам одновременно. Аналогично, пересечение двух множеств A и B , которое обозначается $C = A \cap B$, есть по определению множество всех элементов, принадлежащих одновременно обоим множествам A и B . Дополнение множества A есть множество элементов, не содержащихся в A : $A^c = \{w | w \notin A\}$. Разность двух множеств A и B обозначается $A \setminus B$ и определяется следующим образом: $A \setminus B = \{w | w \in A, w \notin B\} = A \cap B^c$. Это множество состоит из элементов A , которые не входят в множество B [3].

Третий этап сводится к принятию решения на основе логической обработки. Выделим наиболее эффективные методы принятия решения [4]:

1. Методы, которые используют опорные изображения, полученные до наступления предаварийной ситуации, для различных условий освещенности.

2. Методы, которые используют банк данных типовых блоков видеоизображений предаварийных ситуаций – форма и тип пламени, задымления и т. д.

3. Методы, основанные на обнаружении пламени путем анализа статических и динамических параметров изображения (яркость, цвет, мерцание, «движение» пламени др.)

4. Термальный анализ (с использованием инфракрасных датчиков).

Каждый из методов обладает преимуществами и недостатками. Обозначим недостатки каждого из методов. К недостаткам первой группы методов можно отнести низкую надежность работы, а также большое время обработки данных. К недостаткам второй группы методов можно отнести высокие аппаратные затраты, сложное программное обеспечение. Третья группа методов представляет наибольший интерес так как они позволяют отфильтровать мешающие факторы (естественное и искусственное освещение, перемещение людей, предметов) и в результате регистрировать предварийные ситуации. К недостаткам термального анализа можно отнести дорогоизнну аппаратуры, малый радиус действия инфракрасных датчиков.

Таким образом, наибольшей эффективности и скорости идентификации предаварийной ситуации можно добиться комбинированием вышеуказанных методов.

Заключение

Таким образом, в системах видеомониторинга основной задачей является обнаружение и выделение исчезнувших и появившихся объектов. Причем задача должна решаться независимо от условий освещения. Для повышения надёжности идентификации пламени необходимо применять комбинированные методы сочетающие алгоритмы цветовой фильтрации и межкадровой обработки.

Задача раннего обнаружения возгорания является комплексной проблемой и требует соответствующего подхода.

Список используемых источников

1. Кузнецов А. О., Мусалимов В. М., Саенко А. П., Трамбицкий К. В. Применение алгоритмов анализа изображений для обнаружения пожаров // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2012. Т. 55. № 6. С. 51–56.
2. Огнев И. В., Сидорова Н. А. Обработка изображений методами математической морфологии в ассоциативной осцилляторной среде // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2007. № 4. С. 87–97.
3. Морфологический анализ формы изображений [Электронный ресурс]. URL: http://www.butovo.com/~zss/bw_morf.html
4. Минин И. В., Логачев В. Г. Методика обнаружения возгорания с использованием цифровой обработки изображения // Фундаментальные исследования. 2016. № 6–2. С. 299–307.

УДК 534.0.8

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ STI К ИСПЫТАНИЮ КАЧЕСТВА ЗВУЧАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

А. А. Фадеев, Д. В. Шувалов

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

Предпринята попытка адаптировать существующий современный метод объективной оценки разборчивости речи STI (Speech Transmission Index) в закрытых помещениях для оценки качества звучания музыкальных инструментов. Разработан способ и устройство воздействия на корпус исследуемого музыкального инструмента испытательным сигналом. Проведен анализ полученных результатов.

объективная оценка качества звучания, индекс передачи речи, музыкальные инструменты.

В настоящее время разработано большое количество объективных методов оценки разборчивости речи в помещениях и трактах связи. При этом оценивается возможность для слушателя правильно распознавать слоги и слова, корректно принимать информацию.

Для оценки качества звучания музыкальных инструментов, тем не менее нет широко распространенных методов. В отличие от речи, в музыке имеет важное значение не только корректность синтеза и приема музыкального сигнала. Не менее важна художественная составляющая – окрас, определяющий индивидуальный характер звучания каждого инструмента.

В качестве основы для разработки объективного метода оценки качества звучания музыкальных инструментов в данной работе был взят метод оценки разборчивости речи STI. В этом методе испытательные сигналы формируются следующим образом: октавные полосы шумов с центральными частотами от 125 до 8000 Гц (что соответствует спектральному охвату человеческого голоса) подвергаются амплитудной модуляции низкочастотными сигналами от 0,63 до 12,5 Гц (что имитирует произнесение различных звукосочетаний речи). Изначально сигнал имеет 100 % модуляцию, но за счет наложения шумов и отражений глубина модуляции снижается [1]. При оценке разборчивости речи вычисляется индекс модуляции для различных комбинаций частот модулирующего и модулируемого сигнала, он пересчитывается в величину отношение сигнал/шум, после чего осуществляется усреднение полученных результатов внутри каждой полосы, а затем – суммирование с весовыми коэффициентами. Таким образом в результате измерений и расчетов разборчивости речи получается число от 0 до 1,

где единица соответствует наилучшей разборчивости речи, шкала оценок приведена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Качественная шкала оценок разборчивости

Значение STI	0...0,3		0,3...0,45	0,45...0,6	0,6...0,75	0,75...1
Оценка разборчивости речи	Очень плохо		Плохо	Посредственно	Хорошо	Отлично

Для генерации испытательного сигнала при выполнении эксперимента была использована среда Matlab. Синтезированный в Matlab звуковой файл открывается в аудиоредакторе и подается через усилитель на излучатель, представляющий собой головку электродинамического громкоговорителя, с которой снят диффузор, а к гильзе звуковой катушки прикреплена втулка (рис. 1).



Рис. 1. Излучатель

Втулка прислоняется к деке исследуемого музыкального инструмента (гитара), и таким образом, испытательный сигнал подается на корпус. Напротив резонаторного отверстия располагается микрофон, сигнал с которого подается в аудиоредактор, звуковой файл сохраняется и анализируется в Matlab. Структурная схема установки представлена на рис. 2.

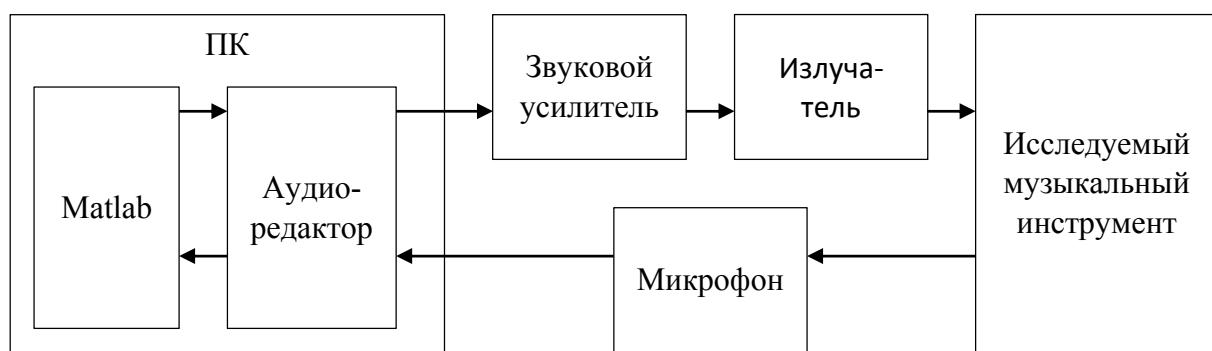


Рис. 2. Структурная схема установки

В отличие от метода оценки разборчивости речи STI, в данной работе использовались не шумовые, а тональные сигналы. Такой подход позволил рассчитывать индекс модуляции через определение амплитуд несущей и боковых спектральных составляющих. Измерения проводились на двух инструментах: классической гитаре с нейлоновыми струнами и акустической с металлическими, натяжение которых значительно выше при том что строй у них одинаков.

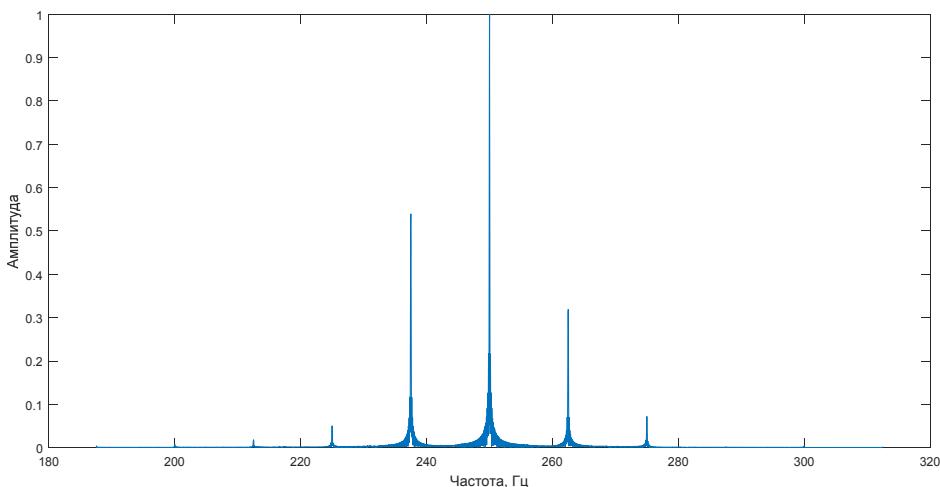


Рис. 3. Амплитудный спектр

На рис. 3 показан спектр сигнала, полученный для акустической гитары при частоте несущей $F = 250$ Гц и модулирующей $f = 12,5$ Гц. Индекс модуляции m можно рассчитать следующим образом.

$$m = \frac{A_{F-f} + A_{F+f}}{A_F},$$

где A_F – амплитуда сигнала на частоте X .

Для различных сочетаний частот несущего и модулирующего сигналов индекс модуляции может быть, как близок к 1, так и значительно меньше, возможна перемодуляция (рис. 4) – индекс при этом превышает единицу. В таких случаях для дальнейших расчетов вместо m использовалась величина $1/m$. Результаты измерений для акустической гитары приведены в таблице 2.

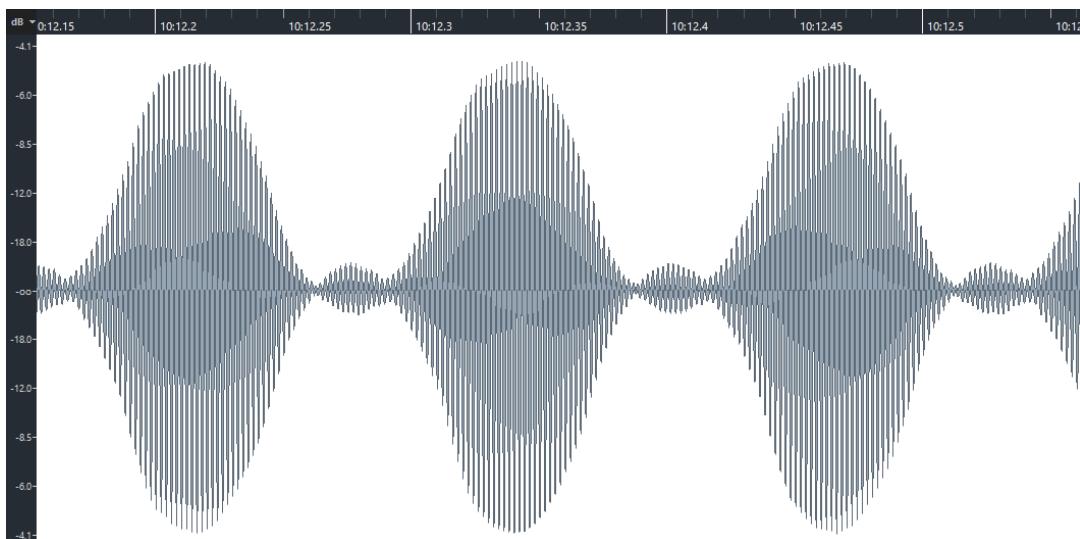


Рис. 4. Перемодуляция. Несущая частота 500 Гц, модулирующая 8 Гц.
Акустическая гитара

ТАБЛИЦА 2. Индекс модуляции для различных сочетаний несущей и модулирующей частот

$F, \text{ Гц}$ $f, \text{ Гц}$	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0,63	0,96	0,79	0,89	0,95	0,91	0,98	1,00
0,80	0,94	0,78	0,87	0,94	0,97	0,99	1,00
...
10,00	0,71	0,98	0,64	0,92	0,88	0,99	0,91
12,50	0,51	0,86	0,64	0,86	0,94	0,99	0,91

Каждое значение m пересчитывается в эффективное отношение сигнал-шум [2]:

$$S/N = 10 \lg \frac{m}{1-m}.$$

При этом значения S/N ограничены диапазоном $[-15; 15]$ дБ, при выходе за который берется значение 15 дБ с соответствующим знаком. После чего вычисляется среднее для каждой несущей, а затем общее взвешенное среднее с весовыми коэффициентами. Индекс STI вычисляется следующим образом:

$$\text{STI} = \frac{\overline{S/N+15}}{30}.$$

Индекс STI, полученный в ходе данной работы, равняется 0,89 для обоих инструментов, что соответствует очень хорошей разборчивости при измерениях для речи. Однако, промежуточные результаты – при усреднении по отдельным частотам значительно отличаются между инструментами.

Следует отметить тот факт, что данный показатель следует рассматривать как индикатор точной передачи исходного сигнала – т. е. нот и их рисунка во времени, которые сочинил композитор и воспроизводит музыкант. Но не менее важен и окрас, который привносит инструмент. Таким образом, оценку качества звучания музыкального инструмента можно разложить на две составляющих и в дальнейшем предстоит работа по оценке окраса звучания инструмента, которую необходимо сопоставить с субъективными оценками.

Список используемых источников

1. T. Houtgast, H. Steeneken, W. Ahnert, L. Braida, R. Drullman, J. Festen, K. Jacob, P. Mapp, S. McManus, K. Payton, R. Plomp, J. Verhave и S. van Wijngaarden. Past, present and future of the Speech Transmission Index // ZG Soesterberg: TNO Human Factors, 2002, 19 p.
2. Дидковский В. С., Дидковская М. В., Продеус А. Н. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации : монография. Киев : Имекс-ЛТД, 2008. 420 с.

УДК 621.396.933

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОКАНАЛА СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Г. А. Фокин

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

Большинство существующих моделей радиоканала Земля-воздух предназначены для узкополосных каналов. Существующие же широкополосные модели имеют чрезвычайно большой разброс значений среднеквадратического отклонения расширения задержки от 25 до 4000 нс, что говорит о существенном различии условий распространения радиоволн в различных местах размещения антенн наземных пунктов, например, над морем, в горах, в пригороде, городе и т.д. Целью настоящего исследования является анализ зарубежного опыта по сбору и обработке измерений для экспериментальной апробации моделей радиоканала связи с беспилотными летательными аппаратами для различных сценариев функционирования.

радиоканал, БПЛА, Земля-воздух, воздух-Земля, расширение задержки, сценарий функционирования.

Традиционные модели радиоканалов типа Земля-воздух и воздух-Земля для связи с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) предназначены для узкополосных каналов и специфических мест размещения антенн наземных пунктов (НП). Существующие широкополосные модели радиоканала связи с БПЛА имеют чрезвычайно большой разброс значений среднеквадратического отклонения расширения задержки от 25 до 4000 нс [1], что говорит о существенном различии условий распространения радиоволн (РРВ) в различных местах размещения антенн НП, например, над морем [1], горах и холмах [2], в пригороде и городе [3] применительно к параметризации модели многолучевости. Для радиоканалов типа Земля-воздух и воздух-Земля, где основной является компонента луча прямой видимости [4], интервал стационарности SD (*Stationarity Distance*), непосредственно влияющий на период замираний и пространственную корреляцию замирающих компонент [5], должен быть больше, чем в радиоканалах наземной мобильной радиосвязи [6].

Результаты анализа существующих широкополосных моделей радиоканала связи типа Земля-воздух и воздух-Земля [1, 2, 3] подтвердили необходимость нового экспериментального исследования радиоканала связи с БПЛА. Такие исследования были проведены под эгидой НАСА (Национальное управление по аeronавтике и исследованию космического пространства, США) для следующих типов местности размещения антенн НП:

а) над водой [1]; б) над неровной поверхностью Земли: в холмах и горах [2]; в) в пригороде и городе [3]; г) также в рамках проекта исследовалось влияние затенения крыльев БПЛА на качество радиолиний [7].

Для проведения измерений был использован самолет (рис. 1) исследовательского центра НАСА Glenn Research Center с двухдиапазонным приемопередатчиком SIMO (*Single Input Multiple Output*) с пространственным разнесением на приеме на борту самолета [1].

Работа на передачу осуществляется двухдиапазонным передатчиком с одной антенны в L-диапазоне и с одной антенны в С-диапазоне; работа на прием ведется двумя двухдиапазонными приемниками, каждый из которых принимает на одну антенну в L-диапазоне и на одну антенну в С-диапазоне. Наличие двух двухдиапазонных приемников (рис. 2) позволяет реализовать пространственное разнесение в режиме SIMO.



Рис. 1. Самолет исследовательского центра НАСА Glenn Research Center [1]



Рис. 2. Структура двухдиапазонного приемопередатчика для измерений [1]

Параметры приемопередатчика представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Параметры двухдиапазонного приемопередатчика [1]

Диап.	Полоса сигнала, МГц	Диапазон частот, МГц	Максимальная различимая за- держка, мкс	Мощность пред., Вт	КУ УМ пред., дБ	КУ МШУ пред., дБ	Потери в каб., дБ
L	5	960–977	204,6	10	–	15,5	4
C	50	5000–5150	20,46	10	7	30	7,5

Сбор измерений осуществляется следующим образом [1]. В качестве измерителя радиоканала приемопередатчик работает в режиме коррелятора псевдослучайной последовательности (ПСП), сформированной прямым расширением спектра. Разрешение многолучевых компонент составляет 200 нс при скорости передачи 5 Мчип/с в L-диапазоне и 20 нс при скорости передачи 50 Мчип/с в С-диапазоне. Длина ПСП составляет 1023 элемента, что приводит к максимально различимой задержке (максимальному времени наблюдения задержки) 204,6 мкс в L- и 20,46 мкс в С-диапазоне.

Бортовые антенны расположены на дне самолета в углах прямоугольника со сторонами 1,24 м (между C R×1 и L R×1) и 1,33 м (между C R×2 и L R×1). Разнесение антенн одного диапазона (по диагонали) составляет примерно 1,89 м (рис. 1). Антенны на борту самолета – ненаправленные в горизонтальной плоскости с КУ примерно 5 дБи.

В качестве антенн НП использовались секторные антенны: а) антенна С-диапазона с КУ 6,1 дБи и шириной ДНА 35° в вертикальной и 180° – в горизонтальной плоскости; б) антенна L-диапазона с КУ 5,1 дБи и шириной ДНА 60° в вертикальной и 120° – в горизонтальной плоскости.

В процессе полета БПЛА собираются следующие исходные данные: а) профили мощности принимаемых сигналов PDP (*Power Delay Profile*) на каждую приемную антенну; для амплитуд принятого сигнала – импульсные характеристики (ИХ) каналов CIR (*Channel Impulse Response*); б) запись данных GPS на БПЛА; в) запись данных GPS на НП.

Обработка измерений осуществлялась следующим образом [1]. БПЛА по GPS фиксировал скорость, ускорение, расстояние до НП и параметры полета: высота, широта, долгота, курс, тангаж, крен (рис. 3); это позволяло идентифицировать ситуации замираний сигнала вследствие затенения корпусом летательного аппарата [7].

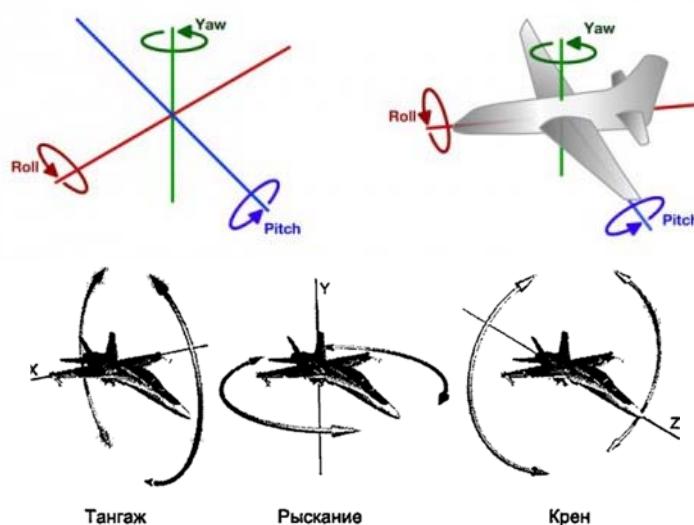


Рис. 3. Углы курса/рыскания (yaw), тангажа (pitch), крена (roll)

На рис. 4 представлен алгоритм обработки измерений [8]: в желтых блоках представлены исходные данные для обработки, а в зеленых блоках – результаты обработки. На рис. 4 использованы следующие обозначения. Параметры Земли: ϵ – относительная диэлектрическая постоянная Земли; μ – проводимость Земли; σ – относительная магнитная проницаемость Земной поверхности. D_{los} – расстояние луча прямой видимости между антенной НП и антенной БПЛА; G_t – КУ антенны передатчика, G_r – КУ антенны приемника, G_{LNA} – КУ МШУ; P_t – мощность передатчика; L_c – потери в кабеле; PL – потери распространения; рассчитанные потери распространения PL оцениваются по двухлучевой модели.

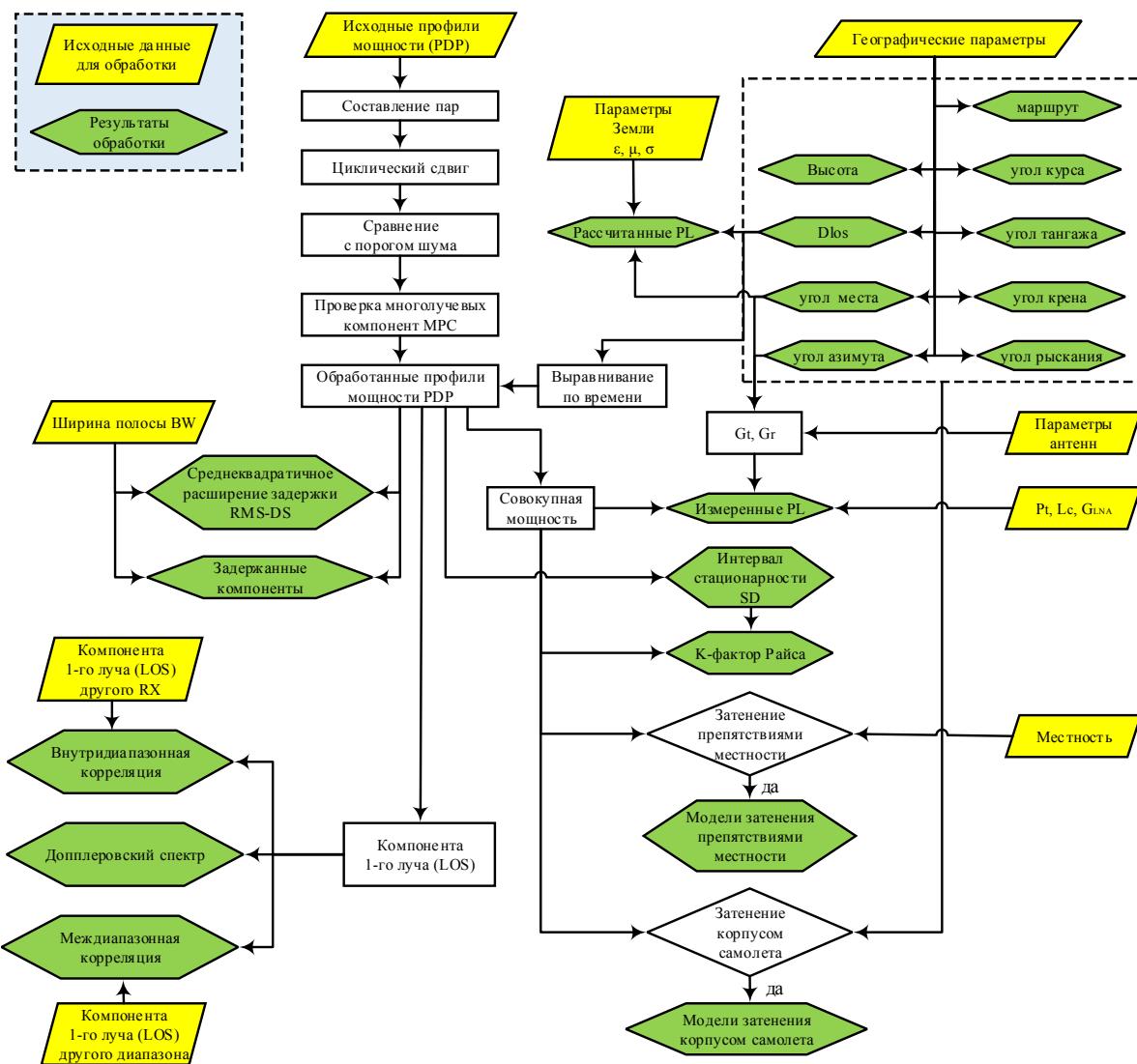


Рис. 4. Алгоритм обработки измерений [8]

Частота дискретизации используемого сигнала в два раза превышает чиповую скорость ПСП, поэтому для построения профиля мощности принимаемых сигналов РДП выполняется составление пар соседних выборок;

общее число чипов, участвующих в формировании профиля мощности PDP, может быть до 1023 (число выборок до 2046). После составления пар выборок выполняется их циклический сдвиг на пять чипов относительно сильнейшей многолучевой компоненты, пришедшей по лучу прямой видимости, для компенсации эффектов аналоговой фильтрации конечной длительности. После этого осуществляется сравнение профиля мощности с порогом шума таким образом, что многолучевые компоненты, ослабленные по мощности на 25 дБ относительно наиболее мощной компоненты, исключаются из дальнейшего анализа. Далее обработанные профили мощности PDP сопоставляются с измерениями расстояния луча прямой видимости D_{los} .

Представленный порядок сбора и обработки измерений позволил формализовать параметры моделей радиоканалов типа Земля-воздух и воздух-Земля для связи с БПЛА при передаче низкоскоростных сигналов управления и высокоскоростных данных для различных сценариев функционирования при размещении антенн НП над водой [1], в холмах и горах [2], в пригороде и городе [3]. Продолжением настоящего исследования является построение имитационной модели на основе полученных в [1, 2, 3] экспериментальных данных.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-3468.2018.9.

Список используемых источников

1. D. W. Matolak, R. Sun. Air-Ground Channel Characterization for Unmanned Aircraft Systems – Part I: Methods, Measurements, and Models for Over-Water Settings // IEEE Transactions on Vehicular Technology. Jan. 2017. vol. 66, no. 1, pp. 26–44.
2. R. Sun, D. W. Matolak. Air-Ground Channel Characterization for Unmanned Aircraft Systems Part II: Hilly and Mountainous Settings // IEEE Transactions on Vehicular Technology. March 2017. vol. 66, no. 3, pp. 1913–1925.
3. D. W. Matolak, R. Sun. Air-Ground Channel Characterization for Unmanned Aircraft Systems – Part III: The Suburban and Near-Urban Environments // IEEE Transactions on Vehicular Technology. Aug. 2017. vol. 66, no. 8, pp. 6607–6618.
4. Фокин Г. А. Методика идентификации прямой видимости в радиолиниях сетей мобильной связи 4-го поколения с пространственной обработкой сигналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2013. № 3. С. 78–82.
5. Фокин Г. А. Имитационное моделирование процесса распространения радиоволн в радиолиниях сетей мобильной связи 4-го поколения с пространственной обработкой сигналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2013. № 3. С. 83–89.
6. G. Fokin, D. Volgushev, A. Kireev, D. Bulanov, V. Lavrukhan. Designing the MIMO SDR-based LPD transceiver for long-range robot control applications // 2014 6th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), St. Petersburg, 2014, pp. 456–461.

7. R. Sun, D. W. Matolak, W. Rayess. Air-Ground Channel Characterization for Unmanned Aircraft Systems – Part IV: Airframe Shadowing // IEEE Transactions on Vehicular Technology. Sept. 2017. vol. 66, no. 9, pp. 7643–7652.

8. Sun R. Dual-Band Non-Stationary Channel Modeling for the Air-Ground Channel: thesis. University of South Carolina, 2015.

УДК 621.396.969.36

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ

Г. А. Фокин

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

Идентификация прямой видимости и компенсация ошибок отсутствия прямой видимости при обработке навигационных измерений являются актуальными при позиционировании в условиях города, а также в условиях неоднородного рельефа местности, например, гор и холмов, когда прямая видимость между источником радиоизлучения и одной и/или несколькими приемными станциями отсутствует и имеет место ситуация NLOS. Целью настоящей работы является разработка комплексной имитационной модели для позиционирования источников радиоизлучения разностно- дальнометрическим методом в условиях отсутствия прямой видимости.

Non-Line of Sight (NLOS), Time Difference of Arrival (TDOA), разностно- дальнометрический метод (РДМ), RMSE, источник радиоизлучения (ИРИ), имитационная модель (ИМ).

Проблема идентификации прямой видимости и компенсации ошибок отсутствия прямой видимости при обработке навигационных измерений исследовалась на протяжении последних 20 лет [1, 2, 3, 4, 5, 6] и является актуальной при позиционировании в условиях города, а также в условиях неоднородного рельефа местности, например, гор и холмов, когда прямая видимость между источником радиоизлучения и одной и/или несколькими приемными станциями отсутствует и имеет место ситуация NLOS (*Non-Line of Sight*). В результате NLOS принятый после переотражений сигнал оказывается задержанным и приходит позже, чем если бы он был принят в условиях наличия прямой видимости LOS (*Line of Sight*) [7, 8]. Обработка измерений при наличии одного и/или двух переотраженных сигналов приводит

к существенным ошибкам позиционирования, поэтому необходима предварительная идентификация прямой видимости и компенсация ошибок NLOS путем исключения из обработки на центральной станции источников измерений от вероятных переотраженных сигналов; после исключения приемных станций – источников NLOS осуществляется повторная обработка измерений по алгоритму взвешенных наименьших квадратов (ВМНК) [9, 10, 11, 12, 13].

В настоящей работе представлена усовершенствованная на основе исследований [9, 10, 11, 12, 13] комплексная имитационная модель (ИМ) для позиционирования источника радиоизлучения (ИРИ) разностно-дальномерным методом (РДМ) в условиях отсутствия прямой видимости. ИМ включает следующие подсистемы: а) территориальное распределение приемных станций, ИРИ и препятствий; б) передача, затухание и прием сигналов; в) вычисление взаимных корреляционных функций принятых сигналов; г) алгоритм взвешенных наименьших квадратов (ВМНК); д) алгоритм идентификации приемных станций – источников прямой видимости (*Line of Sight*, LOS) и компенсации ошибок приемных станций – источников отсутствия прямой видимости (*Non-Line of Sight*, NLOS). Функциональная схема имитационной модели для позиционирования источника радиоизлучения разностно-дальномерным методом в условиях отсутствия прямой видимости представлена на рис. 1.

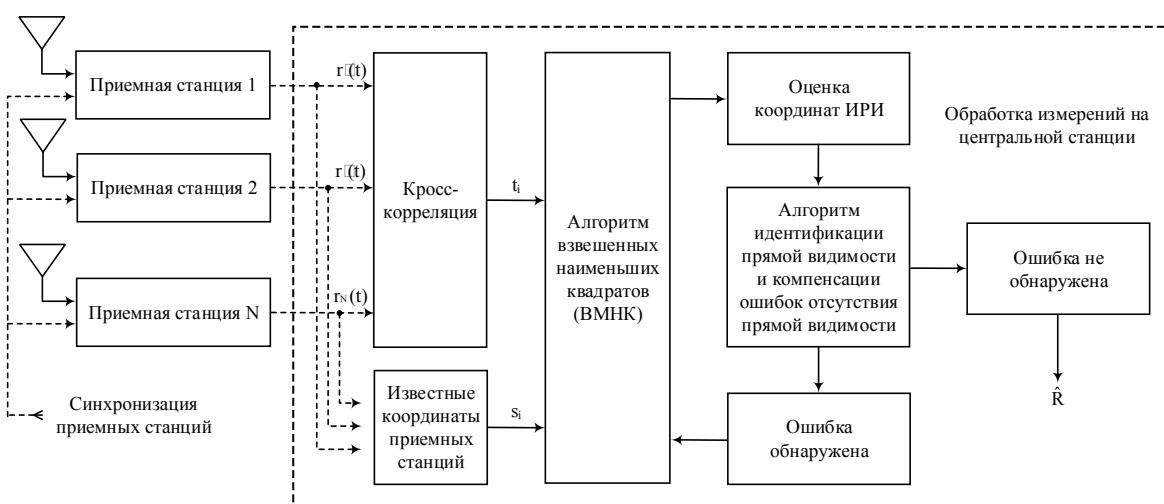


Рис. 1. Функциональная схема имитационной модели для позиционирования источника радиоизлучения разностно-дальномерным методом в условиях отсутствия прямой видимости

Позиционирование осуществляется в результате обработки на центральной станции разности времен прихода сигналов, принятых от ИРИ синхронизированными территориально распределенными приемными стан-

циями. Пример территориального распределения ИРИ, 4-х приемных станций и пересечения гипербол при отсутствии прямой видимости у 3-й приемной станции представлен на рис. 2; соответствующие взаимные корреляционные функции и разности времен прихода сигналов представлены на рис. 3. В примере на рис. 2 показано пересечение двух гипербол, образованных разностью расстояний прямой видимости Δd_{12} и Δd_{14} для LOS станций Rx_2 и Rx_4 , которые корректно определяют искомое местоположение ИРИ. Гипербола, образованная разностью расстояний Δd_{13} наглядно показывает влияние ошибки отсутствия прямой видимости NLOS у приемной станции Rx_3 : образуется участок неопределенности для позиционирования ИРИ, сформированный пересечением гипербол LOS и гиперболы NLOS. Влияние NLOS у Rx_3 иллюстрируется также на рис. 3: корреляционный пик $C_{13}(t)$ отраженного сигнала $r_3(t)$ оказывается меньше бокового лепестка корреляционной функции $C_{12}(t)$ сигнала $r_2(t)$, пришедшего по лучу прямой видимости, что является следствием потерь распространения радиоволн сигнала $r_3(t)$ при увеличении пройденного пути в результате отражения от препятствия $Rx_3\text{refl}$.

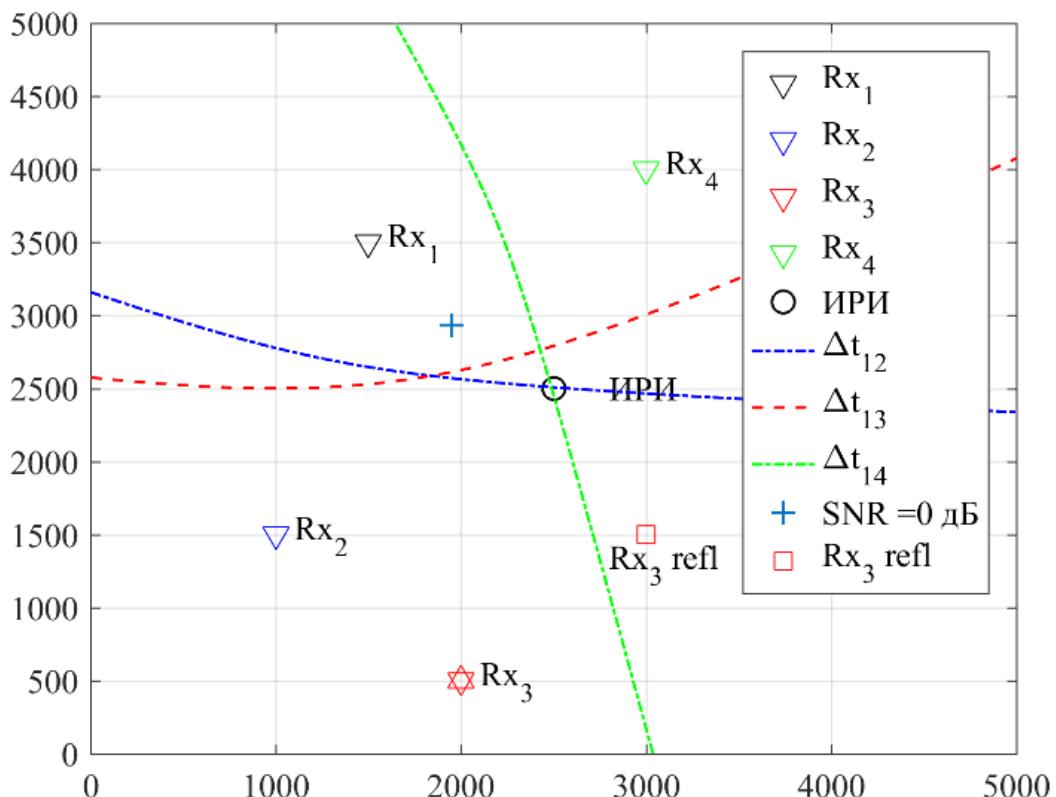


Рис. 2. Пример территориального распределения ИРИ, 4-х приемных станций и пересечения гипербол при отсутствии прямой видимости у 3-й приемной станции

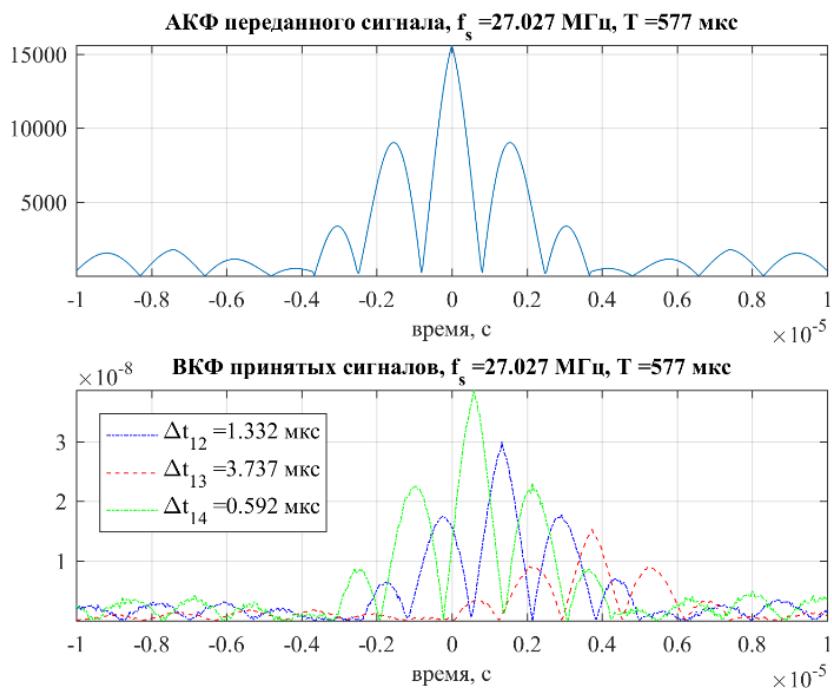


Рис. 3. Взаимные корреляционные функции принятых сигналов для примера на рис. 2

Влияние эффекта NLOS на точность позиционирования и пути идентификации и компенсации источников соответствующих ошибок уже достаточно хорошо исследованы в работах зарубежных авторов [1, 2, 3, 4, 5], однако полученные результаты основаны на имитационных моделях, которые не учитывают параметры передачи, приема и обработки сигналов при вычислении корреляции принятых сигналов. Подобный учет реализован в работе [6], однако в ней не учитываются потери распространения радиоволн (PPB) принимаемых сигналов. Потери PPB были учтены в работах [9, 10, 11, 12, 13], однако полученные результаты применимы исключительно к радиосигналам LTE в условиях LOS. Предлагаемая модель лишена указанных ограничений, работает с произвольными сигналами и учитывает потери PPB [14]. Для идентификации NLOS используется критерий σ дисперсии оценок координат для комбинаций Rx, оставшихся после последовательного исключения приемных станций – вероятных источников NLOS. Пример идентификации одного источника NLOS (Rx_4) для 5 Rx (4 LOS и 1 NLOS) представлен на рис. 4.

```

Тест Rx for 1 NLOS
Rx 1 исключена, Дисперсия координат = 1.89e+05
Rx 2 исключена, Дисперсия координат = 1.25e+06
Rx 3 исключена, Дисперсия координат = 7.65e+04
Rx 4 исключена, Дисперсия координат = 4.75e+01
Rx 5 исключена, Дисперсия координат = 8.72e+04
1 NLOS Rx 4. Координаты = 2.50e+03 2.50e+03

```

Рис. 4. Пример исключения одного источника NLOS

Функциональная схема алгоритма обработки измерений РДМ в условиях отсутствия прямой видимости представлена на рис. 5: алгоритм производит сравнение дисперсий σ с пороговыми значениями дисперсий σ_{thrs} , полученными для измерений прямой видимости LOS (рис. 6).

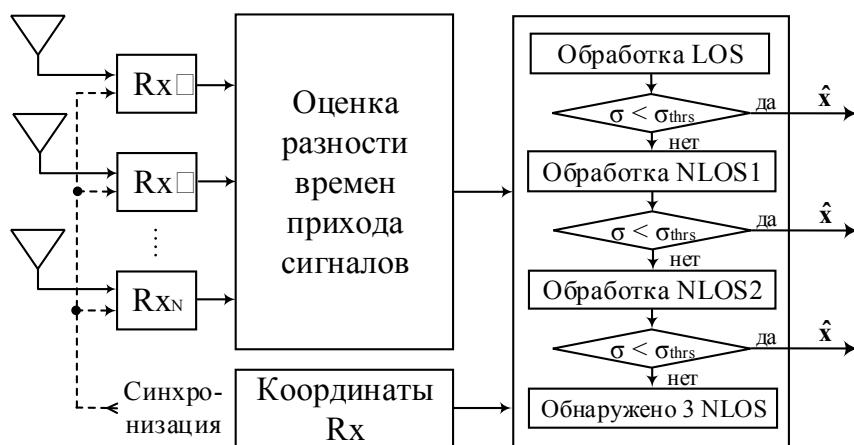


Рис. 5. Функциональная схема алгоритма обработки измерений разностно-дальномерного метода в условиях отсутствия прямой видимости

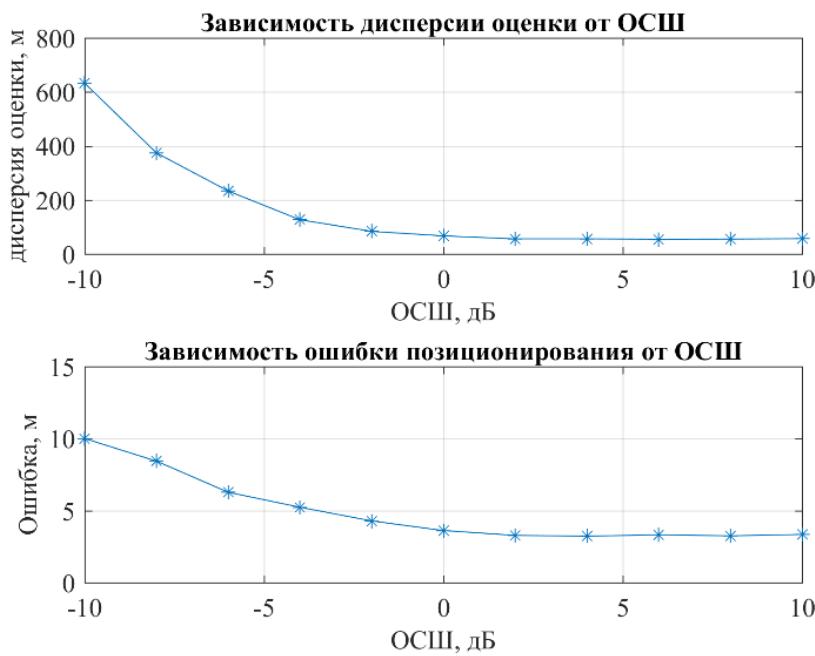


Рис. 6. Зависимость дисперсий оценок и ошибок позиционирования от отношения сигнал-шум для измерений прямой видимости LOS

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-3468.2018.9.

Список используемых источников

1. M. P. Wylie and J. Holtzman. The non-line of sight problem in mobile location estimation // Proceedings of ICUPC – 5th International Conference on Universal Personal Communications, Cambridge, MA, pp. 827–831 vol.2, 1996.
2. P.-C. Chen. A non-line-of-sight error mitigation algorithm in location estimation // Proc. IEEE Wireless Communications Networking Conference, vol. 1, pp. 316–320, 1999.
3. L. Cong and W. Zhuang. Non-line-of-sight error mitigation in TDOA mobile location // Proc. IEEE Globecom, pp. 680–684, Nov 2001.
4. L. Cong and Weihua Zhuang. Nonline-of-sight error mitigation in mobile location // IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 4, no. 2, pp. 560–573, March 2005.
5. R. Zekavat, R. M. Buehrer. Handbook of position location: Theory, practice and advances. John Wiley & Sons, 2011.
6. M. B. Montminy. Passive geolocation of low-power emitters in urban environments using TDOA: thesis. – Air Force Institute of Technology, Mar. 2007.
7. Фокин Г. А. Методика идентификации прямой видимости в радиолиниях сетей мобильной связи 4-го поколения с пространственной обработкой сигналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2013. № 3. С. 78–82.
8. Фокин Г. А. Имитационное моделирование процесса распространения радиоволн в радиолиниях сетей мобильной связи 4-го поколения с пространственной обработкой сигналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2013. № 3. С. 83–89.
9. Сиверс М. А., Фокин Г. А., Духовницкий О. Г. Позиционирование абонентских станций в сетях мобильной связи LTE разностно- дальнометральным методом // Системы управления и информационные технологии. 2015. Т. 59. № 1. С. 55–61.
10. Сиверс М. А., Фокин Г. А., Духовницкий О. Г. Оценка возможностей метода разностно- дальнометрного метода позиционирования абонентских станций в системах мобильной связи LTE средствами имитационного моделирования // Информационные технологии моделирования и управления. 2016. Т. 98. № 2. С. 149–160.
11. Sivers M., Fokin G. LTE Positioning Accuracy Performance Evaluation. Lecture Notes in Computer Science. 2015. Т. 9247. РР. 393–406.
12. Фокин Г. А. Оценка точности позиционирования абонентских станций в сетях LTE разностно- дальнометральным методом // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. 2015. С. 170–173.
13. Киреев А. В., Фокин Г. А. Позиционирование объектов в сетях LTE посредством измерения времени прохождения сигналов // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 1. С. 68–72.
14. 3GPP TR 36.814 V9.2.0. Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Further advancements for E-UTRA physical layer aspects, March 2017.

УДК 004.932

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

М. И. Шарикова

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

Измерение пульса дистанционно, с помощью камеры смартфона и приложения, возможно уже сейчас. В статье рассматривается алгоритм подсчета частоты сердечных сокращений, основанный на двух подходах – изменении цвета кожи и выявлении микродвижений. Эксперимент иллюстрирует, что применяемые вместе, они дают высокую точность измерения пульса.

измерение пульса, выявление микродвижений, метод главных компонент, микстура Гауссианов, преобразование Фурье.

В повседневной жизни каждый из нас сталкивается с необходимостью диагностики организма. Недомогания, сонливость, сбивчивое дыхание являются маркерами заболеваний. В домашних условиях, без вмешательства медперсонала, можно измерить такие физиологические показатели как кровяное давление, температура тела и пульс. Эти же показатели используются врачами при сборе анамнеза и помогают в постановке диагноза.

В представленной статье уделяется внимание именно пульсу и предлагается алгоритм измерения этого показателя с помощью камеры мобильного телефона и программных вычислений.

Самый быстрый и надежный способ определить пульс – посчитать количество ударов в минуту. Но он не применим, если необходим мониторинг пациента в течение какого-либо времени. Аппараты ЭКГ решают этот вопрос, но они требуют подключения, контакта с кожей пациента, что не всегда подходит, если требуется мониторинг новорожденных или пожилых людей. Поэтому дистанционный метод определения пульса может получить распространение, например, в детских мониторах.

Существует два подхода к анализу изображения для подсчета пульса – это изменение цвета кожи и выявление микродвижений [1, 2]. При каждом ударе сердца сосуды наполняются кровью, из-за чего кожные покровы окрашиваются в красный цвет. Голова же при этом непроизвольно дергается в такт выбрасываемой крови. Глаз эти колебания зафиксировать не в состоянии, в отличие от любой камеры. Программная обработка записанного видео (или даже потокового) позволяет визуализировать пульсацию. Однако

видимость микродвижений или выявление пульсации кожи от выбросов крови – это лишь подтверждение, что на данные подходы реализуемы, и их можно использовать для построения алгоритма. Главными являются измерения.

Для проведения измерений каждый раз берется выборка кадров, равная 128. Значение выборки вариативно и зависит от параметров используемой камеры, в том числе и от кадровой частоты. В приведенном ниже эксперименте использовалась камера с характеристикой 30 кадров/с. При каждом измерении выборка смещается на один кадр. С учетом кадровой частоты можно посчитать, что первое измерение занимает 4,27 с, после чего измерения продолжаются с интервалом в 33 мс. Полученные измерения выводятся на экран в виде графика.

Первый подход – регистрация изменения цвета кожи – математически реализуется следующим образом. На каждом кадре необходимо выявить зону лица, для чего применяется метод нахождения лица (в данном случае Хаара). Далее алгоритм работает с ограниченной областью, выявляя с помощью детектора кожи участок, по которому будет непосредственно проведен анализ. По выявленной области по цвету составляется матрица среднего. На этом этапе необходимо уменьшить размерность данных, при этом не потеряв информативности. Поэтому составленную матрицу преобразуют в собственный вектор данных, используя метод главных компонент (PCA).

Второй подход основан на усилении микродвижений, для чего необходимо разложить видео по частотным характеристикам (как пространственным, так и временными). Для разложения по пространственным частотам к выборке применяется фильтр Габора. Выявив частоту, дающую характерный отклик, проводится операция свертки с интересующей частотой. Полученное приращение суммируют с исходным кадром.

Для подсчета пульса к полученным данным применяется преобразование Фурье и анализируется спектр. Пульс рассматривается как случайная величина, функция которой подчиняется нормальному закону распределения. В выборке кадров кроме движений, вызванных пульсом, присутствуют движения из-за дыхания. Изменения тона кожи происходят от мерцаний лампы. Алгоритм анализирует распределения и формирует Гауссиан для каждого события. Каждое событие появляется с определенной периодичностью, таким образом, имея свой вес, и характеризуется плотностью распределения. Совокупность распределений нормальной величины называется микстурой Гауссианов [3]. Зная, что дыхание примерно в полтора-два раза реже пульса, и учитывая частоту мерцания лампы, не составляет труда определить, какое именно распределение относится к пульсу.

По описанному алгоритму был проведен эксперимент. Человека подключали к комплексу для многосуточного мониторинга ЭКГ. Результат измерений выводился на монитор компьютера. Далее производилась запись

видео, где для наглядности монитор и человек оказывались в одном кадре, что в последующем позволило безошибочно определять расхождения между показаниями средства измерения (монитора ЭКГ) и подсчитанных алгоритмом значений в каждом кадре.

В процессе эксперимента выяснилось, что пульс меняется достаточно часто, поэтому для оценки погрешности измерений с помощью алгоритма в записанном видео был выбран участок, где показания монитора ЭКГ были постоянными. Длительность отрывка составила 8 с., в течение которых монитор измерял пульс 70 ударов/мин. На графике (рис.) приведена зависимость для первых ста подсчитанных измерений.

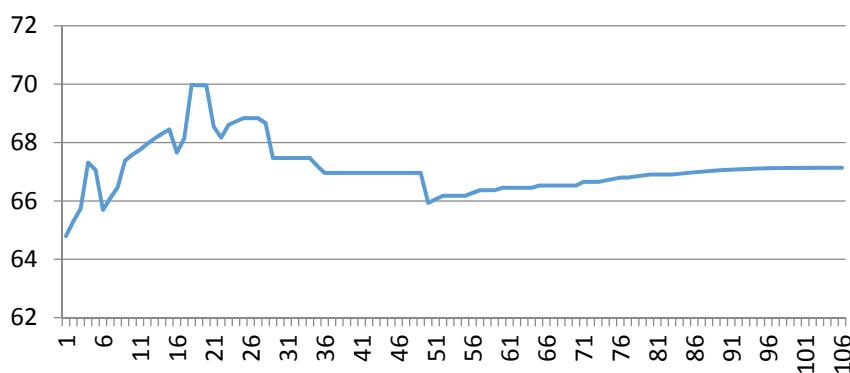


Рисунок. Распределение измеренных значений по времени (номеру измерения)

Экспериментальная оценка погрешности по выборке из 100 кадров показала, что абсолютная погрешность измерений пульса с помощью алгоритма на порядок меньше, чем абсолютная погрешность пульса, измеренного на том же значении с помощью монитора ЭКГ.

В итоге описанный алгоритм измерения пульса может быть применим на практике. Однако пока что он имеет ряд ограничений в использовании, а именно зависит от освещения (при недостаточном погрешность измерений возрастает или же измерения становятся невозможными), а также чувствителен к грубым движениям.

Список используемых источников

1. Neal Wadhwa, Michael Rubinstein, Fredo Durand, William T. Freeman. Phase-Based Video Motion Processing // ACM Trans. Graph. (Proceedings SIGGRAPH 2013). 2013. Vol. 32, No. 4.
2. GuhaBalakrishnan, Frédo Durand, John Guttag Detecting Pulse from Head Motions in Video // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2013. IEEEConferenceon.
3. Ognjen Arandjelovic, Roberto Cipolla. Incremental Learning of Temporally-Coherent Gaussian Mixture Models, Department of Engineering, Cambridge.

Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом С. Л. Федоровым.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 539.23

Приглашённый доклад

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОС-ГИДРИДНОЙ ЭПИТАКСИИ GaN В ВЕРТИКАЛЬНОМ РЕАКТОРЕ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДИСКОМ

С. Н. Колгатин¹, А. В. Лобанова², О. А. Федорова¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

²ООО «СОФТ-ИМПАКТ»

В последнее время особенную актуальность приобретает создание сверхмощных, устойчивых к колебаниям температуры СВЧ-транзисторов, общепризнанным материалом для изготовления которых является нитрид галлия. Наиболее распространенным методом получения легированных пленок GaN является газофазная эпитаксия. Мы предлагаем простую и эффективную модель роста нитрида галлия из триметилгаллия и аммиака. Химический механизм включает объемную и поверхностью химию, а также конденсацию частиц GaN в объеме камеры. Модель позволила объяснить уменьшение скорости роста в вертикальном реакторе при малых оборотах подложкодержателя за счёт формирования частиц GaN.

СВЧ-транзисторы, газофазная эпитаксия, нитрид галлия.

Разработка СВЧ транзисторов на основе нитрида галлия GaN является перспективным направлением. По сравнению с транзисторами на кремнии, транзисторы на GaN имеют большую ширину запрещённой зоны, что позволяет использовать их при более высоких температурах и делают их более устойчивыми к воздействию радиации, что очень важно для разработки СВЧ устройств, предназначенных, например, для работы в космосе. Также транзисторы на нитриде галлия более предпочтительны по сравнению с кремниевыми для более мощного оборудования, поскольку значение пробивного напряжения для GaN примерно в 10 раз выше, чем у кремния.

Кристаллы нитрида галлия высокого качества выращивают методом газофазной эпитаксии (MOVPE – *metal-organic vapor phase epitaxy*). Рост

нитрида галлия из металлографических соединений (МОС) $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ (три-метилгаллия, TMGa) и аммиака (NH_3) происходит при давлении $\sim 50\text{--}1000$ мбар и типичной температуре $\sim 1050^\circ\text{C}$. Для обеспечения однородности толщины пленки организуется вращение подложкодержателя с подложкой. Существует несколько типов реакторов, отличающихся способом подачи газов в камеру. В данной работе рассматривается реактор вертикального типа.

Несмотря на кажущуюся простоту конструкции, организация процесса роста представляет значительную сложность из-за необходимости избежать развития паразитных химических реакций между соединениями III и V групп, которые могут приводить к возникновению частиц GaN в камере реактора [1] и, соответственно, к потерям материала. Таким образом, важной задачей на данный момент является понимание механизма роста. Такие параметры, как транспорт паров элементов III группы к ростовой поверхности, V/III отношение и распределение температуры в реакторе могут существенно влиять на путь разложения и объединения прекурсоров в газовой фазе, а также на образование твердых частиц в объеме.

Создание химической модели роста и ее сравнение с экспериментальными данными даст возможность оптимизировать режимы роста, улучшить конструкцию реактора, наконец, спроектировать новые реакторы с более высокими экономическими показателями.

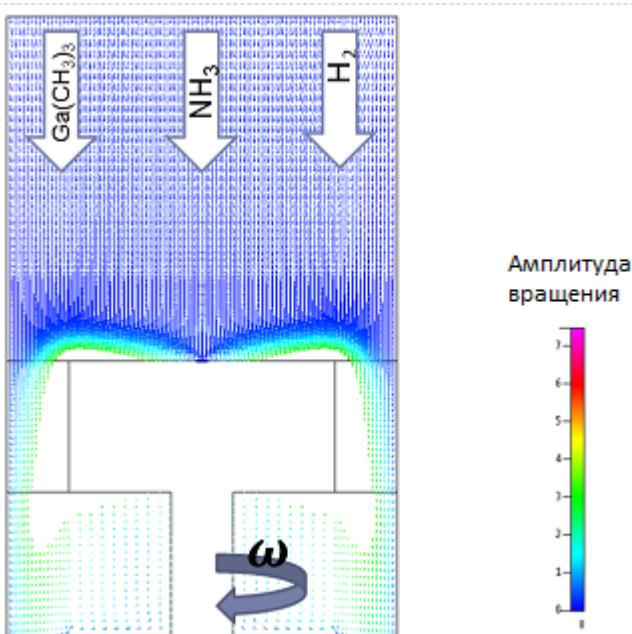
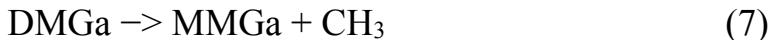
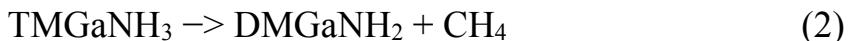


Рис. 1. Схема вертикального реактора

давление – 140 торр [2].

Ниже представлена модель газофазных химических реакций:

Для верификации разработанной модели были проведены двумерные расчеты в вертикальном реакторе (рис. 1) с учетом динамики течения, теплопереноса, объемной и поверхностной химии, нуклеации и роста частиц. Смешанные при низкой температуре, прекурсоры и несущий газ водород однородно подаются в реактор. Условия роста в таком реакторе были выбраны следующие: скорость вращения подложкодержателя – от 800 до 1 800 об/мин, температура на входе – 27°C , температура подложкодержателя – 1050°C ,



Реакция (1) – соединение триметилгаллия и аммиака с получением аддукта (TMGaNH_3). Эта реакция происходит на входе реактора при низкой температуре.

Реакция (2) – разложение аддукта на мономер (DMGaNH_2) и CH_4 . Для протекания этой реакции необходима большая температура, поэтому разложение происходит ниже по потоку, где температура выше, чем на входе.

Реакция (3) – разложение мономера на нитрид галлия и CH_4 . Из полученного GaN частично происходит рост на поверхности кристалла; учитывается также нуклеация (из паров GaN) и рост твердых частиц GaN в объеме реактора.

Реакции (4)–(5) описывают появление и разложение тримера ($(\text{DMGaNH}_2)_3$). При этом для образования тримера значение температуры маловажно, так как это объединение трех мономеров, имеющих свободные связи (в отличие от его разложения).

Реакции (6) и (7) – пиролиз TMGa в DMGa и MMGa [3].

Рост нитрида галлия на подложке происходит из всех газовых компонент.

Сопоставление расчета (сплошная кривая) с экспериментальными данными из [2] приведено на рис. 2.

По мере возрастания частоты вращения подложкодержателя уменьшается время пребывания газа в камере, что приводит к уменьшению количества частиц GaN . При высокой скорости вращения подложкодержателя, потери скорости роста отсутствуют – значение скорости роста равно транспортному пределу (частицы не образуются). На рис. 3 показано

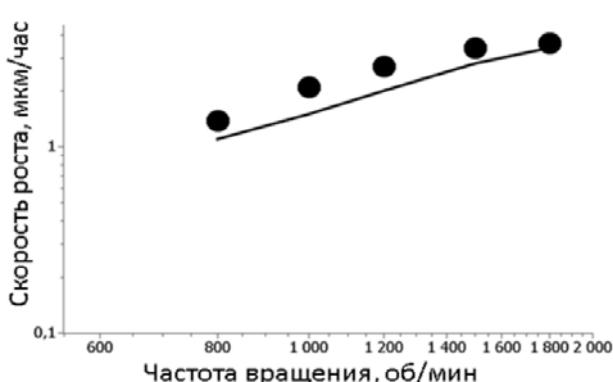


Рис. 2. Зависимость скорости роста GaN от частоты вращения подложкодержателя (точки – работа [3], линия – расчет)

кодержателя, потери скорости роста отсутствуют – значение скорости роста равно транспортному пределу (частицы не образуются). На рис. 3 показано

распределение компонентов в камере реактора при низкой скорости вращения – 800 об/мин. Частицы GaN (рис. 3г) формируются на некотором расстоянии от подложки из паров нитрида галлия и оттесняются от поверхности за счет эффекта термофореза. Частицы уносятся из реактора несущим газом и вносят вклад в потери скорости роста.

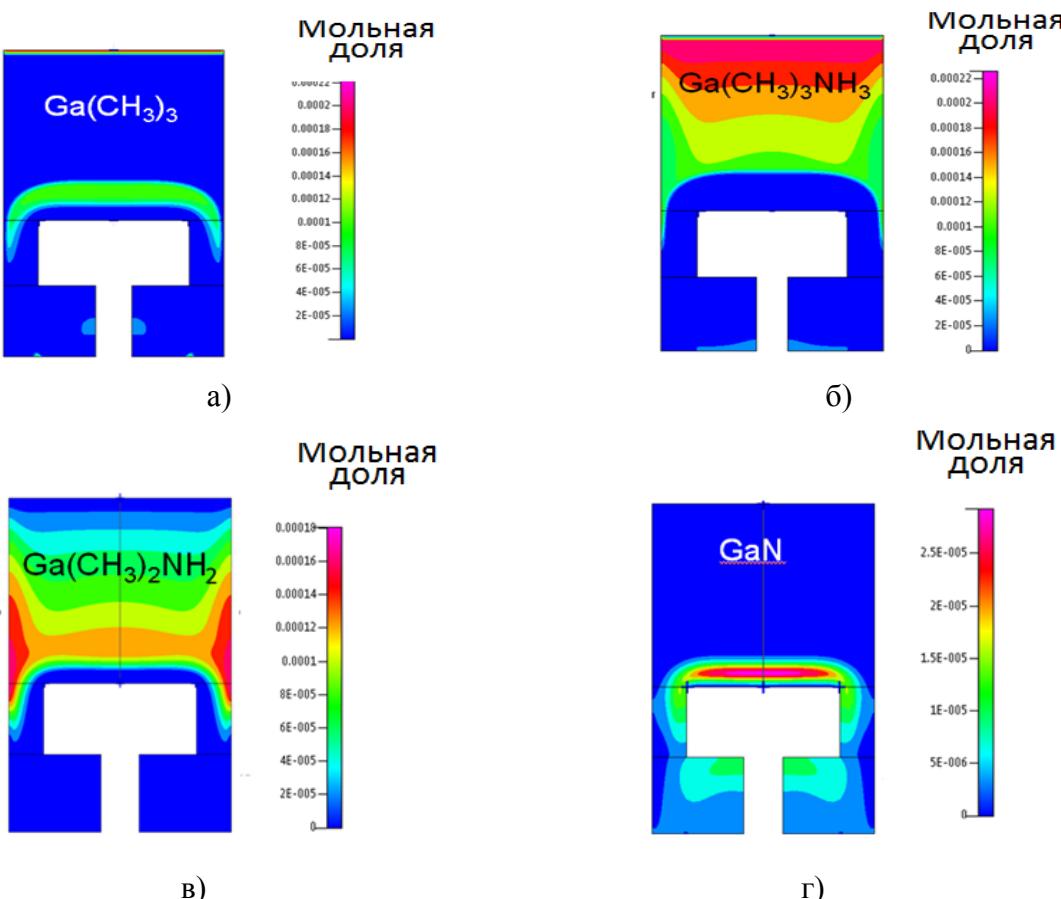


Рис. 3. Распределение концентраций для 800 об/мин: а) TMGa,
б) TMGaNH₃, в) DMGaNH₂, г) частицы GaN

Хорошее согласование с экспериментом достигнуто благодаря тому, что модель учитывает образование в объеме частиц, за счет которых происходят основные потери в скорости роста при малых оборотах подложкодержателя.

Список используемых источников

1. Creighton J. R. et al. Nature of the parasitic chemistry during AlGaN MOVPE // Journal of Crystal Growth. 2004. p. 264.
2. Jacko M. G., Pirce S. J. W. The Pyrolysis of trimethyl gallium // Canadian Journal of Chemistry. 1963.
3. Creighton J. R. et al. Sources of the parasitic chemical reactions during AlGaN MOVPE // Electrochemical Society Proceeding. 2002. N. 3.

УДК 621.383.52

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОДИОДА В ПРОГРАММЕ FASTMEAN

А. Г. Алексеев, Л. А. Селиверстов, В. А. Юрова

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

Предлагаемая модель предназначена для использования в учебном процессе. При отсутствии светового излучения в ФД протекает темновой ток. На нагрузочной линии устанавливается соответствующая точка покоя. ФД работает как обычный диод с обратным смещением. Он заменяется источником тока. Ещё два генератора создают фототок. Теперь ФД функционирует подобно четырёхполюснику. Такая модель позволяют исследовать многие варианты работы ФД.

фоточувствительные приборы, световой поток, токовая чувствительность, p-i-n-диод.

Применение устройств передачи сигналов с использованием фотоприборов значительно упрощает системы, создаваемые традиционными радиотехническими методами. В оптических приёмниках модулированные световые волны превращаются в электрические сигналы. Ассортимент фоточувствительных приборов весьма обширен. Наибольшее распространение получили фотодиоды (ФД). В первую очередь это *p-i-n*-диоды. Их можно использовать в двух режимах: фотодиодном и фотовольтаическом. В первом диод смещается в обратном направлении и фототок является функцией освещённости. Эти приборы имеют ряд преимуществ. Важнейшие из них: быстродействие, стабильность, простота использования. Лавинные ФД требуют высоких напряжений питания и компенсации нестабильности коэффициента умножения тока. Создание светом подвижных носителей заряда в полупроводниках увеличивает их плотность и тем самым проводимость. Движение созданных светом подвижных носителей заряда образует фототок I_Φ .

Свойства фотоприборов, подобно электронным приборам, наиболее полно описываются системой ВАХ.

На рис. 1 a изображено семейство ВАХ *p-i-n*-ФД. ВАХ реального ФД располагается в III квадранте. Здесь положение характеристик изменено для удобства пользования. Такое представление напоминает выходные ВАХ транзисторов. На рис. 1 b показан вариант цепей смещения ФД. Конденсаторы $C1$ и $C2$ обеспечивают работу на переменном токе. Элементы $C1$, $R2$

образуют развязывающий фильтр по питанию, разделительный конденсатор C_2 обеспечивает связь нагрузки ФД R_1 с входом первого каскада усиления.

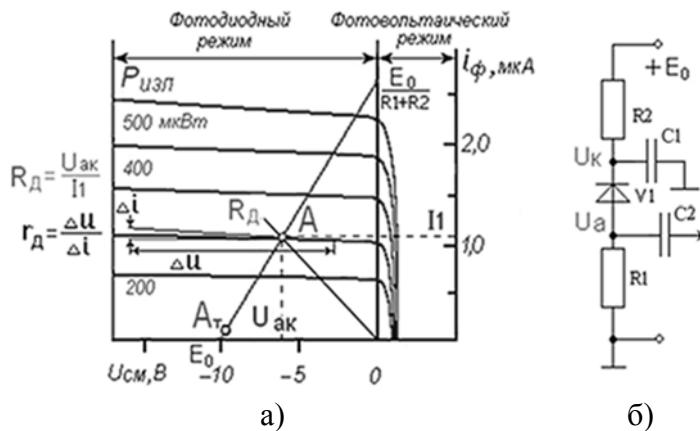


Рис. 1. Семейство ВАХ ФД (а) и цепи его смещения (б)

Для номинального режима метод расчёта резисторов R_1 и R_2 объяснён в [1]. На ВАХ построена соответствующая нагрузочная линия и по заданному (или выбранному) току покоя установлена номинальная точка покоя A . Прямая, проведённая из начала координат, показывает величину сопротивления ФД на постоянном токе R_D (6 МОм). Касательная к характеристике в точке покоя даёт представление о том, что внутреннее сопротивление ФД переменному току r_D так велико, что его можно не учитывать.

При отсутствии освещения через ФД протекает только темновой ток I_{TM} . Этот ток создаётся общим источником питания E_0 и он протекает через те же элементы смещения R_1 и R_2 . Поскольку темновой ток весьма мал, на нагрузочной линии точка покоя занимает положение, указанное как A_T . В этом режиме ФД представляет собой обычный диод. Его можно заменить сопротивлением R_{DT} , определённым для темнового тока. При напряжении питания 10 В и $I_{TM} = 0,1 \text{ мкА}$ $R_{DT} = 96 \text{ МОм}$. При повышении температуры окружающей среды уровень темнового тока существенно возрастает и это требует дополнительного запаса по уровню неуправляемого тока.

При попадании света на ФД точка покоя движется вверх по нагрузочной линии. Положение точки покоя зависит от интенсивности светового излучения. Заманчиво использовать это свойство для построения модели ФД, но программа не содержит необходимых элементов для быстрого определения сопротивления ФД. Поэтому его присутствие в схеме решено указывать источником тока. Эквивалентная цепь для темнового тока показана на рис. 2. Источник тока I_1 гарантирует независимость темнового тока от фототока, который приходится устанавливать другим источником тока I_2 (рис. 3). Измерения напряжений и токов, их форм и уровней, удобно выполнять с помощью опции «переходный процесс». Это даёт наглядное представление об их соотношении в схеме.

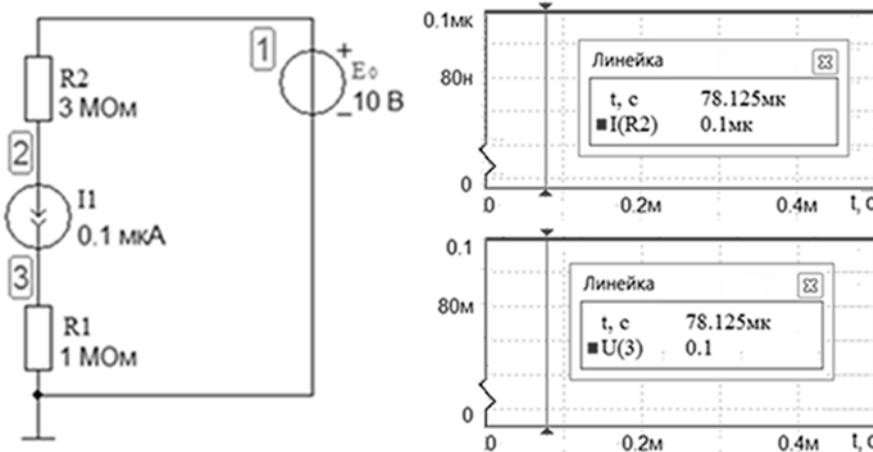


Рис. 2. Эквивалентная схема ФД при темновом токе и результаты измерений

Постоянная составляющая фототока протекает по тем же резисторам, что и темновой ток, но подключение генератора фототока I_2 параллельно I_1 делает конструкцию для компьютера «некорректной», поскольку утрачивается связь с общим проводом. Выручает ИТУТ с единичным коэффициентом передачи (рис. 3).

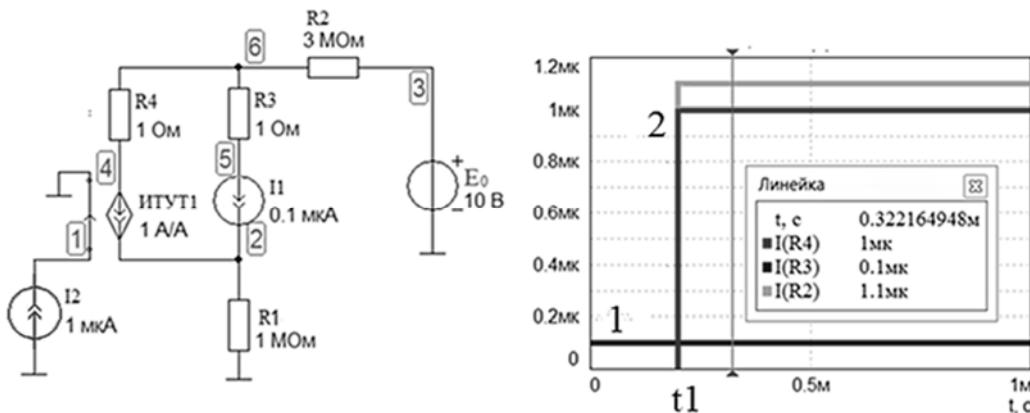


Рис. 3. Эквивалентная схема ФД при световом потоке неизменной интенсивности

Рис. 3 показывает темновой ток (уровень 1), появление фототока (уровень 2) в момент t_1 и их сумму. Длядельного измерения токов включены резисторы R_3 и R_4 по 1 Ому. В дальнейшем они не используются. Теперь остаётся добавить ещё источник тока с переменной интенсивностью светового потока и моделью можно пользоваться (рис. 4). В примере это источник гармонического сигнала I_3 , включаемый параллельно I_2 .

Учитывая, что источники тока I_2 и I_3 эмиттируют световой сигнал, а резисторы и источник напряжения E_0 образуют цепь питания собственно ФД, целесообразно представить его в виде подсхемы.

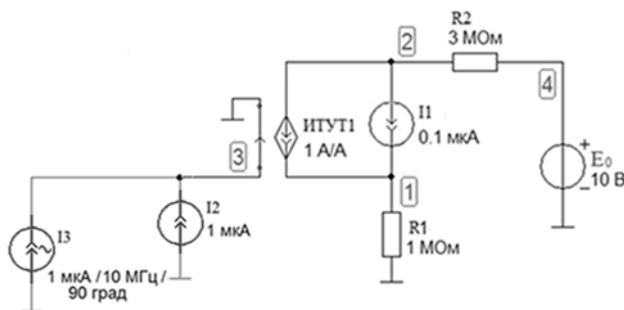


Рис. 4. Эквивалентная схема ФД при динамическом световом потоке

На рис. 5а показано содержание подсхемы по принципу «все другие элементы подключаются снаружи».

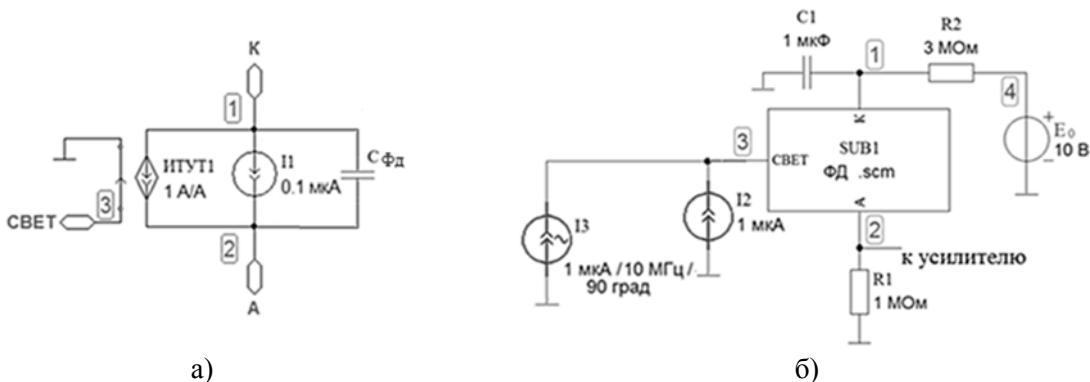


Рис. 5. Входная цепь фотоприёмника с подсхемой, содержащей ФД

Паразитную ёмкость ФД C_d можно подключить между узлами 1–2. На рис. 5б изображена схема моделирования входной цепи с ФД, здесь появилась ёмкость развязывающего $R-C$ фильтра C_1 . Световой сигнал формируется источниками I_2 , I_3 и поступает на фоточувствительную площадку ФД (узел 3).

На рис. 6 показано преобразование световой энергии в электрическую с токовой чувствительностью $S_{ID} \approx 3$ мА/Вт. Электрический сигнал на выходе фотоприбора, как правило, весьма слаб, поэтому ФД применяют совместно с усилителями. На этом рисунке усилитель не подключен и ФД практически работает на «холостом ходу» ($R_1 = 1$ МОм).

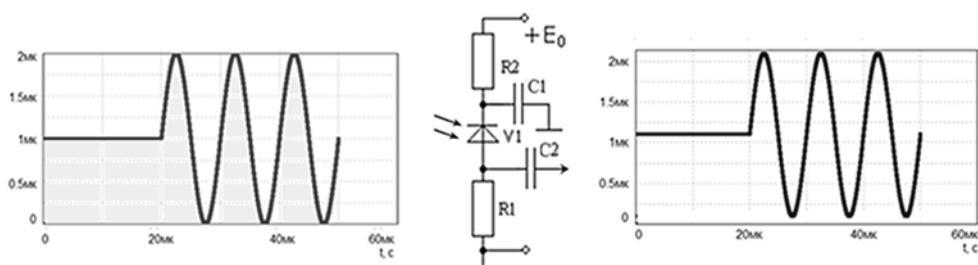


Рис. 6. Преобразование световой энергии в электрическую

На рис. 7 показана цепь связи ФД с усилителем при помощи разделительного конденсатора C_3 . Узел 2 соответствует рис. 5. Сопротивление резистора R_3 определено АЧХ в области ВЧ. Конденсатор C_4 отражает влияние паразитных ёмкостей полевого транзистора. Все номинальные значения элементов соответствуют одному из вариантов курсового проекта. Наличие ёмкостных элементов приводит к возникновению переходных процессов.

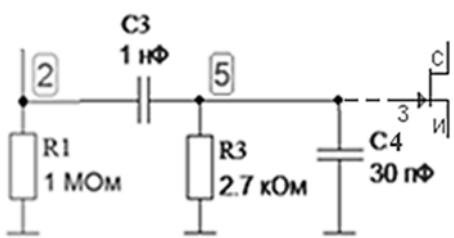


Рис. 7. Соединение ФД с усилителем

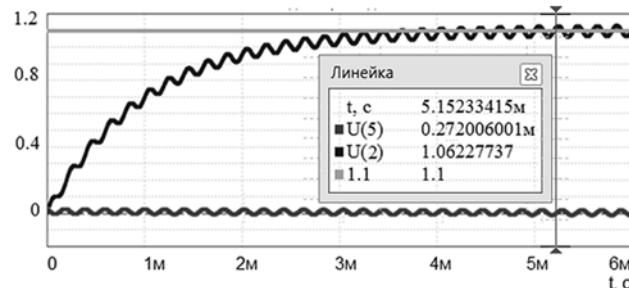


Рис. 8. Переходный процесс в цепи связи ФД и полевого транзистора

На рис. 8 показано как устанавливаются колебания электрического сигнала в узле 2 (относительно уровня 1,1 В) и на входе полевого транзистора (узел 5). На рис. 9 дано улучшенное представление о переходном процессе на входе усилителя.

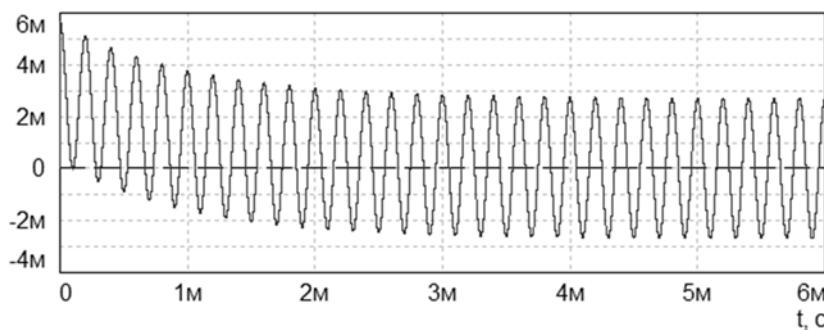


Рис. 9. Переходный процесс на затворе полевого транзистора

Поскольку сопротивление R_3 много меньше сопротивления R_1 , практически весь ток сигнала идёт к затвору полевого транзистора и создаёт напряжение сигнала с амплитудой около 2,7 мВ.

Список используемых источников

1. Алексеев А. Г., Климова П. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств: методические указания к курсовому проектированию. СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2012. 20 с.

УДК 621.3

ГЛУБИНА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ И СИМВОЛЬНЫЙ МЕТОД

А. Г. Алексеев, В. А. Филин

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

В схемах с обратной связью универсальным способом определения её глубины является операторный метод. Он необычайно эффективен при использовании компьютера, позволяет не разрывать петли ОС даже в многоканальных структурах. Компьютер, тем ни менее не структурирует получаемое выражение, и оно оказывается запутанным и малопонятным. Иллюстрируется метод разделения составляющих обратных разностей и построения графа системы с ОС.

глубина ОС, матрица, определитель, дискриминант, направленные графы.

Все виды обратной связи (ОС) сильно изменяют свойства усилительных устройств, поэтому они широко используются для направленного улучшения и достижения желаемых показателей. За многие десятилетия после введения понятия ОС в электронику в литературе, особенно учебной, накопились разночтения и ошибки. Они связаны как с подменой разных физических понятий, так и с попытками сформулировать концепцию ОС только лишь из тех или иных математических приёмов описания цепи. Особенно много неточностей возникло при переходе от ламповых усилителей к транзисторным. Даже при определении глубины эмиттерной ОС был опубликован совершенно неверный результат в учебнике очень авторитетного специалиста. Вместе с тем ещё в 1945 г. был предложен универсальный приём расчёта глубины ОС с помощью определителей. Согласно [1] глубина ОС F вычисляется путём деления дискриминанта на его дополнение при нулевых значениях всех коэффициентов усиления в схеме. Это выглядит так:

$$F = \Delta / \Delta^0. \quad (1)$$

Рассмотрим, что получается при этом, какую ОС показывает нам компьютер. Начнём с простых схем.

Единичные каскады. Все исследуемые схемы построены на ОУ, поскольку в них чётко выражена полярность сигнала и нет необходимости инвертировать активный четырёхполюсник как в предыдущей статье. Имеющийся в программе Fastmean символьный метод позволяет значительно

упростить решение задачи. На рис. 1 изображён усилитель с инвертирующим включением ОУ и функция передачи, полученная символьным методом (ФПсм). Определять ФПсм удобнее, чем только дискриминант. Это значительно обогащает нас знанием о том, куда уходит дополнение.

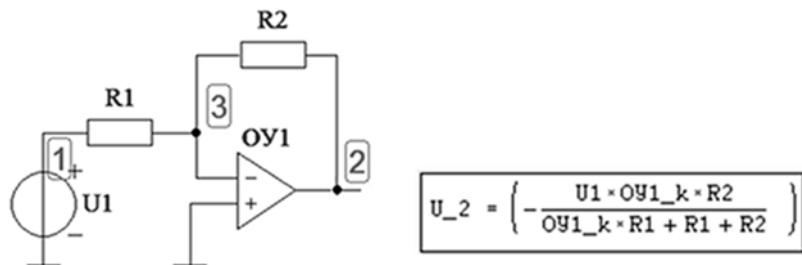


Рис. 1. Схема инвертирующего включения ОУ

Заменяя символы ФПсм на более удобные и заметные $OY1_k = \mu$, получаем глубину ОС F , коэффициент петлевого усиления T , а также график схемы на рис. 2.

$$\begin{aligned} \frac{U_2}{U_1} &= - \frac{R2 \cdot \mu}{\mu \cdot R1 + R1 + R2} = - \frac{R2 \cdot \mu}{\Delta} \\ \Delta^0 &= R1 + R2 \quad R2/(R1 + R2) = k_1 \quad R1/(R1 + R2) = \beta \\ \frac{U_2}{U_1} &= - \frac{k_1 \cdot \mu}{F} = - \frac{k_1 \cdot \mu}{\mu \beta + 1} = - \frac{k_1 \cdot \mu}{T + 1} \end{aligned}$$

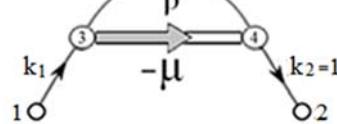


Рис. 2. Граф схемы рис. 1

На рис. 3 изображён усилитель с неинвертирующим включением ОУ.

Выполняя аналогичные преобразования, получаем коэффициент усиления и глубину ОС.

Поскольку исходный сигнал поступает на прямой вход, а по петле ОС возвращается на инверсный, в сигнальном графе (рис. 4) производится расщепление узла 3.

$$\begin{aligned} OY1_k &= \mu \\ \frac{U_2}{U_1} &= \frac{\mu \cdot (R1 + R2)}{\mu \cdot R1 + R1 + R2} = \frac{\mu \cdot (R1 + R2)}{(R1 + R2) \cdot (\mu \cdot \frac{R1}{R1 + R2} + 1)} \\ \frac{R1}{R1 + R2} &= \beta \quad \frac{U_2}{U_1} = - \frac{\mu}{\mu \cdot \beta + 1} = - \frac{\mu}{F} \end{aligned}$$

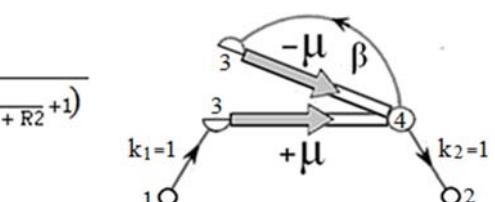


Рис. 4. Граф схемы рис. 3

Усилитель с местными ОС. На рис. 5 изображён двухкаскадный усилитель с местными ОС и его ФПсм.

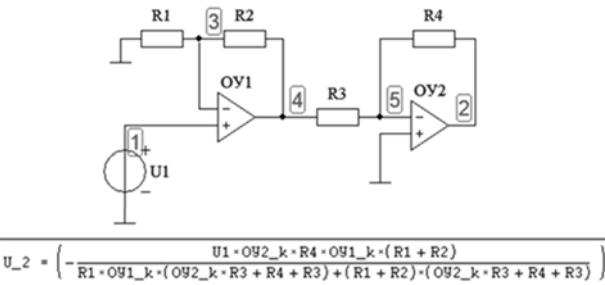


Рис. 5. Двухкаскадный усилитель с местными ОС

После несложных преобразований получаем в числителе произведение параметров усиления и коэффициента передачи k_{21} от узла 4 до узла 5. В знаменателе – произведение местных ОС $F1$ и $F2$.

$$\begin{aligned} OY1_k &= \mu_1 \quad OY2_k = \mu_2 \\ \frac{U_{-2}}{U_1} &= -\frac{\mu_1 \cdot R4 \cdot \mu_2 \cdot (R1 + R2)}{(\mu_1 \cdot R1 + R1 + R2) \cdot (\mu_2 \cdot R3 + R3 + R4)} \\ &= -\frac{\mu_1 \cdot (R1 + R2) \cdot R4 \cdot \mu_2}{(R1 + R2) \cdot (R3 + R4) \cdot \left(\mu_1 \cdot \frac{R1}{R1 + R2} + 1 \right) \cdot \left(\mu_2 \cdot \frac{R3}{R3 + R4} + 1 \right)} \\ \frac{R4}{R3 + R4} &= k_{21} \quad \frac{R1}{R1 + R2} = \beta_1 \quad \frac{R3}{R3 + R4} = \beta_2 \\ \frac{U_{-2}}{U_1} &= -\frac{\mu_1 \cdot k_{21} \cdot \mu_2}{\left(\mu_1 \cdot \beta_1 + 1 \right) \cdot \left(\mu_2 \cdot \beta_2 + 1 \right)} = -\frac{\mu_1 \cdot k_{21} \cdot \mu_2}{F1 \cdot F2} \end{aligned}$$

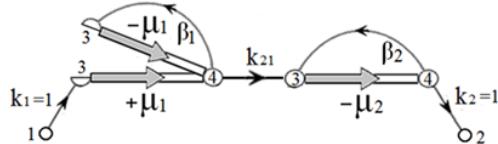
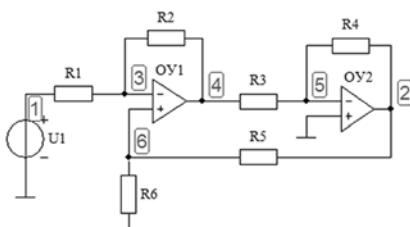


Рис. 6. Граф схемы рис. 5

Полученной функции передачи соответствует граф рис. 6. Его структура складывается из графов рис. 4 и рис. 2.

Усилитель с общей ОС. Схема усилителя с общей и двумя местными ОС приведена на рис. 7. Выполняя уже знакомые преобразования ФПсм, получаем выражение в знаменателе в виде:



$$\begin{aligned} U_{-2} &= \frac{U_1 \cdot OY2_k \cdot R4 \cdot OY1_k \cdot R2 \cdot (R5 + R6)}{R1 \cdot (R4 \cdot OY1_k \cdot OY2_k \cdot R6 + OY2_k \cdot R3 \cdot OY1_k \cdot (R5 + R6)) + R2 \cdot OY1_k \cdot R4 \cdot OY2_k \cdot R6 +} \\ &\quad (R1 + R2) \cdot (R5 + R6) \cdot OY2_k \cdot R3 + (R3 + R4) \cdot (R1 \cdot OY1_k \cdot (R5 + R6) + (R5 + R6) \cdot (R1 + R2)) \end{aligned}$$

Рис. 7. Двухкаскадный усилитель с местными и общей ОС

$$R_1 \cdot (R_4 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot R_6 + \mu_2 \cdot R_3 \cdot \mu_1 \cdot (R_5 + R_6)) + R_2 \cdot \mu_1 \cdot R_4 \cdot \mu_2 \cdot R_6 + (R_1 + R_2) \cdot (R_5 + R_6) \cdot \mu_2 \cdot R_3 + \\ + (R_3 + R_4) \cdot (R_1 \cdot \mu_1 \cdot (R_5 + R_6) + (R_3 + R_4) \cdot (R_5 + R_6) \cdot (R_1 + R_2))$$

После определения пассивных передач

$$k_{21} = R_4 / (R_3 + R_4) \quad k_1 = R_2 / (R_1 + R_2) \quad \beta_1 = R_1 / (R_1 + R_2) \quad \beta_{12} = R_5 / (R_5 + R_6) \quad \beta_2 = R_3 / (R_3 + R_4)$$

знаменатель существенно упрощается

$$\mu_1 \cdot k_{21} \cdot \mu_2 \cdot \beta_{12} \cdot (\beta_1 + k_1) + \mu_1 \cdot \beta_1 \cdot \mu_2 \cdot \beta_2 + \mu_2 \cdot \beta_2 + \mu_1 \cdot \beta_1 + 1.$$

Узнаём интересное свойство выделенной скобками суммы

$$\beta_1 + k_1 = R_1 / (R_1 + R_2) + R_2 / (R_1 + R_2) = 1$$

а также, что сумма слагаемых, начиная со второго, соответствует произведению местных ОС $F_1 \cdot F_2$

$$\mu_1 \cdot \beta_1 \cdot \mu_2 \cdot \beta_2 + \mu_2 \cdot \beta_2 + \mu_1 \cdot \beta_1 + 1 = T_1 \cdot T_2 + T_2 + T_1 + 1 = F_1 \cdot F_2$$

получаем знаменатель в виде:

$$\mu_1 \cdot k_{21} \cdot \mu_2 \cdot \beta_{12} + F_1 \cdot F_2$$

Вынося за скобки местные ОС, получаем произведение трёх глубин ОС

$$F_1 \cdot F_2 \cdot \left(\frac{\mu_1}{F_1} \cdot k_{21} \cdot \frac{\mu_2}{F_2} \cdot \beta_{12} + 1 \right) = F_1 \cdot F_2 \cdot F_0$$

где F_0 глубина общей ОС.

В итоге получаем передаточную функцию схемы в виде

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{k_1 \cdot \mu_1 \cdot k_{21} \cdot \mu_2}{F_1 \cdot F_2 \cdot F_0}$$

Граф передачи такой функции приведён на рис. 8.

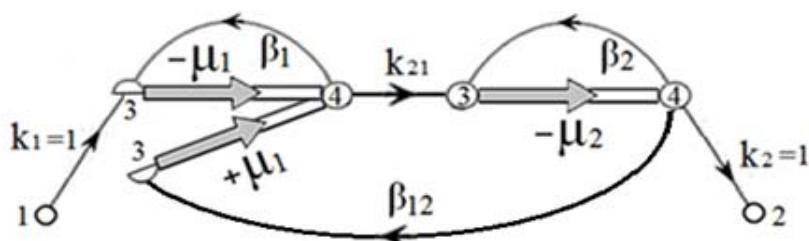
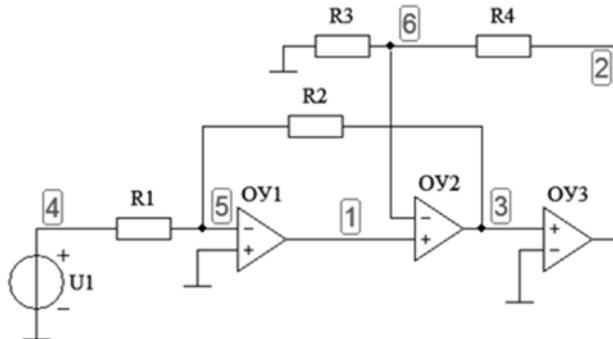


Рис. 8. Граф схемы рис. 7

Усилитель со скрещёнными ОС



$$U_{-2} = \left\{ -\frac{U_1 \cdot OY3_k \cdot OY2_k \cdot R2 \cdot OY1_k \cdot (R4 + R3)}{R1 \cdot OY2_k \cdot OY1_k \cdot (R4 + R3) + (R2 + R1) \cdot (OY2_k \cdot OY3_k \cdot R3 + R4 + R3)} \right\}$$

Рис. 9. Схема со скрещёнными ОС и её ФПсм

На рис. 9 показана схема со скрещёнными ОС и её ФПсм. Простые преобразования дают наглядное представление о взаимодействии двух петель ОС.

$$\begin{aligned} OY1_k &= \mu_1 & OY2_k &= \mu_2 & OY3_k &= \mu_3 & \frac{R1}{R2 + R1} &= \beta_{12} & \frac{R3}{R3 + R4} &= \beta_{23} \\ \frac{U_{-2}}{U_1} &= - \frac{k_1 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \beta_{12} + \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \beta_{23} + 1} \end{aligned}$$

Как в схеме рис. 7 знаменатель можно представить в виде произведения ОС.

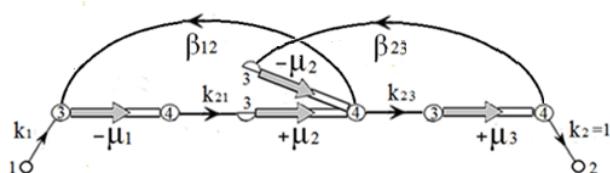


Рис. 10. Граф схемы рис. 9

Из рассмотренных примеров видно, что по (1) глубина ОС определяется лишь при одной её петле в схеме. Наличие нескольких петель ОС дискриминант показывает в виде произведений глубин ОС. Они могут быть независимыми либо взаимосвязанными.

Из рассмотренных примеров видно, что по (1) глубина ОС определяется лишь при одной её петле в схеме. Наличие нескольких петель ОС дискриминант показывает в виде произведений глубин ОС. Они

Список используемых источников

- Боде Г. Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью. М., ИЛ, 1948. 641 с.

УДК 621.3

СИМВОЛЬНЫЙ МЕТОД В УСИЛИТЕЛЬНЫХ ЗВЕНЬЯХ С ПОВОРОТОМ ФАЗЫ

А. Г. Алексеев, В. А. Юрова

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

Программа *FASTMEAN* отличается замечательным свойством, она позволяет использовать символный метод. Его применение, однако, затрудняется тем, что все фундаментальные активные четырёхполюсники выполнены неизменными блоками, малопригодными для моделирования единичных транзисторов или их комбинаций. Показаны способы защиты от ошибок в аналитических выражениях.

активный четырёхполюсник, зависимый источник, вид ОС, фазовый сдвиг, полупроводниковые транзисторы.

В программе *Fastmean* [1] предусмотрена возможность работы с любым активным четырёхполюсником в их структурном представлении. Графическое изображение каждого из них приведено на рис. 1.

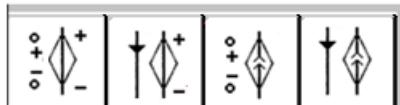


Рис. 1. Основные структуры активных четырёхполюсников

Здесь показаны слева направо ИНУН, ИНУТ, ИТУН, ИТУТ. Согласно знакам и стрелкам, изображённым на рис. 1, все эти четырёхполюсники действуют без поворота фазы сигнала. В этом легко убедиться, построив простейшую схему усилительного устройства на любом из них. В качестве примера показана схема усилителя на ИНУН (рис. 2). Сохранение фазы сигнала подтверждается результатом символического анализа, а также переходными и частотными характеристиками усилителя (рис. 3). Аналогичный результат получим с другими показанными на рис. 1 четырёхполюсниками.

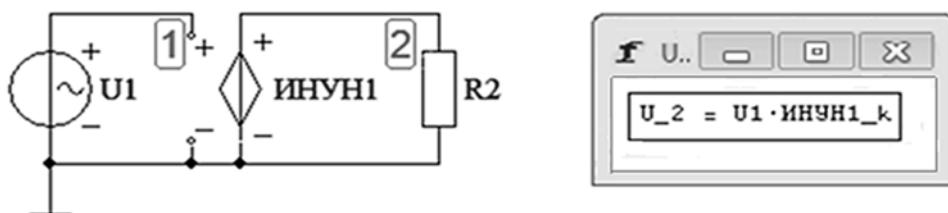


Рис. 2. Простейший усилитель без поворота фазы сигнала

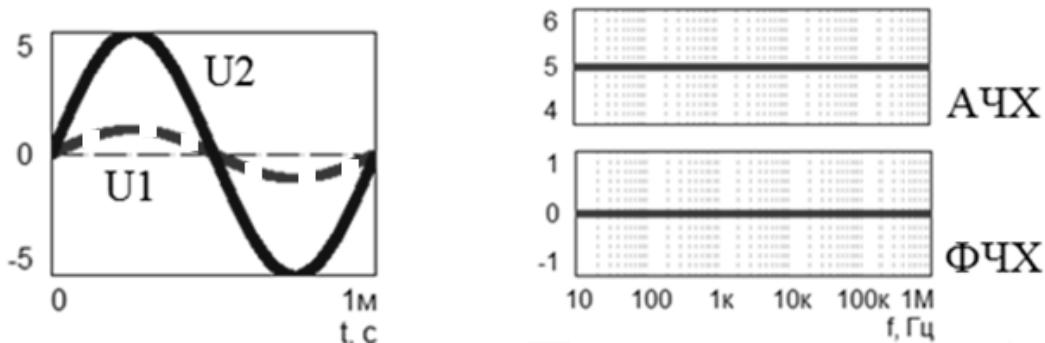


Рис. 3. Характеристики усилителя рис. 2

В активных четырёхполюсниках рис. 1 можно применять обратную связь (ОС) только если она разного вида по входу и выходу, например, последовательная на входе и параллельная на выходе. Для этого необходимо, чтобы активный четырёхполюсник представлял собой некоторую микросхему или усилитель содержащий внутри структуры более одного усилительного каскада. Такого вида усилитель иллюстрирует рис. 4. Напряжение ОС поступает на узел 3. В узле 1 и узле 3 по отношению к общему проводу (земле) полярность напряжений одинакова. В итоге на входе активного четырёхполюсника напряжение сигнала становится меньше, что является признаком отрицательной ОС. Аналитическое выражение, полученное символьным методом, приведено в верхней рамке рис. 4.

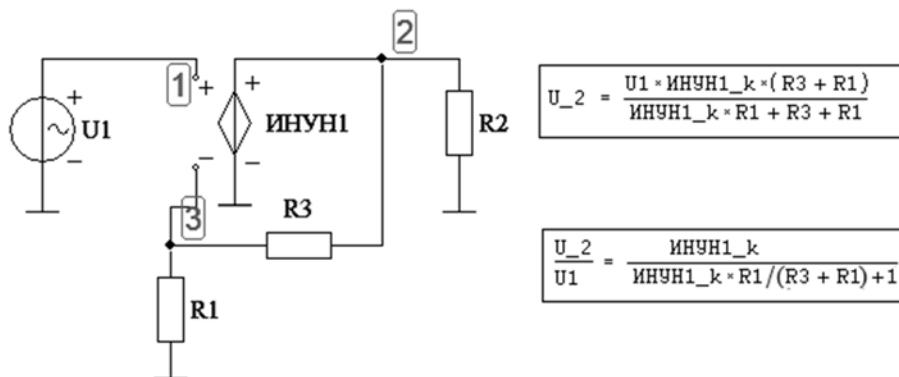


Рис. 4. Структура первого усилителя с ОС, реализованная на лампах

После деления на $(R3 + R1)$ это выражение принимает наглядный вид: в числителе коэффициент усиления активного четырёхполюсника, в знаменателе – глубина ОС.

Используя два усилительных каскада с поворотом фазы сигнала (ОЭ или ОИ) можно получить структуры без поворота фазы, как показано на рис. 5.

Как же в программе Fastmean получить инвертирующий зависимый источник.

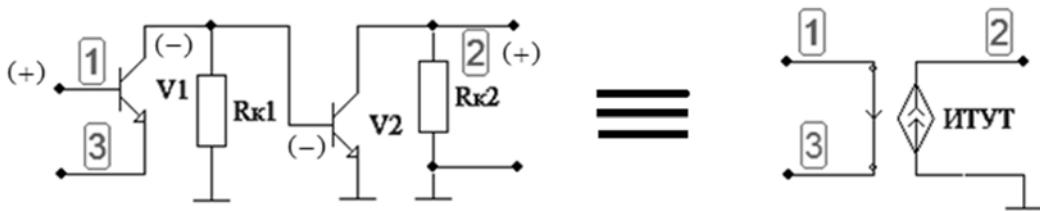


Рис. 5. Преобразование структуры усилителя

Введение знака минус перед коэффициентом передачи зависимого источника кажется наиболее простым решением.

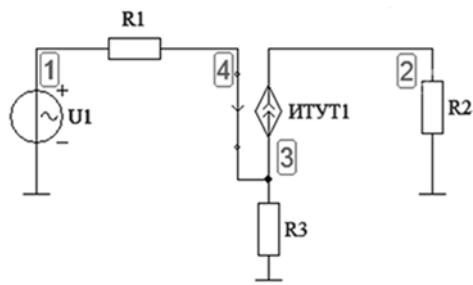


Рис. 6. Структура усилителя с одноименной по входу и выходу ОС

Рассмотрим схему рис. 6, представляющую аналог каскада с ОЭ. При разных знаках усиленного h -параметра компьютер даёт два совершенно одинаковых ответа (рис. 7). Минус в знаменателе предупреждает о возможности положительной ОС и это требует дополнительной информации. Только при h -параметре со знаком минус в знаменателе может быть модуль глубины ОС $F > 1$, что соответствует отрицательной ОС. Метод

с заменой знака в эквивалентной схеме очень удобен только в хорошо известных конструкциях. В незнакомых схемах и непростых он требует большого внимания и заращ времени.

$U_1 = 1$ $ИТУТ1_h = 100$ $R1 = 1000$ $R2 = 10000$ $R3 = 100$ $U_{-2} = \frac{U_1 \cdot R2 \cdot ИТУТ1_h}{R1 + R3 - ИТУТ1_h \cdot R3}$	0^0
$U_1 = 1$ $ИТУТ1_h = -100$ $R1 = 1000$ $R2 = 10000$ $R3 = 100$ $U_{-2} = \frac{U_1 \cdot R2 \cdot ИТУТ1_h}{R1 + R3 - ИТУТ1_h \cdot R3}$	180^0

Рис. 7. Результаты компьютерной обработки при разных знаках параметров

Метод инверсии выводов активного четырёхполюсника можно применять как по выходу так и по входу используемого активного четырёхполюсника. Примеры инверсии по выходу для двух четырёхполюсников показаны на рис. 8. Это преобразование подобно изменению знака передачи. Оно позволяет получить на выходе четырёхполюсника иное направление выходного тока (или полярности выходного напряжения).

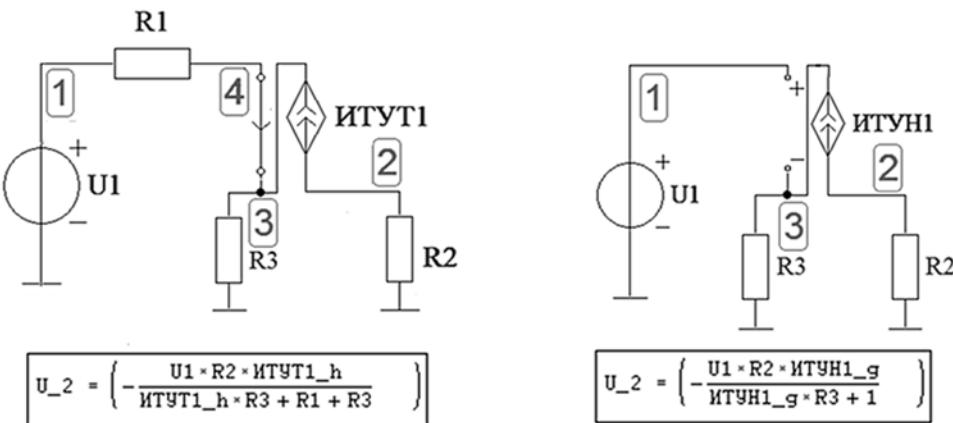


Рис. 8. Инверсия на выходе зависимого источника в ИТУТ и ИТУН

По сути это «переворот» зависимого источника, который не позволяет выполнить программу. Приходится подключаться другими (противоположными) выводами источников к внешним элементам. Знак минус в компьютерных формулах подтверждает инверсный характер применённых здесь ИТУТ и ИТУН.

Примеры *инверсии по входу* приведены на рис. 9. На этих схемах противоположными выводами к внешним элементам подключаются входные цепи активных четырёхполюсников. Вполне естественно полное совпадение результатов компьютерного анализа. В обоих случаях пропадает необходимость особого внимания к знаменателям.

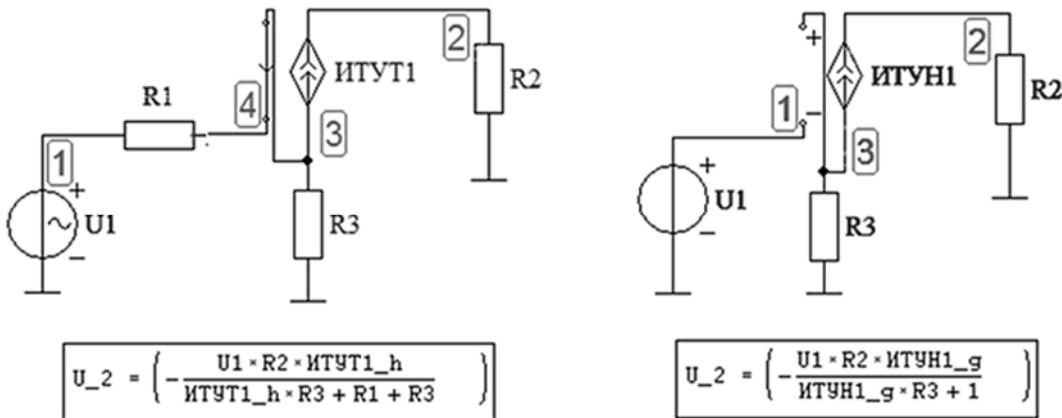


Рис. 9. Инверсия на входе активного четырёхполюсника в ИТУТ и ИТУН

Общим недостатком инверсного метода является лишь неудобное графическое представление схем, поскольку нет возможности изменить вид объектов (рис. 1) или хотя бы увеличить занимаемую каждым из них площадь. Выбор способа инверсии фазы в активном четырёхполюснике полностью определяется пользователем в зависимости от того, какой недостаток в конкретном случае требует большего внимания.

Рассмотренные здесь примеры расчётов, а также любые другие, должны давать одинаковые результаты. По графу Траксела [2], в котором также можно эффективно использовать символьный метод, получим аналогичные выражения для глубины ОС. В схемах рис. 9 на ИТУТ показан эквивалент усилительного каскада на биполярном транзиторе, а на ИТУН изображён эквивалент усилительного каскада на полевом транзиторе. В них используется последовательная по входу и по выходу ОС. Глубина ОС в биполярном каскаде $F = 1 + h_{21} \cdot R_E / (h_{11} + R_E)$, глубина ОС в полевом каскаде $F = 1 + S \cdot R_i$. Использованы общепринятые обозначения.

Список используемых источников

1. <http://www.fastmean.ru/>
2. Алексеев А. Г. Климова П. В., Юрова В. А. Схемотехника телекоммуникационных устройств. Обеспечение устойчивости операционных усилителей: учебное пособие. СПб.: изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2014. 56 с.

УДК 621.324.8

ПРИНЦИП ИНВАРИАНТНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ОПТИЧЕСКИМ ТРАКТОМ ВЫДЕЛЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

В. В. Артемьев¹, В. С. Васильева², Ю. А. Гатчин², Р. Е. Канаев¹

¹ Инженерный центр «Технокон», г. Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики

Рассмотрена схема реализации оптико-электронного измерителя скорости оптически неоднородных поверхностей с инвариантными характеристиками помехоустойчивости. Отличительной особенностью рассматриваемого подхода является использование двухканального метода анализа изображения с применением двухполосного фильтра пространственных частот.

измеритель скорости, оптически неоднородные поверхности, помехоустойчивость, инвариантные характеристики.

Оптико-электронные устройства, предназначенные для выделения первичной информации при измерении скорости перемещения отраженных

объектов, таких как бумажное полотно в процессе его отлива на сеточном столе бумагоделательной машины, поток руды на транспортерной ленте, поверхность земли при ее фотографировании с борта летательного аппарата и т. п., нуждается в специально подходе при выборе схемы построения оптического тракта приема и электронного тракта преобразования сигналов.

Реальные поверхности имеют различные коэффициенты отражения и поглощения световой энергии и разные размеры неоднородностей, которые характеризуются средним радиусом корреляции [1]. Поэтому электрические сигналы на выходе фотоприемного устройства будут иметь весьма сложный характер.

Физическую модель процесса преобразования информации в такой системе можно представить образно, как показана на рис. 1. Если совместить изображение участка поверхности с периодическим растром в виде чередующихся прозрачных и непрозрачных полос равной ширины с периодом 2δ , и перемещать это изображение перпендикулярно полосам раstra со скоростью V_x , то на выходе одновременно каждая из неоднородностей создает световой сигнал, различного контраста и различных размеров, взаимное положение которых случайно и независимо [2].

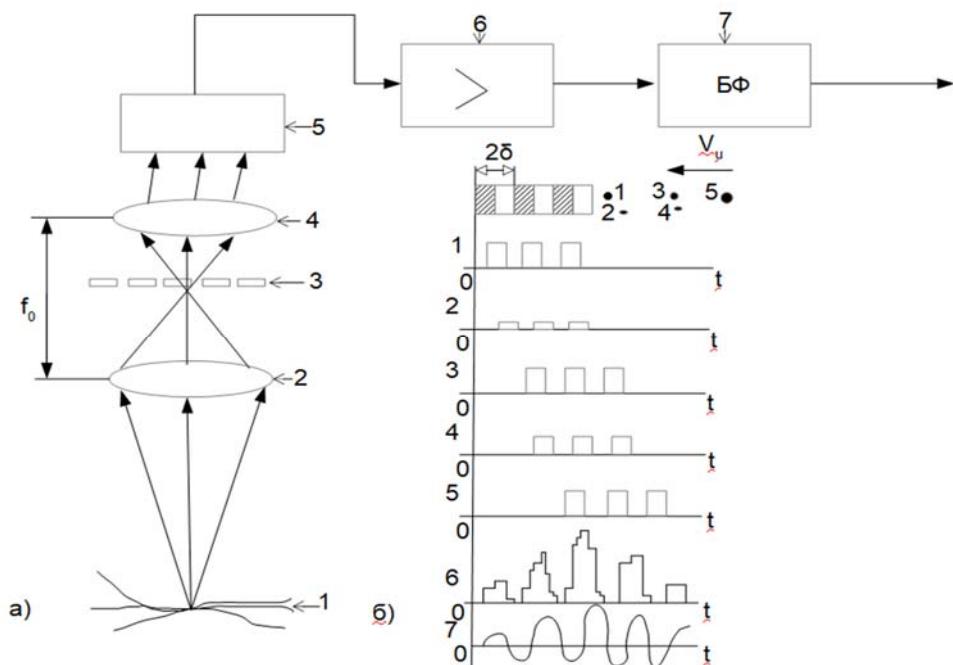


Рис. 1. Модель процесса преобразования информации

Полный световой сигнал за плоскостью периодической решетки будет представлять собой сумму световых сигналов от каждой отдельной неоднородности с одинаковой частотой модуляции и числом периодов, но с начальной фазой распределенной по случайному закону.

Средняя частота модуляции результирующего светового сигнала равна частоте модуляции отдельных слагаемых. Суммарным световым потоком, попадающим на фотоприемник, формируется электрический сигнал на нагрузке фотоприемника, имеющий полезную составляющую, определяемую по формуле:

$$f = \frac{V_u}{2\delta} \sin \alpha,$$

где V_u – скорость движения изображения неоднородности в плоскости решетки; 2δ – период растра; α – угол между вектором скорости и направлением полос раста.

Соотношение сигнал/шум на выходе фотоприемника будет зависеть не только от уровня освещенности наблюдаемого участка поверхности, но и от согласования размеров поля зрения объектива, пространственного периода растра, радиуса пятна рассеяния объектива со средним радиусом корреляции неоднородностей [3].

К сожалению, при согласовании всех этих параметров возникают противоречия, разрешить которые с использованием только консервативных методов не удается. Это в значительной степени ограничивает возможности данного способа при реализации высокоточных измерительных устройств.

Одним из наиболее распространенных методов построения высокочастотных измерительных устройств является метод инвариантности [4], в основу которого положен принцип многоканальности, что предполагает наличие нескольких каналов приема и преобразования сигналов, построенных таким образом, чтобы суммирование сигналов проводило к компенсации помех. При этом информационные признаки сигналов не подвергаются изменениям. Однако наличие случайных помех хотя бы в одном из каналов может привести к разрушению информационных признаков сигнала.

Реализацию принципа инвариантности к случайным помехам, возникающим в тракте приема сигналов, следует искать в классе систем с инвариантными характеристиками помехоустойчивости, для реализации которых достаточно лишь минимальная информация о характеристиках сигнала и помех. В ряде случаев такая информация вообще не нужна [5].

Такой подход к построению тракта приема и преобразования сигналов в оптико-электронных устройствах для измерителей скорости случайных яркостных полей (оптически неоднородных поверхностей) можно назвать принципом адаптивной инвариантности.

На рис. 2 представлена функциональная схема двухканального оптико-электронного измерителя скорости оптически неоднородных поверхностей [6]. В основу этой схемы положен принцип инвариантности, который реализуется на основе использования двух каналов анализа изображения.

Анализатор изображения такого измерителя выполнен в виде вращающегося периодического растра зон в два раза. Периодический растр 3 приводится во вращения двигателем 4.

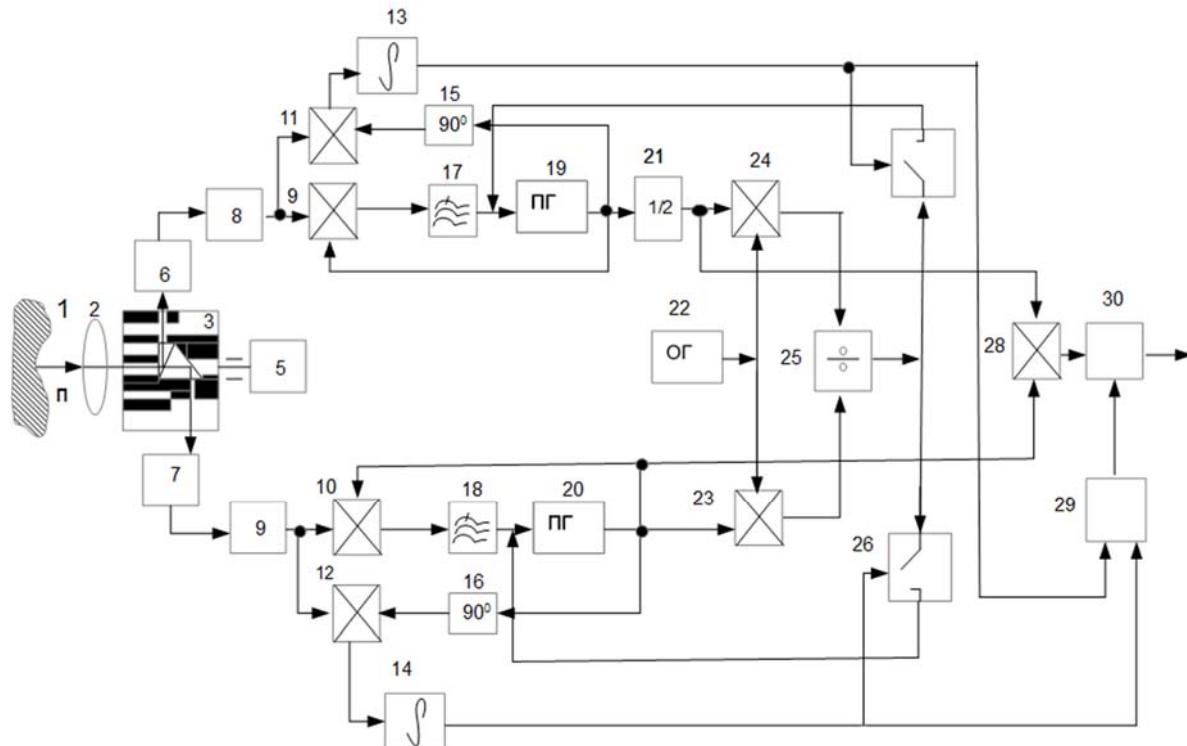


Рис. 2. Функциональная схема двухканального оптико-электронного измерителя скорости оптических неоднородных поверхностей

Изображение поверхности П с помощью объектива 1 и светоделительного блока 2 формируется на диаметрально противоположных сторонах расстра. Модулированный световой поток поступает на фотоприемники 5 и 6, затем на усилители 7 и 8, снабженные полосовыми фильтрами. Электрические сигналы на выходе полосовых фильтров, полученные на экспериментальном макете представлены на рис. 3.

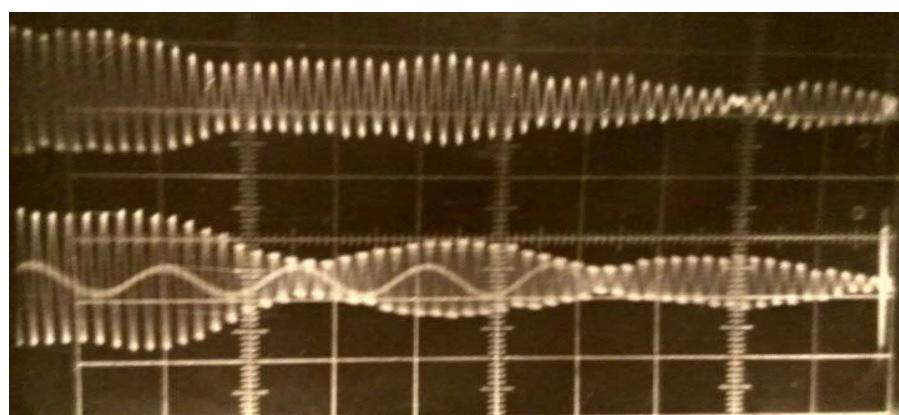


Рис. 3. Электрические сигналы, полученные на экспериментальном стенде

Характерной особенностью этих сигналов является то, что их амплитуды подвержены резким колебаниям вплоть до полного исчезновения. Это связано с колебаниями соотношения между размером изображения неоднородности поверхности и шагом раstra с изменением освещенности поверхности и изменениям контраста неоднородности. Однако эти модулированные сигналы жестко синхронизированы по фазе относительно друг друга, что позволяет использовать их для компенсации начального изменения фазы в каждом из каналов электронного тракта обработки сигналов. После усиления и фильтрации электрические сигналы поступают в электронный тракт обработки сигналов, в состав которого входят перемножители 9, 10, 11 и 12; интеграторы 13 и 14; фазовращающие цепочки 15 и 16; фильтры нижних частот 17 и 18; перестраиваемые генераторы 19 и 20; делитель на 2 частоты сигнала 21; опорный генератор 22; перемножители 23 и 24; устройство сравнения 25; переключающие устройства 26 и 27; устройство перемножения сигналов (вычитания частот) 28; блоки 29 и 30, обеспечивающие передачу информации в цепь управления, если сигнал присутствует хотя бы в одном из каналов.

Рассмотрим характер изменения частот сигналов в каждом из каналов. При неподвижном изображении в плоскости раstra частота электрических сигналов на выходах приемников излучения определяется выражениями:

$$f_{01} = \frac{V_p}{2\delta},$$

$$f_{02} = \frac{V_p}{4\delta},$$

где V_p – линейная скорость движения участка раstra; 2δ – пространственный период раstra первой дорожки; 4δ – пространственный период второй дорожки.

При движении изображения в плоскости раstra со скоростью V_u центральная частота электрических сигналов на выходе каждого из приемников излучения смещается на величину:

$$\Delta f_1 = \frac{V_u}{2\delta},$$

$$\Delta f_2 = \frac{V_u}{4\delta},$$

Тогда частоты электрических сигналов, формируемых на выходах приемников излучения каждого из каналов, будут изменяться в зависимости от направления движения:

$$f_1 = f_{01} \pm \Delta f_1, \quad (1)$$

$$f_2 = f_{02} \pm \Delta f_2, \quad (2)$$

Подставим f_{01} , f_{02} , Δf_1 , Δf_2 в выражение (1) и (2) и получим:

$$f_1 = \frac{V_p + Vu}{2\delta},$$

$$f_2 = \frac{V_p - Vu}{4\delta},$$

Анализ полученных выражений показывает, что частоты f_1 и f_2 определяются пространственным периодом 2δ и 4δ . Для удобства обработки сигналов в электронном тракте обработки сигналов введено устройство деления частоты на 2 (обозначено на рис. 2 цифрой 21)

$$\frac{f_1}{2} = \frac{V_p + Vu}{4\delta}.$$

Таким образом

$$\frac{f_1}{2} - f_2 = \frac{V_p + Vu}{4\delta} - \frac{V_p - Vu}{4\delta} = \frac{2Vu}{4\delta}.$$

За счет этого удается исключить скорость движения периодического растра.

Блоки 9, 11 и 13 в одном канале и устройства 10, 12, 14 в другом осуществляют операцию обнаружения случаев пропадания сигналов на выходе фотоприемников 5, 6 соответственно. При обнаружении одновременного пропадания сигналов поступления сигналов в цепь индикации после блока 28 перекрывается устройством 31, при пропадании сигналов в одном из каналов блоки 25 или 26 по результатам сравнения информации блоком 24, направляют сигнал в цепь управления частотой перестраиваемого генератора 18 или 19. В таком случае, при замирании сигнала в одном из каналов на выходе блока 27 мы имеем достоверную информацию о скорости движения изображения.

Наличие двух каналов пространственно-частотной фильтрации сигналов в оптическом тракте обработки сигналов с разными параметрами периодического растра позволяет расширить возможности для согласования размеров поля зрения оптической системы, радиуса пятна рассеяния со средним радиусом корреляции оптических неоднородностей, и уменьшить вероятность одновременного замирания сигналов на выходе фотоприемников.

Начальная фаза гармоник сигналов каждого из каналов в такой схеме изменяются одновременно, поэтому при совместной обработке сигналов блоком 28 эти изменения компенсируются, поэтому появляется возможность обеспечить более высокие точности измерения на малых скоростях движения изображения поверхности.

Выбранная нами процедура обработки сигналов позволяет осуществить адаптивную коррекцию сигналов и исключить влияние замирания сигналов в одном из каналов на выходные параметры измерительного устройства,

за счет чего обеспечивается инвариантность к помехам, возникающим в оптическом тракте формирования сигналов.

Список используемых источников

1. Левшин В. Л. Обработка информации в оптических системах пеленгации. М. : Машиностроение, 1978.
2. Соломатин В. А., Шилин В. А. Фазовые оптико-электронные преобразователи. М. : Машиностроение, 1986.
3. Порфириев Л. Ф. Теория оптико-электронных приборов и систем. Л. : Машиностроение, 1980.
4. Петров Б. Н. и др. Принцип инвариантности в измерительной технике. М. : Наука, 1976.
5. Артемьев В. В., Демин А. В., Панков Э. Д. Об одном способе повышения точности оптико-электронных угломерных устройств // Оптико-электронные системы и приборы. Межвузовский сборник. Новосибирск, 1980.
6. Артемьев В. В., Гусарова Н. Ф. Фотоэлектрические системы для стабилизации изображения: учеб. пособие. Л. : ЛИТМО, 1987. С. 62–64.
7. А.с. 1350499 // Бюл. Изобр. 1987. № 41.
8. А.с. 1262394 // Бюл. Изобр. 1986. № 37.
9. А.с. 1543347 // Бюл. Изобр. 1990. № 6.

УДК 621.396.67

АНАЛИЗ ПЛАНАРНЫХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОДНОЗАХОДНЫХ И ДВУХЗАХОДНЫХ СПИРАЛЬНЫХ АНТЕНН СВЧ

Р. Р. Ахметов, И. А. Булатова, Э. Ю. Седышев

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

Построение объемных интегральных схем СВЧ с использованием планарных спиральных антенн открывает новые возможности ввиду широкого диапазона частот и круговой поляризации. Широко используются в цифровых системах связи спиральные антенны, принцип работы этих антенн неизвестен и сегодня, поэтому многие исследователи заняты изучением этих структур. В работе исследованы однозаходная и двухзаходная планарные спиральные антенны. Полученные результаты свидетельствуют о том, что спиральная антenna фактически представляет собой нерегулярную излучающую линию и является антенной бегущей волны.

сверхширокополосные антенны, однозаходная и двухзаходная спираль, спиральные планарные излучатели, объемные интегральные схемы.

Современные тенденции развития радиотехники требуют от разработчиков СВЧ-устройств досконального понимания работы отдельных элементов и электродинамических структур. Многие структуры должны работать одновременно и на очень высоких частотах, и в широком диапазоне частот. Необходимо также, чтобы разработанные устройства были просты и надежны.

Сpirальные антенны, как отдельный класс излучателей, обладает рядом уникальных характеристик. Ключевым преимуществом спиралей как излучателей является их широкополосность. Сpirальные планарные излучатели широкополосны, имеют круговую поляризацию и активное входное сопротивление в широчайшем диапазоне частот. К другим преимуществам по сравнению с другими планарными излучателями можно отнести их прекрасную интеграцию в ОИС СВЧ [1, 2]. Также отметим, что круговая поляризация сохраняется в случае однозаходной или односторонней двухзаходной спирали [3].

Планарные спирали могут быть арифметическими, логопериодическими и т. д. (реализуется множество вариаций в зависимости от закона развертывания спирали). Таким образом, возможно создать частотно-зависимые, частотно-независимые и квазичастотно-независимые спиральные антенны.

На примере логопериодической планарной спирали доказано, что цельнометаллическую спиральную структуру можно заменить проволочным эквивалентом, при этом характеристики антенны не меняются. При этом была создана эффективная так называемая контурная СШП спиральная антенна СВЧ [4, 5].

Попытаемся понять природу и принцип работы планарных спиральных излучателей, варьируя некоторые параметры структур. Исторически известна двухзаходная спираль, а в последние годы стала встречаться и однозаходная спиральная антенна. Рассмотрим отличие этих двух структур, с точки зрения импеданса и необходимой земли в случае однозаходной структуры.

Однозаходная и двухзаходная арифметические планарные спирали имеют отличные друг от друга характеристики, исследуем их посредством изменения (вводом дополнительного (второго)) плеча спирали и изменения точки питания. Исследования проведем с помощью компьютерного моделирования, используя ядро NEC-2, которое относится к свободному программному обеспечению.

В программе электродинамического моделирования были проанализированы предлагаемые арифметические плоские двухзаходная и однозаходная спирали, рассчитанные на рабочий диапазон 3–5 ГГц (рис. 1). Коэффициент разворотывания спирали был выбран равным 0.001. Необходимо заметить, что оптимальный коэффициент разворотывания спирали, вероятно,

не является константой, а переменной величиной; функция зависимости коэффициента от рабочей частоты является предметом дальнейших исследований.

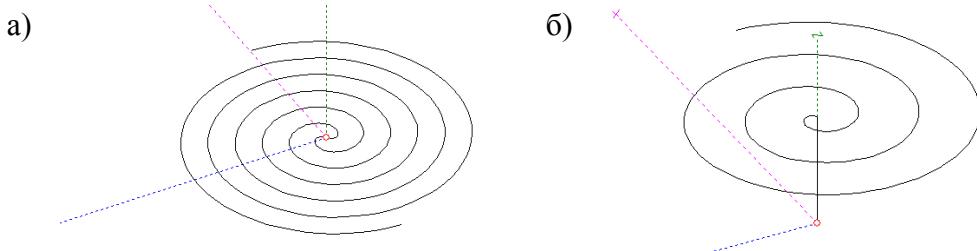


Рис. 1. Планарные двухзаходная (а) и однозаходная (б) спиральные антенны

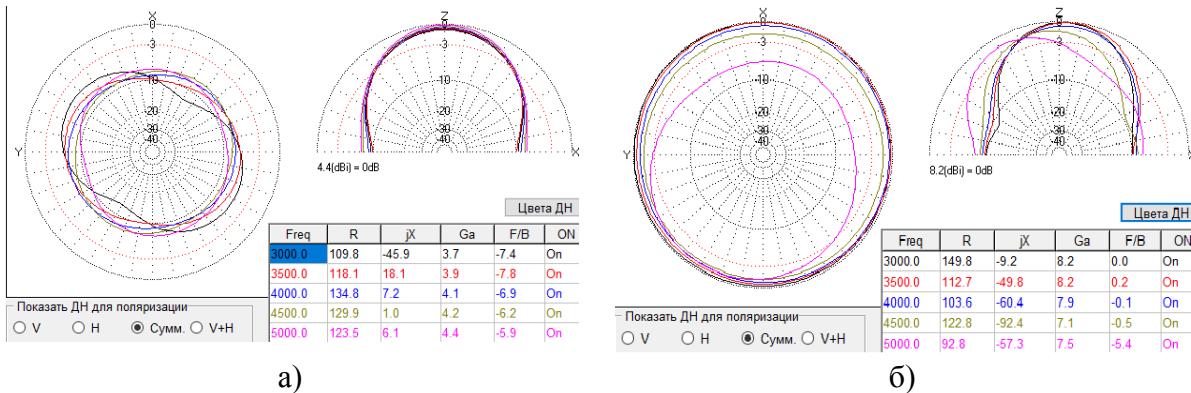


Рис. 2. Сравнение диаграмм направленности двухзаходной (а) и однозаходной (б) спиральных антенн

Диаграммы направленности данных антенн (рис. 2) практически совпадают. Из этого можно сделать вывод, что, изменяя геометрию однозаходной арифметической спирали, длину питающего провода, возможно, добиться схожей диаграммы направленности с двухзаходной спиралью, что фактически делает их идентичными.

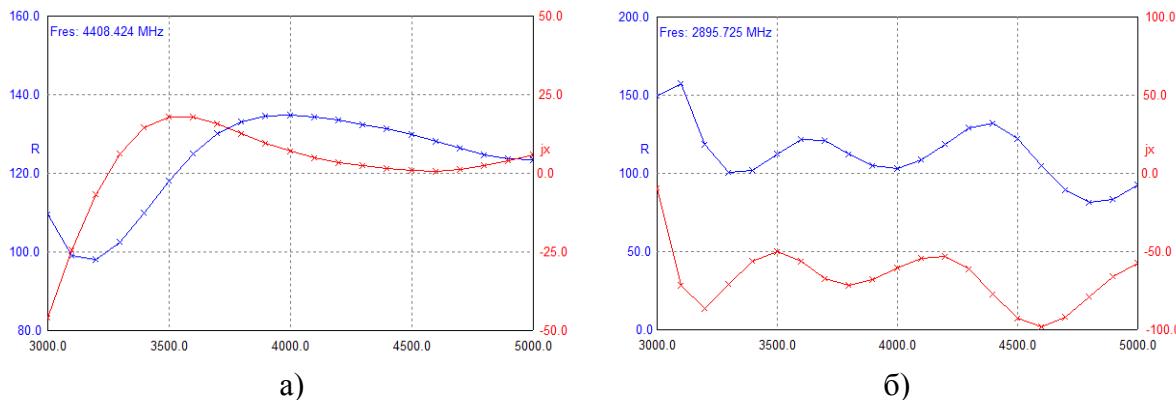


Рис. 3. Сравнение импедансов двухзаходной (а) и однозаходной (б) спиральных антенн

Очень близки и импедансы однозаходной и двухзаходной спиральной антенн (рис. 3), что говорит о том, что роль второй ветви берет на себя «земля». Теперь изменяем точку питания антенны, получаем следующую характеристику импеданса структуры (рис. 4).

Из графика (рис. 4) видно, что смена точки питания приводит к полному изменению характеристики импеданса однозаходной спирали. Можно предположить, что в случае двухзаходной спирали аналогичное изменение может быть получено простым смещением источника вправо или влево от центра.

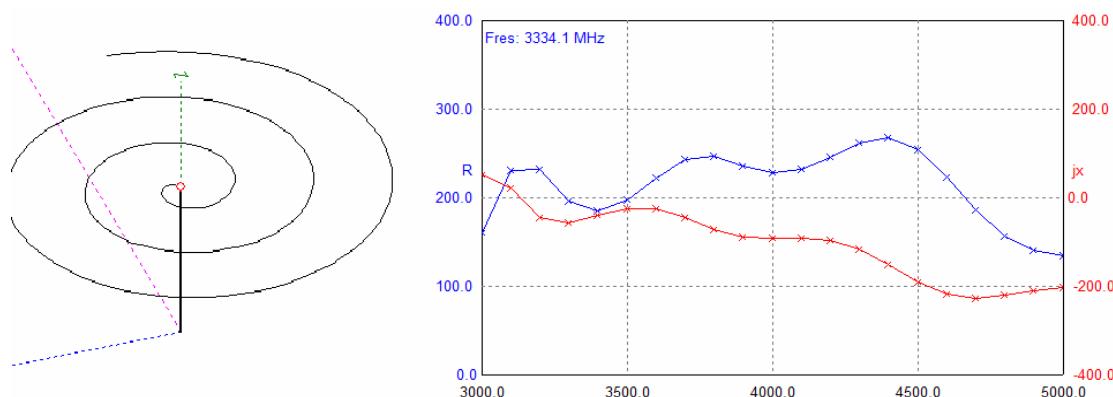


Рис. 4. Импеданс однозаходной спиральной антенны со смещённой точкой питания

А размещение источника питания однозаходной спирали в центре питающего провода к земле дает характеристику очень похожую на обычную двухзаходную спираль (рис. 5).

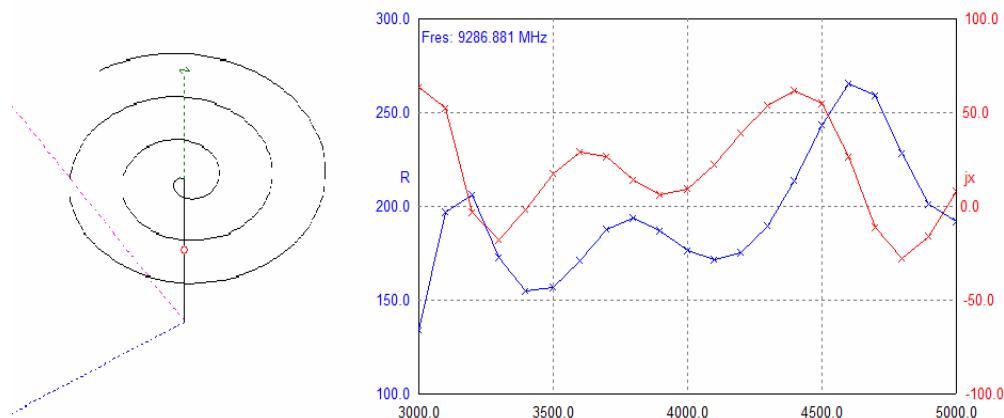


Рис. 5. Импеданс однозаходной спиральной антенны
с источником питания в центре питающего провода

Выводом этого компьютерного моделирования является то, что точка питания полностью определяет импеданс антенны, и мы можем провести

полную аналогию с антенной Беверджа, которая в нижней части радиодиапазона представляет собой антенну бегущей волны, и её характеристики также определяются точкой включения источника.

Сразу же оговоримся, что нашей целью было не создание аналогичных однозаходной и двухзаходной спиральных антенн, а понимание влияния той или иной части структуры на излучение и импеданс.

Выводом работы является то, что однозаходная спиральная антenna (с «землей») полностью идентична двухзаходной спиральной антенне и по диаграмме излучения, и по импедансу. Понятно, что «земля» выполняет роль «зеркала» для однозаходной спирали, поэтому работает здесь также две ветки, только одна мнимая. При создании идентичной двухзаходной спирали из однозаходной структуры всего лишь потребовалось переместить источник питания.

Рассмотрим, как меняется входной импеданс однозаходной модели спирали с источником, расположенным в центре провода, при изменении расстояния до экрана («земли»): 1 см, 2 см, 0,5 см (рис. 6).

Из графиков (рис. 6) видно, что при увеличении расстояния до экрана до 2 см импеданс приобретает резонансный характер в основном частотном диапазоне. Эта тенденция сохраняется при дальнейшем увеличении расстояния, при этом резонанс смещается по частоте. При расстоянии до экрана 1 см, резонанс также имеет место, но носит менее выраженный характер. При уменьшении расстояния до 0,5 см характеристики приобретают более погодий вид, но добавляются осцилляции в нижнем диапазоне частот. Требуется подбор расстояния до экрана для достижения оптимальной характеристики в требуемом диапазоне частот.

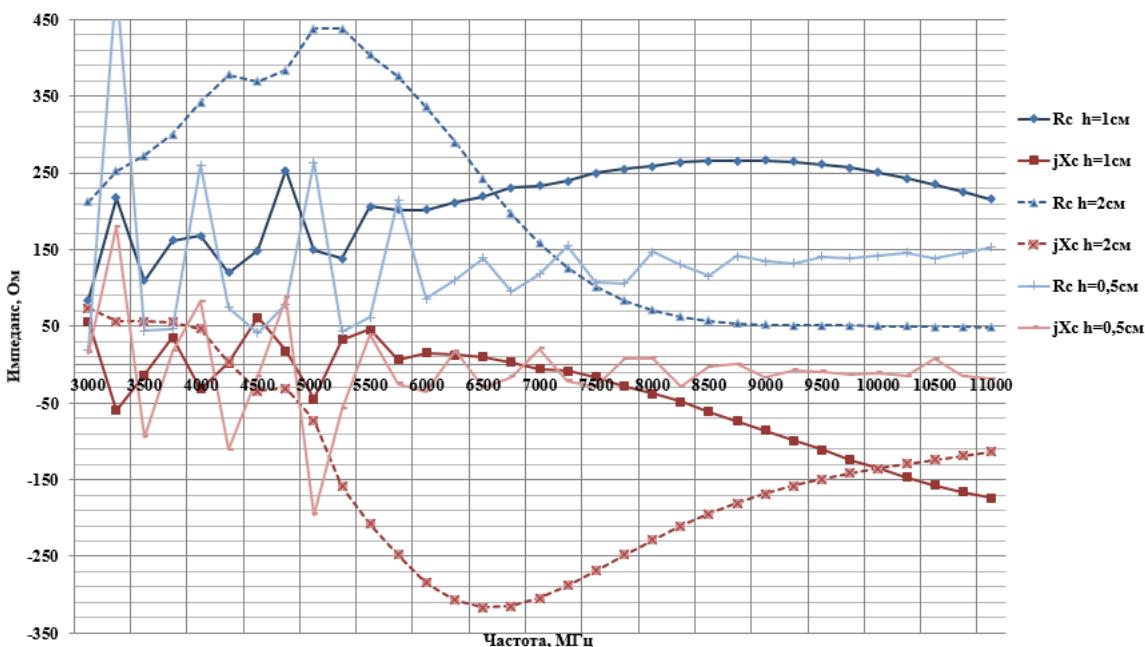


Рис. 6. Зависимость входного импеданса от частоты для разных расстояний до экрана

Таким образом, на импеданс оказывают влияние и расположение источника, и расстояние до экрана (зеркальной плоскости отображения), что в переводе на двухзаходную спираль говорит об определяющем влиянии расстояния между точками питания и расположения точек питания относительно центра антенны на входной импеданс спиральной линии.

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. : изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2013.
2. Ахметов Р. Р., Седышев Э. Ю. Спиральные планарные излучатели // Студенческая весна–2016. Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, 19–20 мая 2016 года: материалы. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 415–419.
3. Артёмова Т. К., Фомичёв Н. И. Антенны: учеб. пособие. Ярославль: изд-во Ярос. гос. ун-та, 2007.
4. 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.
5. Ахметов Р. Р. Исследование планарной спиральной антенны: ВКР бакалавра: 05.12.07. Санкт-Петербург, 2017. 61 с.
6. Рамзей В. Частотно-независимые антенны: пер. с англ. / Под редакцией А. Ф. Чаплина. М. : Мир, 1968. 172 с.

УДК 621.372.413

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОГО РЕЗОНАТОРА НА ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

Е. И. Бочаров, К. А. Ракова, Э. Ю. Седышев

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

Статья посвящена исследованию кольцевого цилиндрического резонатора на полосовой линии. Этот тип резонатора открывает новые перспективы для синтеза микроволновых интегральных схем. Целью работы было изучение структуры поля в резонаторе, расчет его распределенных элементов, оценка математической частоты центральной частоты и разработка способов ее включения.

кольцевые резонаторы, полосовая линия, резонанс, объемные интегральные схемы СВЧ.

Последние десятилетия одним из авангардных направлений радиоэлектроники является микроволновая интегральная схемотехника. Интегральные схемы СВЧ (ИС СВЧ) представляют собой устройства микроэлектроники [1], которые выполняют ту или иную функцию по преобразованию входного сигнала в диапазоне от 30 МГц до 300 ГГц. Интерес к данной отрасли обусловлен еще и тем, что большая часть современной электроники не обходится без СВЧ элементов. Широкое применение СВЧ элементы находят и в простой микроволновой печи, и в высокотехнологичных устройствах военной техники, связи и медицины.

Одним из важнейших функциональных элементов ИС СВЧ является резонатор. Существует множество резонаторов разных форм и размеров, многие из них широко используются [1], а некоторые представляют особый интерес ввиду очень низкой степени изученности. Данная работа исследует кольцевой цилиндрический резонатор на полосковой линии, который должен иметь хорошие технические характеристики, ввиду наличия резонанса бегущей волны.

Кольцевой резонатор не имеет ничего общего с цилиндрическим резонатором, хотя и похож чисто внешне на цилиндр. Токи и напряжения в нашем случае располагаются между поверхностью цилиндра (она играет роль «земли») и полосковой линией. Конструктивно резонатор представляет собой свернутый в кольцо (или эллипс) отрезок полосковой линии.

Кольцевой резонатор типа «вложенный цилиндр» выбран нами не случайно. Даже при всем многообразии элементов, используемых для проектирования интегральных схем (ИС), гибридных интегральных схем (ГИС) и объемных интегральных схем (ОИС), порой их бывает недостаточно для того чтобы перекрыть конструктивные и технологические требования синтеза конкретного устройства. Из чего можно сделать вывод, что появление нового элемента, такого как кольцевой резонатор на полосковой линии открывает новые возможности, и позволит решить ряд задач микроволновой техники.

Конструкция резонатора может быть любой эллиптической формы, но в данной работе рассматривается кольцевой резонатор, который также может быть представлен в нескольких вариантах (рис. 1–3).

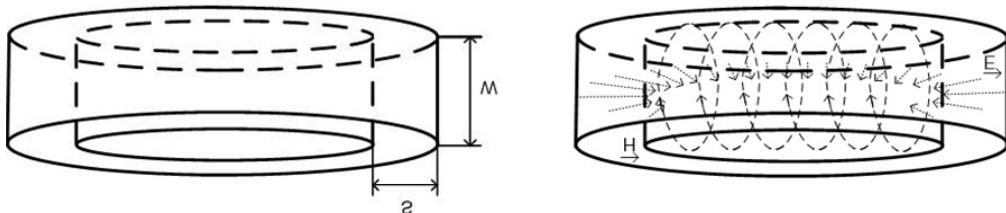


Рис. 1. Кольцевой резонатор с одинаковой высотой внутреннего и внешнего цилиндра

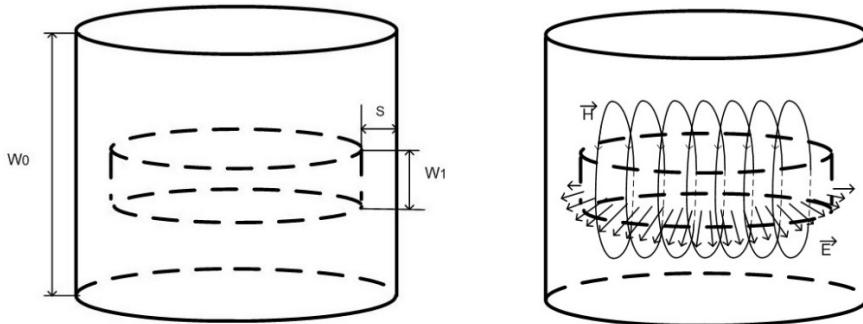


Рис. 2. Кольцевой резонатор с «внутренним кольцом» меньшей высоты

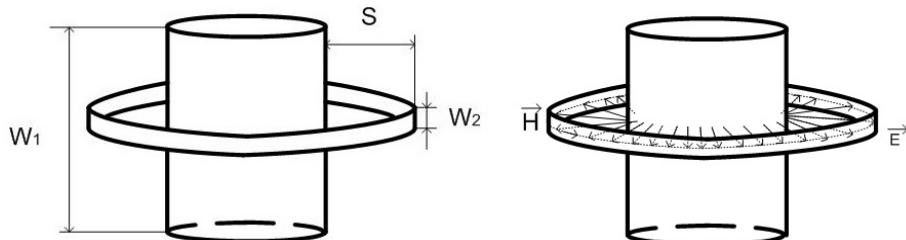


Рис. 3. Кольцевой резонатор с «внешним кольцом» меньшей высоты

Из предложенных выше конструкции наибольший интерес представляет конструкция с «внешним кольцом» меньшей высоты (рис. 3). Выбор именно этого типа обусловлен простотой расчета и очевидностью синтеза устройств на данном типе резонаторов. В качестве диэлектрика возьмем технический картон с $\xi = 2,4$, который будет использоваться в качестве подложки кольцевого резонатора (цилиндр) и изоляционной структуры, располагающейся между центральным (земляным) цилиндром и его «внешним кольцом». Для создания «земли» было отдано предпочтение алюминиевой фольге. Выбор материалов обусловлен их доступностью. Рассчитаем параметры создаваемого макета, считая, что волновое сопротивление резонатора на данном этапе (макетирование) 50 Ом [2]:

- $D_1 = 3 \text{ см} = 30 \text{ мм}$ – диаметр центральной трубки.
- $W_1 = 6,5 \text{ см} = 65 \text{ мм}$ – высота центральной трубки.
- $S = 2 \text{ мм}$ – расстояние между центральной трубкой и внешним кольцом.
- $W_2 = 3 \text{ мм}$ – ширина внешнего кольца.

Длина «внешнего кольца» определяет резонансную частоту с учетом диэлектрической проницаемости технического картона. Рассмотрим первый резонанс бегущей волны ($n = 1$), тогда, зная, что длина кольца $l = 94,2 \text{ мм}$, получаем резонансную длину с учетом диэлектрика $l_d = 141,3 \text{ мм}$. То есть мы ожидаем резонанс на частоте 2,123 ГГц.

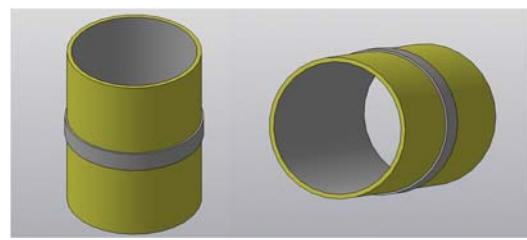


Рис. 4. 3D модель

Проведем для начала эксперимент с полосковой линией (рис. 5) и убедимся, что данная конструкция работает. Полосковая линия на цилиндрической поверхности дает равномерную АЧХ и полное отсутствие резонансных явлений.

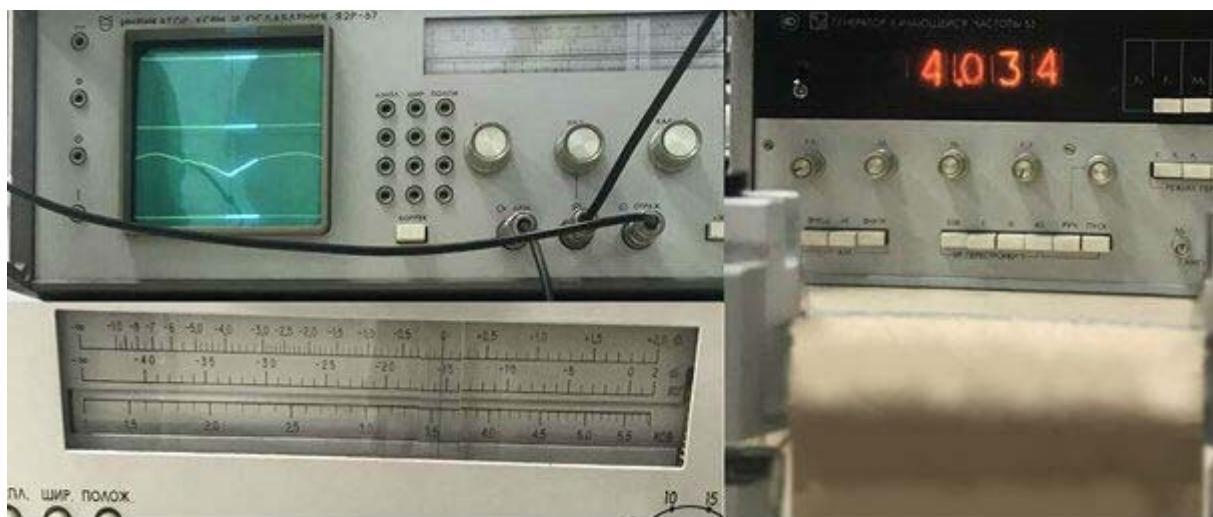


Рис. 5. Измерительный стенд в режиме калибровки, линия без резонатора

На рисунке 6 представлено исследование уже макета [3, 4] кольцевого полоскового резонатора в полосе частот 2...4 ГГц, из этой АЧХ видно, что резонанс есть на частотах 2, и 4 ГГц, в этом нет ничего удивительного, так как это кратные частоты. Из АЧХ также видно, что добротность резонанса на 2 ГГц выше, чем на 4 ГГц. Первый этап исследования можно считать успешным, и переходить ко второму – синтезу фильтров с использованием этих резонаторов (рис. 6).

Подводя итоги, еще раз обратим внимание на то, что предлагаемое устройство – работоспособно, хоть его характеристики и далеки от идеала, но имеет место резонанс с ожидаемой добротностью для картона и алюминия.

Список используемых источников

1. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука, 1985. 256 с.
2. Боброва К. В., Булатова И. А., Иванова Е. А., Седышев Э. Ю. Расчет модифицированных линий передач для объемных интегральных схем СВЧ. СПб. : Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2015. С. 161–170.



Рис. 6. АЧХ кольцевого резонатора с «внешним кольцом»

3. 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, 2017. С. 426–431.

4. Седышев Э. Ю. Масштабное макетирование объемных интегральных схем СВЧ диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция, 20–24 февр. 2012 г. : материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 379–382.

УДК 621.396. 67

УСТРОЙСТВО ЧАСТОТНОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ЩЕЛЕВЫХ РЕЗОНАТОРАХ

Е. И. Бочаров, А. Г. Сапоговская, Э. Ю. Седышев

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

Сегодня разработчики СВЧ устройств стремятся к созданию новых надежных и добрых частотно-селективных устройств, микроволновые устройства невозможны без таких функциональных элементов, как линии и резонаторы. Данная работа посвящена исследованию щелевого эллиптического резонатора и синтезу полосно-пропускающего фильтра с использованием ЩЭР.

СВЧ, частотно-селективное устройство, щелевой эллиптический резонатор, полосно-пропускающий фильтр.

Основным параметром любого фильтра является близость полос пропускания и заграждения (малость переходной области). По расположению этих полос фильтры разделяют на фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры верхних частот (ФВЧ), полосно-пропускающие или полосовые фильтры (ППФ), полосно-заграждающие (режекторные) фильтры (ПЗФ). На данный момент наиболее широко распространены и больше всего востребованы полосно-пропускающие фильтры. Именно поэтому данная работа посвящена разработке полосно-пропускающего фильтра, реализованного на кольцевых щелевых резонаторах.

В начале работы были поставлено техническое задание для расчета фильтра: граничные частоты полосы пропускания, волновое сопротивление. С помощью исходных данных и графиков крутизны был определен порядок фильтра и произведен расчет g -параметров. После того, как определён по-

рядок фильтра n , схема его прототипа и значения элементов схемы прототипа преобразуются в схему ППФ (рис. 1). При преобразовании все ёмкости в НЧ прототипе превращаются в параллельные контуры, а все индуктивности – в последовательные контура.

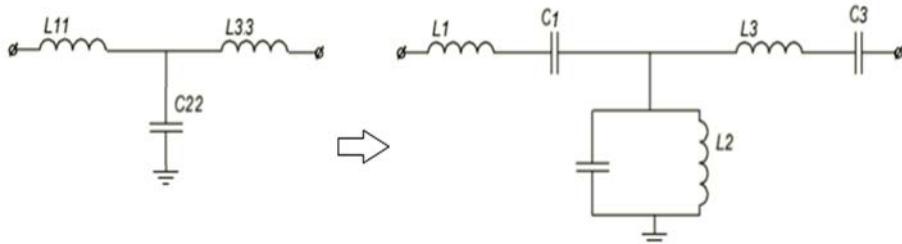


Рис. 1. Преобразование схемы НЧ прототипа в схему ППФ

Далее было произведено ренормирование полученных величин с помощью метода, описанного в [1]. После расчета элементов ППФ была проведена проверка полученных параметров в программе RFsimm.

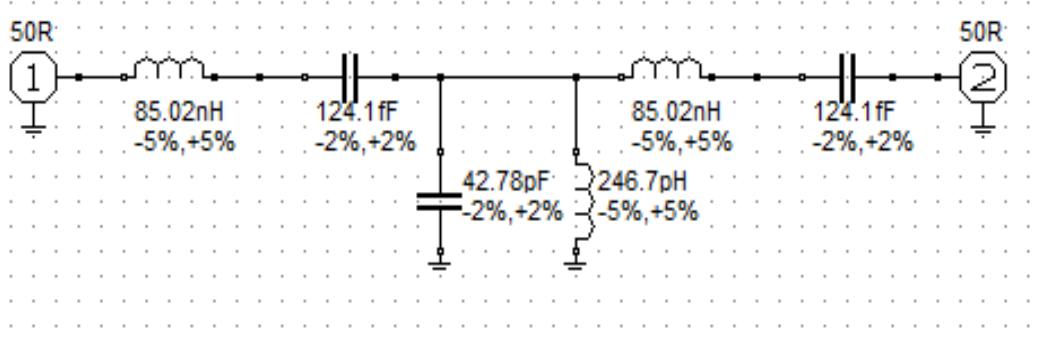


Рис. 2. Эквивалентная схема устройства частотной селекции

Однако такая структура является сложно реализуемой. Поэтому было принято решение преобразовать крайние последовательные резонансные контура, изображенные на эквивалентной схеме (рис. 2), в параллельные резонансные контуры с двумя трансформирующими линиями (рис. 3).

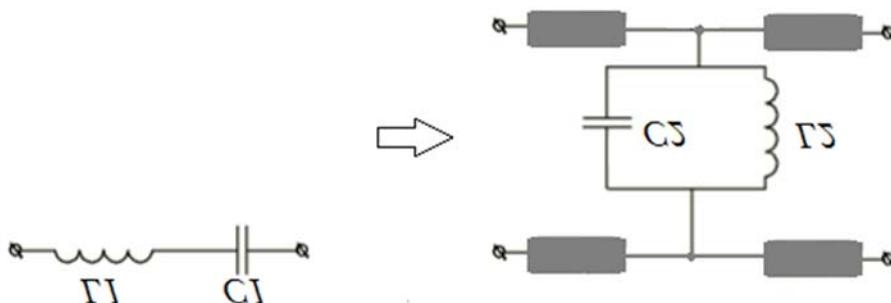


Рис. 3. Трансформация последовательного контура в параллельный

Алгоритм пересчета элементов последовательных контуров в элементы параллельных контуров приведен в литературе [2]. Приведенная там схема прототипа совпадает с полиномиальным фильтром Чебышева. Добавляя четвертьволновые линии связи, мы получаем схему, которая содержит только параллельные контуры. После пересчета крайних последовательных контуров в параллельные, получается селективное устройство с новой структурой (рис. 4).

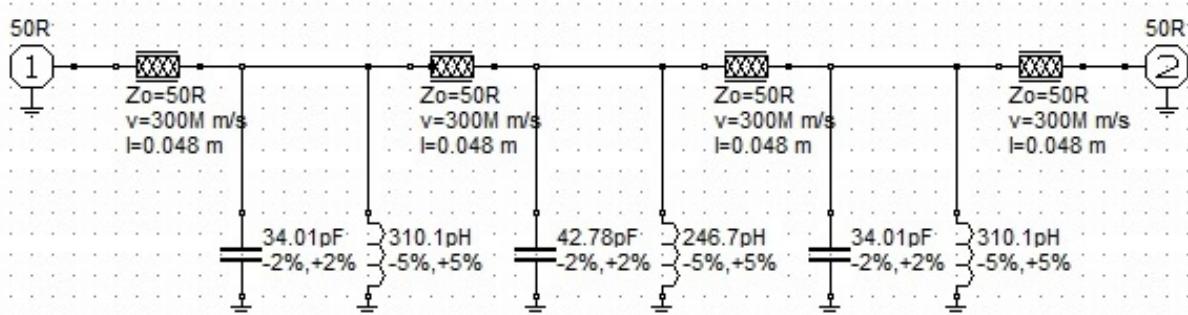


Рис. 4. Эквивалентная схема преобразованного фильтра

После получения характеристик с помощью программного пакета RFSimm (рис. 5), был произведен расчет размеров колец щелевых резонаторов и четвертьволновых линий и построен чертеж устройства в программном пакете «KOMPAS» (рис. 6).

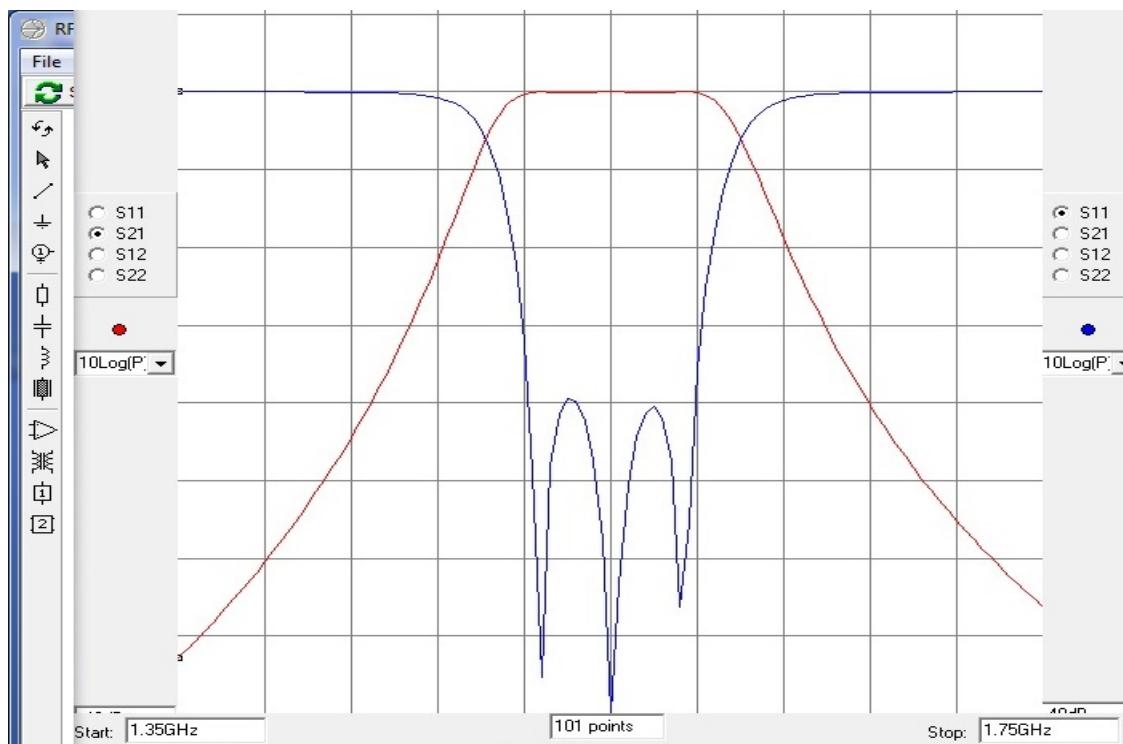


Рис. 5. S-параметры преобразованного фильтра в заданной полосе частот

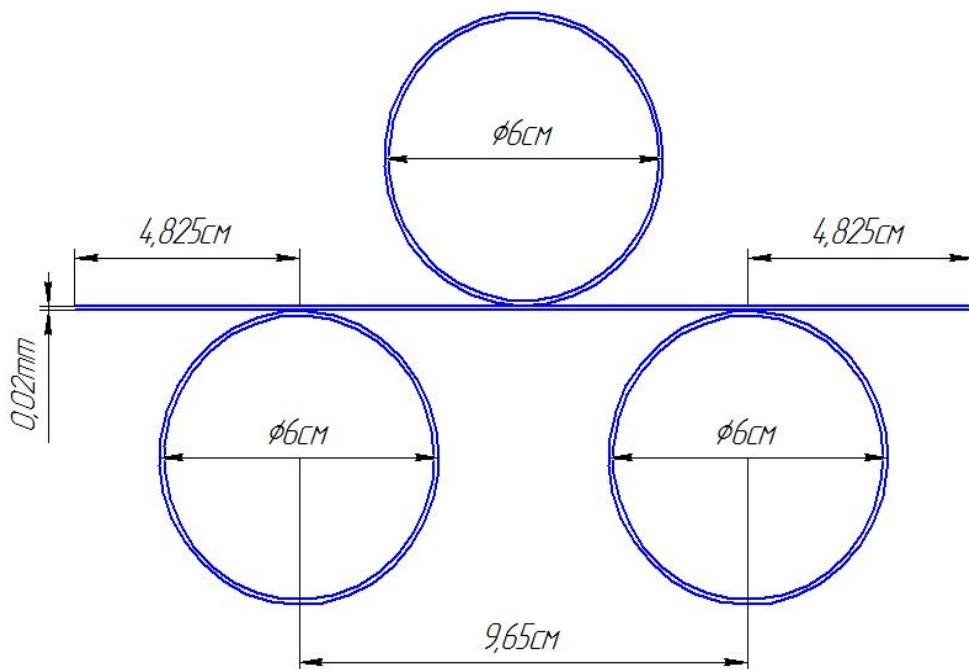


Рис. 6. Конструкция фильтра на щелевых резонаторах

Выводы: предложена конструкция фильтра на кольцевых щелевых резонаторах рассчитанная по обычному типовому техническому заданию с помощью стандартной процедуры синтеза.

Список используемых источников

1. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.
2. Ханзел Г. Е. Справочник по расчету фильтров, США, 1969: пер. с англ. / Под ред. А. Е. Знаменского. М. : Советское радио, 1974. 288 с.
3. Фельдштейн А. Л., Явич Л. Р., Смирнов В. П. Справочник по элементам волноводной техники. М. : Советское радио, 1967, изд. 2-е, перераб. и доп. 652 с.
4. Седышев Э. Ю. Масштабное макетирование объемных интегральных схем СВЧ-диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция, 20–24 февр. 2012 г.: материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 379–382.

УДК 621.391

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ
СО СПЕКТРАЛЬНЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ
ДЛЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
С ПРОТЯЖЕННЫМИ АНТЕННАМИ**

А. Ю. Бухинник¹, М. С. Дремух², А. А. Куприянов², П. Е. Щербатый¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

² ОАО «Концерн «Океанприбор»

Представлены основные результаты разработки волоконно-оптической системы передачи для применения в гидроакустических станциях с гибкими протяженными буксируемыми антеннами, реализованной на основе принципов спектрального мультиплексирования потоков данных. ВОСПИ обеспечивает сопряжение ГПБА с бортовой аппаратурой ГАС по одноволоконному оптическому кабелю и решает задачи передачи потоков оцифрованных данных от секций антенны, взаимной синхронизации секций, управления параметрами антенны, самоконтроля и диагностики системы. Обсуждается выбор протокола обмена данными по ВОСПИ, структуры оптических цифровых сигналов и методов линейного кодирования, обеспечивающих решение данной задачи.

волоконно-оптическая система передачи, гидроакустическая антenna, синхронизация, протоколы обмена, спектральное мультиплексирование, Ethernet, линейное кодирование, фазовые дрожжания.

Рассматривается волоконно-оптическая система передачи информации (ВОСПИ), разработанная для применения в гидроакустических станциях (ГАС) на базе гибких протяженных буксируемых антенн ГПБА [1, 2, 3, 4]. Структура подобной ГАС включает ГПБА, состоящую из $N \leq 8$ последовательных секций общей длиной несколько сотен метров и бортовую аппаратуру, основным узлом которой является цифровой вычислительный комплекс (ЦВК). Данные от ГПБА поступают в ЦВК по каналу 1000 Base-T, что позволяет выбрать практически любую вычислительную платформу в качестве ЦВК. Антenna соединяется с ЦВК волоконно-оптической линией связи длиной до нескольких километров. От секций ГПБА в ЦВК через ВОСПИ передаются потоки оцифрованных данных с гидроакустических датчиков, а в обратном направлении от ЦВК к секциям ГПБА – совокупность сигналов синхронизации и управления антенной, в том числе импуль-

сные сигналы частот дискретизации (СЧД) для аналого-цифровых преобразователей секций, аналоговый стимулирующий сигнал для контроля приемного тракта и команды управления системой ориентации (СО) антенны.

Разработанная ВОСПИ предусматривает двухсторонний обмен данными между секциями ГПБА и ЦВК по оптическому одномодовому волокну на базе спектрального разделения оптических каналов (WDM). При этом в прямом направлении передачи от ГПБА к ЦВК создается N цифровых оптических каналов со спектральным разделением в диапазоне длин волн 1,5 мкм, а в обратном от ЦВК – один канал в оптическом диапазоне 1,31 мкм.

Структурная схема ВОСПИ представлена на рис. 1. и состоит из N антенных блоков (АБ) по числу секций антенны, одного бортового блока (ББ) на стороне ЦВК и одно волоконного оптического тракта. Антенный блок обеспечивает передачу и прием информации по одноволоконному оптическому тракту и подключен к нему через оптический разветвитель ОР. Все антенные блоки идентичны, за исключением того, что лазерный излучатель каждого из них работает на индивидуальной длине волны λ_i , где $i = 1 \dots 8$ с разносом длин волн 20 нм в диапазоне 1,55 мкм.

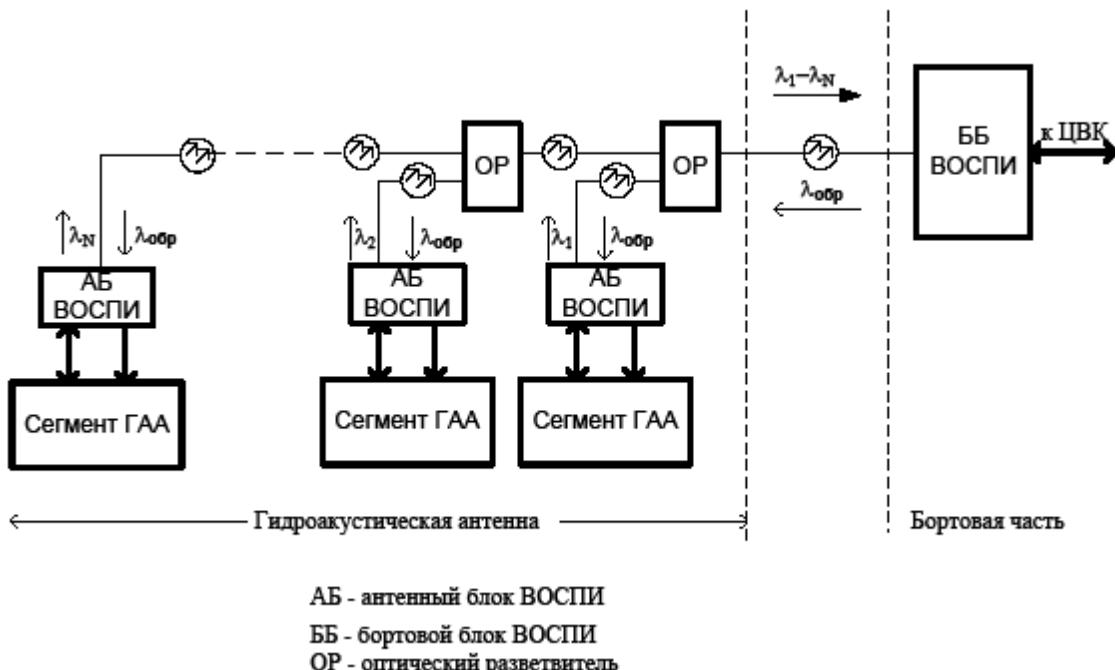


Рис. 1. Структурная схема ВОСПИ

Антенный блок ВОСПИ и оборудование сегмента ГПБА имеют электрический стык Ethernet 100 Base-TX. Через этот стык от сегмента антенны для передачи в ЦВК по прямому оптическому каналу поступает периодическая последовательность UDP-пакетов оцифрованных данных измерений

и данных СО, а от АБ к антенне – пакеты команд управления и СО, принятые по обратному оптическому каналу. Кроме этого, АБ имеет электрический выход для передачи в оборудование сегмента тактового сигнала частоты дискретизации и выход аналогового стимулирующего сигнала (СС). Эти сигналы формируются в ЦВК и передаются в ГПБА в обратном оптическом канале пакетами данных посредством временного мультиплексирования с пакетами команд.

Рассматриваемая ВОСПИ имеет встроенную подсистему контроля и диагностики (ПКиД) оборудования волоконно-оптического тракта (ВОТ), основанную на оценке уровней оптического сигнала на приеме в антенных и бортовом блоках. Результаты оценки уровня из АБ передаются в бортовой блок в прямых каналах в паузах между пакетами данных измерений и СО.

В бортовом блоке ВОСПИ производится оптическое демультиплексирование прямых спектральных каналов на входы, соответственно, N оптических приемников. Далее N потоков UDP-пакетов данных измерений и СО объединяются в единый цифровой поток со скоростью передачи 1 Гбит/с и через электрический стык Ethernet 1000 Base-T передаются в ЦВК. В обратном направлении от ЦВК в ББ ВОСПИ через этот стык поступают UDP-пакеты команд управления. Также от ЦВК в ББ ВОСПИ выдаются исходные сигналы ЧД и СС с динамическим диапазоном 60 дБ. В схеме ББ объединением пакетов команд, принимаемых от ЦВК через стык Ethernet 1000 Base-T, сигналов частот дискретизации, оцифрованного СС, а также команд ПКиД формируется линейный сигнал обратного канала (ЛСОК). ЛСОК поступает на оптический передатчик МБОТ для передачи на все антенные блоки в спектральном канале 1,31 мкм.

Тактовая частота ЛСОК $F_{\text{л}} \approx 125$ мГц формируется умножением исходной частоты дискретизации, а частота дискретизации стимулирующего сигнала $F_{\text{СС}}$ – последующим делением частоты $F_{\text{л}}$. Синхронность частоты $F_{\text{д}1}$ с частотами $F_{\text{л}}$ и $F_{\text{СС}}$ позволяет передавать частоты дискретизации в антенну без систематических фазовых дрожаний, обусловленных неточностью регистрации фронтов импульсов исходных сигналов ЧД.

Структуру ЛСОК иллюстрируют временные диаграммы рис. 2. Сигнал представляет собой регулярную последовательность пакетов данных ЧД и СС. В паузах между этими пакетами передаются UDP-пакеты команд от ЦВК. Каждый пакет ЧД и СС состоит из заголовка, 2-х символов фронтов двух частот дискретизации $F_{\text{д}1}$ и $F_{\text{д}2}$, поля команд ПКиД и кода текущего отсчета стимулирующего сигнала. Единичный уровень символа фронта в пакете означает, что в момент начала пакета зарегистрирован растущий фронт импульса соответствующего сигнала на входе блока. При регистрации на приеме в АППБ единичного символа фронта на соответствующем выходе формируется импульс частоты дискретизации. Пакеты ЧД и СС и Ethernet-пакеты команд различаются по заголовку.

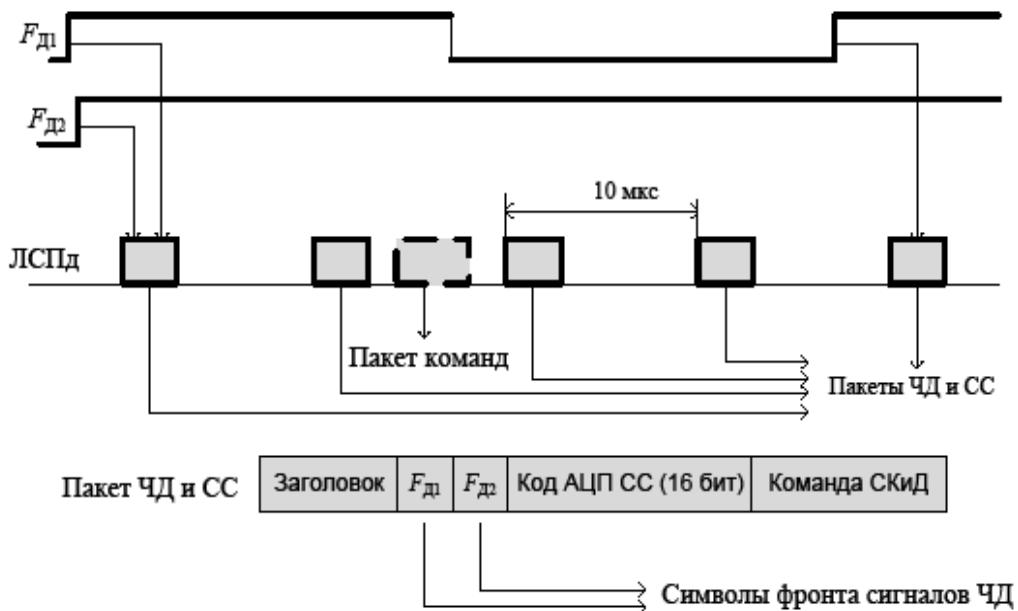


Рис. 2. Временные диаграммы сигнала обратного канала

В каждом из 6-ти прямых оптических каналов и в обратном канале данные передаются на скорости 100 Мбит/с в линейном коде 4B5B, соответствующем стандарту Ethernet 100 Base-LX. Таким образом, тактовая частота линейного оптического сигнала составляет 125 Мбит/с. Оптические трансиверы системы характеризуются мощностью излучения лазеров ≈ 3 мВт и чувствительностью оптических приемников на этой скорости не хуже -45 дБм. Тогда с учетом потерь мощности в оптическом тракте (в оптических разветвителях, соединителях, кабеле, мультиплексоре/демультиплексоре) в каждом из спектральных каналов обеспечивается энергетический запас не менее 25 дБ.

Электронные блоки системы реализованы аппаратно-программным методом на базе ПЛИС серий Max10 и Cyclon-III фирмы Altera [5, 6] и 8-ми разрядных универсальных микроконтроллеров. Умножение частоты дискретизации выполняется микросхемой программируемого преобразователя частоты SI5328 фирмы Silicon Lab [7].

Конструктивно аппаратура АБ выполнена в виде двух модулей в металлических герметичных корпусах цилиндрической формы с габаритами $110 \times \varnothing 24$ мм, а аппаратура ББ – на плате «Евромеханика-6У».

Принципы построения и технические решения, заложенные в разработку, обоснованы результатами лабораторных испытаний макета системы. В частности, были получены следующие результаты измерений основных параметров системы:

- энергетический запас системы – 30 дБ;

- вероятность ошибки приема оптического сигнала в ББ и АБ – не более 10^{-11} ;
- пиковый джиттер СЧД на выходе АБ – 2 нс;
- коэффициент нелинейных искажений стимулирующего сигнала на выходе АБ – не более 0,1 %;
- мощность потребления ЦБ – не более 5 Вт, АБ – не более 2 Вт.

Рассмотренная ВОСПИ является масштабируемой и универсальной в части сопряжения с аппаратурой предварительной обработки, и ввода данных в ЦВК, а модульная структура обеспечивает ремонтопригодность ГПБА путем замены отдельных секций. Таким образом, данная ВОСПИ может применяться в современных и перспективных ГАК с ГПБА.

Список используемых источников

1. Корякин Ю. А., Смирнов С. А., Яковлев Г. В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. СПб.: Наука, 2004. 410 с.
2. Рубанов И. Л. и др. Волоконно-оптическая система передачи информации для гидроакустической станции с буксируемой антенной // Подводные исследования и робототехника. 2013. № 2. С. 65–69.
3. Бухинник А. Ю., Коровин А. Н., Стефанов Ю. А., Щербатый П. Е. Принципы построения волоконно-оптической системы передачи информации для гидроакустических станций // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей II-й международной научно-технической и научно-методической конференции. СПб., 2013. С. 684–687.
4. Бухинник А. Ю., Иванов А. М., Стефанов Ю. А., Щербатый П. Е. Принципы построения системы синхронизации и контроля многосекционных гидроакустических антенн на базе волоконно-оптических систем передачи // ТУЗС. 2016. Т. 2. № 3. С. 74–78.
5. MAX10 Device Handbook: Altera, 2016.
6. Cyclone III Device Handbook. Altera Corporation, 2011.
7. SI-53xx Family Reference Manual: Silicon Laboratories, 2013.

УДК 621.391

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ

Д. И. Гершенкоп, Ю. А. Никитин

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

Умножающие или синтезаторные кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты широко применяются в радиосвязи, радиолокации, радионавигации и измерениях.

Качество синтезируемого колебания – уровень шумовых и дискретных побочных спектральных составляющих (соответственно, ПСС и ДПСС) является основным квалификационным параметром при анализе и расчете таких колец.

Рассмотрены различные методы построения синтезаторов частот на основе колец ИФАП. По каждому варианту исполнения построена математическая модель, описывающая его поведение с точки зрения фильтрации помех (ПСС и ДПСС) и позволяющая проводить инженерный расчет.

синтез частот, ИФАП, моделирование.

Одним из вариантов обеспечения современной радиоаппаратуры высококачественным опорным колебанием является умножающее кольцо импульсно-фазовой автоподстройки (частоты) – ИФАП. Одним из ключевых элементов такого кольца является тракт переноса (ТП) частоты, при добавлении счётчика импульсов (СИ) в который и обеспечивается умножение опорного колебания. Общая схема такого кольца ИФАП представлена рис. 1.

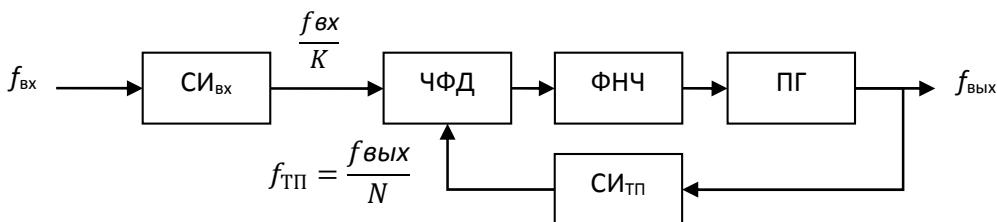


Рис. 1. Общая схема кольца импульсно-фазовой автоподстройки

Следует, однако, иметь в виду, что каждый добавленный элемент вносит свои искажения в выходное колебание, а также тот факт, что все помехи, пришедшие с опорным колебанием, будут так же умножены. Для проведения анализа прохода помех, используем выражение для коэффициента передачи разомкнутого астатического умножающего кольца в операторной форме [1]:

$$G_N(s) = K_D K_V K_i(s) K_\phi(s) \frac{1}{sN} = \frac{G_1(s)}{N},$$

где $G_1(s)$ – операторный коэффициент передачи разомкнутого кольца с единичной обратной связью (т. е. $N = 1$); $K_p = \frac{1}{2} \pi$ – статический коэффициент передачи ЧФД; $K_V = S_{\text{ПГ}} E$ (где $S_{\text{ПГ}}$ – крутизна управляющей характеристики перестраиваемого генератора – ПГ, E – размах управляющего напряжения ПГ); $K_i(s) = (1 + sT_i) \cdot (sT_D)^{-1}$ – операторный коэффициент передачи изодромного звена, здесь T_i – постоянная времени изодромного звена, T_D – постоянная времени ЧФД; $K_\phi(s)$ – операторный коэффициент передачи петлевого фильтра низких частот (ФНЧ), N – коэффициент деления ТП.

Для упрощения предварительных расчётов, можно принять K_F равным единице, т. е. исключить фильтр нижних частот. Тогда коэффициент передачи фазовых шумов v в случае с замкнутой ИФАП с единичной ОС можно записать следующим образом:

$$P_{1v}(s) = \frac{\Theta}{v} = \frac{G_1(s)}{1+G_1(s)}, \quad (1)$$

где Θ – фазовые шумы в выходном колебании кольца ИФАП.

В случае, когда в кольце имеется ТП с целочисленным СИ (см. рис. 1), т. е. делитель с фиксированным или переменным коэффициентом деления (ДФКД или ДПКД), данная формула изменится соответствующим образом:

$$P_{Nv}(s) = \frac{G_N(s)}{1+G_N(s)} N = P_{1v} N. \quad (2)$$

Для наглядности, на рис. 2 приведены логарифмические амплитудно-частотные характеристики $G_1(s)$, $G_N(s)$, $P_{1v}(s)$ и $P_{Nv}(s)$, где f_ϕ – частота среза петлевого ФНЧ.

На графике приведены нормированные к единичной крутизне (6 дБ/окт = 20 дБ/дек) участки асимптотических ЛАХ[2].

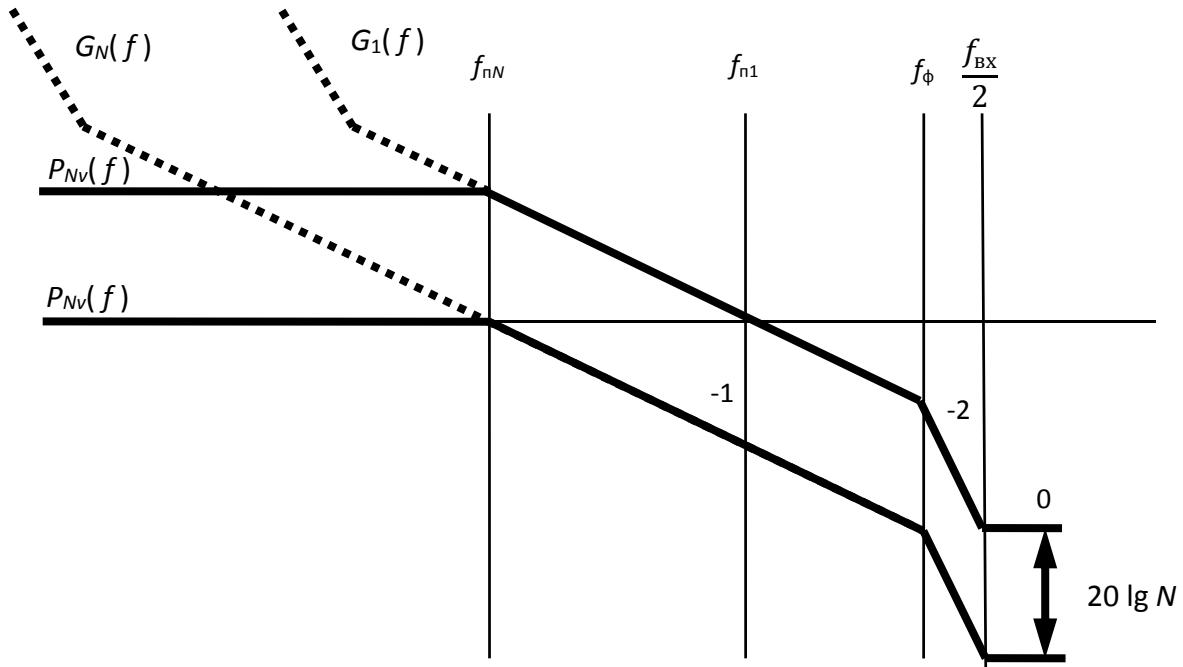


Рис. 2. Логарифмические амплитудно-частотные характеристики

Проанализировав формулы (1) и (2), а также график, приведённый на рис. 2, можно сделать следующие выводы:

- кольцо ИФАП с единичной обратной связью не усиливает помехи, приходящие с опорным колебанием;

– кольцо ИФАП с неединичной обратной связью умножает все шумы, приходящие с опорным колебанием в N раз.

Следовательно, один из вариантов увеличения качества выходного колебания является уменьшение коэффициента N в цепи ОС кольца ИФАП.

Один из вариантов достижения данной цели – делитель с дробно-переменным коэффициентом деления (ДДПКД). Один из популярных методов реализации ДДПКД представлен на рис. 3.

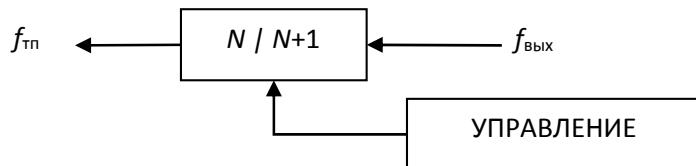


Рис. 3. Делитель с дробно-переменным коэффициентом деления

По сигналу управления коэффициент деления меняет своё значение с N на $N + 1$. Такой подход позволяет получить дробные коэффициенты деления за счёт получения усреднённого коэффициента деления за F периодов $f_{\text{вых}}$ [3]. Следовательно, такой подход позволяет применять более низкие коэффициенты N в сравнении с ДПКД. К примеру, при необходимости получения выходного колебания $f_{\text{вых}} = 101$ МГц, в случае с ДПКД один из вариантов – использовать $f_{\text{вх}} = 1$ МГц и $N = 101$. В случае же ДДПКД – $f_{\text{вх}} = 10$ МГц и $N = 10,1$. В приведённом выше примере такой подход позволяет понизить коэффициент умножения шума $N_{\text{ш}}$ в 10 раз.

Эквивалентный коэффициент деления так же можно понизить за счёт введения дополнительного колебания частотой $f_{\text{д}}$, которое когерентно выходному колебанию, как показано на рис. 4. Получить $f_{\text{д}}$ можно либо при помощи алгебраических преобразований частот, которые формируются внутри ИФАП, либо умножив $f_{\text{вх}}$, что чаще всего означает ввод дополнительного синтезатора на ИФАП. Такой подход позволяет минимизировать $N_{\text{ш}}$, в некоторых конкретных задачах и целях, но не всегда оптimalен из-за увеличивающейся сложности готового решения.

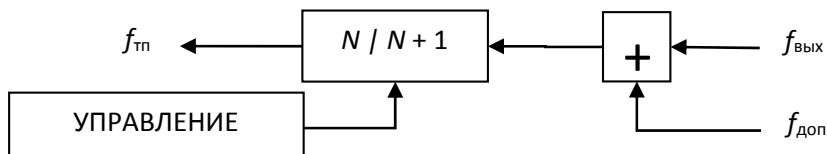


Рис. 4. Ввод дополнительного колебания в ТП

Возможен иной вариант построения тракта приведения, с применением целочисленного нониусного делителя (рис. 5). Данный вариант подразумевает параллельное деление $f_{\text{вых}}$ на коэффициенты C и D ($C \neq D$) с последующим вычитанием большей частоты из меньшей для формирования разностной частоты. Такой подход позволяет избавиться от необходимости введения $f_{\text{доп}}$, что приводит к значительному упрощению кольца ИФАП.

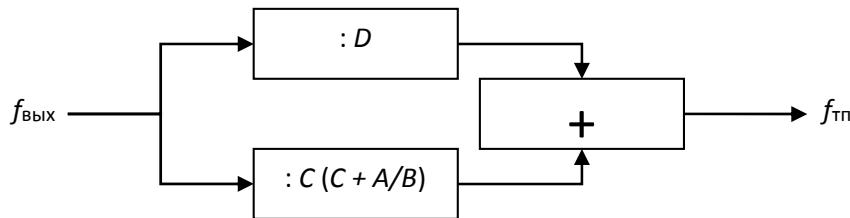


Рис. 5. Тракт приведения частоты с целочисленным (дробным) нониусом

При таком исполнении ТП, в общем случае, коэффициент $N_3 = CD/(C - D)$, а $N_{\text{ш}} = \max\{C, D\}$, иными словами $N_{\text{ш}}$ становится меньше N_3 , а это значит, что помехи, приходящие вместе с $f_{\text{вх}}$, умножаются в гораздо меньшей степени, чем частота собственно опорного колебания.

В частном случае, при $C = D + 1$, достигается предельно максимальный коэффициент преобразования ТП:

$$N_3 = D(D + 1), N_{\text{ш}} = D + 1.$$

Как и в случае ДДПКД, введение дробности хотя бы в одно из плеч нониусного делителя позволяет улучшить результат в сравнении с целочисленным вариантом. Применим дробный коэффициент деления в одном из плеч: $C + A/B$ (рис. 5). В общем случае, данный метод позволяет получить следующий результат:

$$N_3 = \frac{CB + A - DB}{D(CB + A)}; \quad f_{\text{тп}} = f_{\text{вых}} \left(\frac{1}{D} - \left(C + \frac{A}{B} \right)^{-1} \right).$$

Интересный результат получается в частном случае при $D = C = B$, $A = 1$:

$$N_3 = D(D^2 + 1), N_{\text{ш}} \approx D, f_{\text{вых}} = f_{\text{вх}} D(D^2 + 1).$$

Рассмотрев результаты анализа приведённых вариантов позволяют сделать следующие выводы:

- при необходимости ввести дополнительное колебание в кольцо ИФАП, необходимо удостовериться в его когерентности к опорному колебанию;

- введение дополнительного колебания позволяет уменьшить коэффициент умножения помех, приходящих с опорным колебанием, тем не менее, $N_{\text{ш}} \approx N_3$;

- использование целочисленного нониуса в тракте приведения уменьшает $N_{\text{ш}}$ при сохранении $N_{\text{з}}$, при этом $N_{\text{ш}} < N_{\text{з}}$;
- ввод дробности в нониусный ТП позволяет существенно уменьшить $N_{\text{ш}}$.

Список используемых источников

1. Никитин Ю. А. Построение тракта приведения активного синтезатора частот // Известия вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55. № 3. С. 19–26.
2. Макаров И. М., Менский Б. М. Линейные автоматические системы. М. : Машиностроение, 1977. 464 с.
3. Fractional/Integer-N PLL Basics: технические указания [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ti.com/lit/an/swra029/swra029.pdf> (дата обращения 20.01.2018).
4. Никитин Ю. А. Анализ дробного нониусного тракта приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2012. Вып. 1. С. 31–37.

УДК 51-74

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ РАСЧЕТА СВЧ-УСТРОЙСТВ

П. А. Горшков, С. С. Гурьянов

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного

В науке и технике постоянно приходится сталкиваться с проблемой расчета систем, имеющих сложную геометрическую конфигурацию и нерегулярную физическую структуру. Компьютеры позволяют выполнять такие расчеты при помощи приближенных численных методов. Поэтому особенно важно различать данные методы и уметь их правильно применять в зависимости условий задачи.

В данной статье были рассмотрены основные методы, используемые при расчете и моделировании СВЧ устройств. Описаны их принципы работы и основные преимущества.

численные методы электродинамики, метод моментов, метод конечных элементов, метод конечных разностей во временной области.

Методы численного моделирования СВЧ-устройств можно разделить на квазистатические и электромагнитные (рис. 1, см. ниже).

Электромагнитные методы основаны на постановке граничной задачи для электромагнитных полей в трехмерном пространстве. Решение сводится

либо к поиску экстремума функционала, который получается в вариационной формулировке для дифференциальных уравнений (ДУ) Гельмгольца относительно электромагнитных полей, либо к интегральным уравнениям (ИУ) относительно неизвестных плотностей токов в однородной области. Полученные операторные уравнения решаются проекционно-сеточными методами путем дискретизации пространства на конечные элементы.



Рис. 1. Классификация методов

Неизвестные функции заменяются линейной комбинацией базисных функций, затем получившееся уравнение сводится к эквивалентной системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Наиболее известны такие математические методы, как метод конечных элементов (МКЭ), метод моментов (ММ), метод конечных разностей во временной области (КРВО) [1].

В основе МКЭ лежит векторное уравнение Гельмгольца для одного из полей. Анализируемый объем разбивается на конечные элементы, чаще всего на тетраэдры, в пределах которых параметры материала неизменны, но могут свободно меняться от элемента к элементу [2]. Метод конечных элементов применяется для решения широкого круга задач:

1. Стационарные задачи распространения тепла, диффузии, распределения электрического поля, другие задачи теории поля.
2. Задачи гидромеханики, в частности, течение жидкости в пористой среде.
3. Задачи механики и прочности, в том числе проектирование самолётов, ракет и различных пространственных оболочек.

Основное преимущество МКЭ состоит в его универсальности, то есть возможности решать практически любые краевые задачи. С его помощью можно описать любую область, так как, например, треугольники и тетраэдры легко покрывают даже сложные объекты. В нужных подобластях можно легко увеличить плотность вычислительной сетки, чтобы повысить точность вычислений. Однако, при увеличении элементов сетки существенно увеличивается скорость вычисления задачи.

В отличие от МКЭ, метод моментов состоит в том, что моделирование поля основано на аналитическом решении некоторой ключевой задачи, а именно проблемы возбуждения структуры элементарным источником тока. В математике такое решение получило название функции Грина. Если функция Грина может быть записана аналитически в простой форме, то метод моментов оказывается весьма эффективным. В таком случае дискретизация подвергается лишь поверхность, а все не пространство, что снижает размерность задачи. Функция Грина достаточно просто может быть найдена, только для ограниченного числа структур. В частности, к ним относятся свободное пространство и плоскослоистые структуры.

По методу моментов все поля в структуре выражаются через некоторую заданную на поверхности величину (электрический или магнитный ток). Поля или потенциалы выражаются через эквивалентные распределения токов на поверхностях или в объемах неоднородностей, после чего составляются ИУ относительно неизвестного распределения токов на основе граничных условий.

Среди множества модификаций ММ широко распространены 2.5D методы, которые предназначены для численного анализа плоскопараллельных многослойных планарных структур. В основе таких методов лежит декомпозиция 3D задачи на две 2D задачи в вертикальном и горизонтальном сечениях рассматриваемой модели, что позволяет значительно сократить машинное время.

ММ оперирует непрерывными полями и не требует дискретизации пространства, в то время как МКЭ принципиально основан на дискретизации пространства. Поэтому метод моментов является несколько более быстродействующим [3].

Помимо метода моментов и метода конечных элементов существует метод конечных разностей во временной области, который в последние десятилетия занял ведущее положение и получил широкое применение. Он основан на центрально-разностной дискретизации уравнений Максвелла во времени и пространстве. На его основе построено подавляющее большинство современных программных комплексов, предназначенных для выполнения расчетов строительных конструкций на ЭВМ, к примеру, CST Microwave Studio.

Примерно с 1990 г. метод конечных разностей стал основным для численного моделирования многих научных и инженерных проблем, связанных со взаимодействием электромагнитных волн с веществом. Он может быть с успехом применен для решения широкого спектра задач: от моделирования сверхдлинных электромагнитных волн в геофизике (включая процессы в ионосфере) и микроволн (радиолокация, расчёт характеристик антенн, разработка беспроводных устройств связи, в том числе цифровых) до решения задач в оптическом диапазоне (фотонные кристаллы и биофотоника).

Этот метод относится к общему классу сеточных методов решения дифференциальных уравнений. Уравнения Максвелла подвергаются дискретизации, используя центрально-разностную аппроксимацию по времени и пространственным координатам. Полученные конечно-разностные уравнения решаются программными или аппаратными методами в каждый момент временной сетки, причем, как правило, рассчитанные поля разделены во времени половиной шага дискретизации. Расчёт полей в ячейках сетки повторяется до тех пор, пока не будет получено решение поставленной задачи в интересуемом промежутке времени.

Область, в которой необходимо найти распределение электрического и магнитного полей, разбивается на элементарные ячейки (рис. 2).

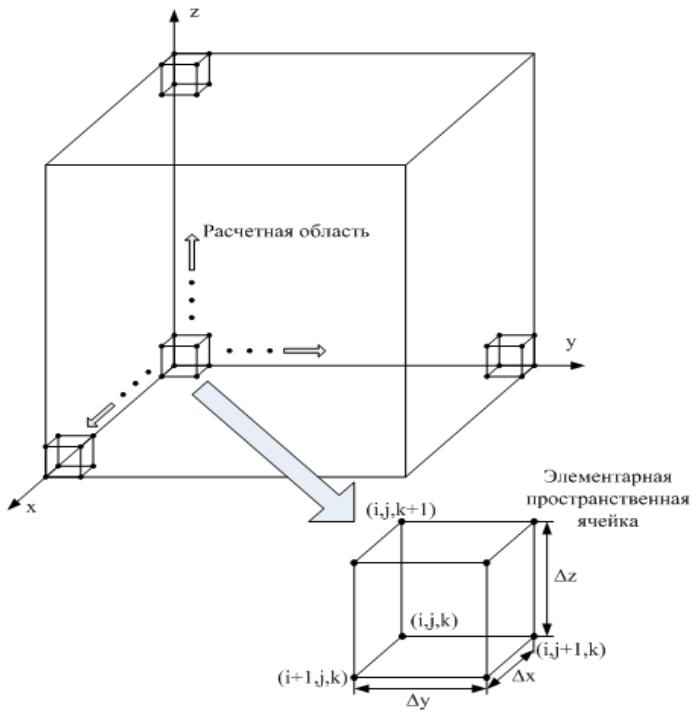


Рис. 2. Разбиение расчетной области на элементарные ячейки

Объекты сложной геометрической формы разбиваются аналогично (рис. 3).

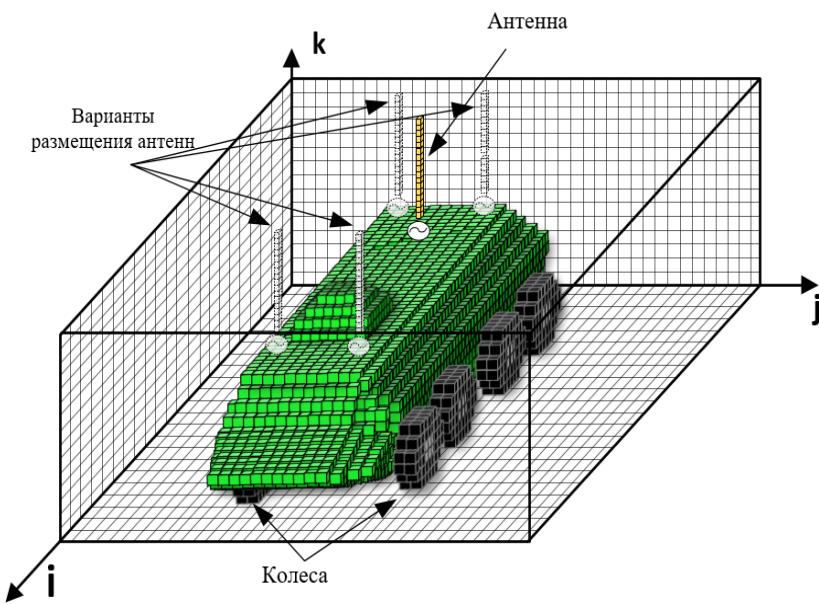


Рис. 3. Трехмерная модель КШМ Р-149МА1

Метод КРВО достаточно прост при формулировке, сеточной дискретизации и реализации, легко учитывает анизотропные и неоднородные материалы. Эффективность метода обусловлена отсутствием матричных уравнений и возможностью за один проход с помощью Фурье-преобразования проанализировать характеристики в полосе частот. Одним из отличительных свойств метода КРВО является возможность иллюстрации процесса распространения электромагнитной волны в пространстве с течением времени, т. е. создавать анимацию [4].

Список используемых источников

1. Денисенко Д. В., Радченко В. В. Исследование эффективности численных методов и программ компьютерного моделирования в процессе проектирования микрополосковых фильтров СВЧ // Журнал Радиоэлектроники. 2014. № 7.
2. Volakis J. L., Chattejee A., Kempel L. C. Finite Element Method for Electromagnetics: Antennas, Microwave Circuits, and Scattering Applications/ Piscataway, NJ: Wiley IEEE Press Series on Electromagnetic Wave Theory, 1998, 343 p.
3. Mosig J. R. Arbitrarily shaped microstrip structures and their analysis with a mixed potential integral equation // IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-36. No. 2. 1988. PP. 314–323.
4. Формалев В. Ф., Ревизников Д. Л. Численные методы. М. : ФИЗМАЛИТ, 2004. С. 316–335.

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Д. О. Федосеевым.*

УДК 004.42

ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯ: РАБОТА С ДАННЫМИ

А. В. Ершов, В. В. Чурков

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Будённого

Не все доступные разработчику методы работают одинаково быстро, в зависимости от поставленной задачи необходимо выбирать из списка возможных вариантов решения задачи самый быстрый.

android, оптимизация, архитектура Android.

Зачастую при разработке приложения не уделяется достаточно внимания логике работы с данными. В результате любые изменения в архитектуре становятся настоящей проблемой

С точки зрения архитектуры приложения загрузка данных с сервера не должна быть связана с отображением данных или с логикой хранения данных в локальном хранилище. Каждый компонент должен отвечать лишь за свою часть работы и предоставлять другим компонентам методы для работы с ним. Для увеличения скорости разработки и повышения качества приложения стоит придерживаться классической трехуровневой структуры приложения:

Уровень 1. Данные

К этому уровню обычно относят работу с базой данных. Но сюда также можно отнести и взаимодействие с сервером, т.к. в большинстве случаев он является таким же хранилищем данных, доступ к которому осуществляется по Интернету.

Уровень 2. Бизнес-логика

На этом уровне формируется набор данных для отображения. Здесь отправляются необходимые запросы к серверу или локальному хранилищу, происходит группировка данных и др.

Уровень 3. Отображение данных

Этот уровень отвечает за вывод имеющихся данных пользователю и получение данных от пользователя. К этому уровню относится работа с компонентами Activities, Fragments, Adapters, Views и т. д.

Все взаимодействие с сервером должно происходить только внутри одного компонента. Здесь будут находиться методы, с помощью которых будем получать данные с сервера или загружать данные на сервер. На выходе

методов будут лишь объекты предметной области или примитивы, такие как String, int, boolean и др.

Для лучшей инкапсуляции компонента не стоит напрямую связывать предметную область с API сервера. Например, пользуясь популярной библиотекой GSON для парсинга JSON-объектов, лучше создать отдельный набор классов, которые будут применяться для парсинга ответов сервера. Кроме того, стоит организовать конвертацию полученных объектов в объекты предметной области.

Даже если парсинг осуществляется вручную, существование таких промежуточных классов может упростить нам жизнь. Особенно если структура ответов сервера не соответствует внутренней структуре объектов предметной области.

Такой подход позволяет легче справляться с изменениями в API сервера, а также организовать более удобную структуру предметной области. В качестве минусов этого подхода стоит отметить увеличение нагрузки на процесс «сборки мусора» (*garbage collector*), которому придется удалять все освободившиеся объекты.

Также стоит уделить большое внимание обработке ошибок сервера. Ошибки могут быть как специальными сообщениями об ошибке с кодами в API сервера, так и стандартными кодами ошибок HTTP (например, HTTP 500 – внутренняя ошибка сервера). Для работы с такими ошибками отлично подходит стандартный в языке Java механизм «Исключения» (Exceptions).

Существует несколько способов хранения данных в Android-приложении [1]: 1) С помощью класса SharedPreferences. 2) В базе данных SQLite. 3) Во внутренней памяти устройства (на диске).

Для хранения с помощью класса SharedPreferences больше подходят единичные данные, такие как профиль пользователя. Также в SharedPreferences можно хранить списки примитивов, например, список id-объектов через запятую. Несмотря на то, что обращения к SharedPreferences являются операциями «ввода-вывода» (I/O), которые потенциально могут выполняться очень долго, на практике их вполне можно вызывать в UI-потоке.

Встроенная база данных SQLite хорошо подходит для хранения списков объектов. Правда, предлагаемые методы работы с ней в Android достаточно неудобны, поэтому для хранения сложных объектов лучше воспользоваться дополнительной библиотекой ORMLite.

Так же как и при работе с сервером, логика работы с локально хранимыми данными должна быть спрятана внутри соответствующего компонента. Единственное, что должны знать остальные части приложения – это то, какие методы надо вызвать для получения необходимых данных (объектов предметной области) или для совершения какой-либо операции с ними.

Мобильные устройства не всегда имеют стабильное подключение к Интернету, поэтому часто возникает потребность в кэшировании данных. Большим минусом приложения будет, если без Интернета пользователь останется и без нужной информации. Кроме того, кэширование применяется чтобы ускорить работу приложения. Например, если одни и те же данные выводятся на разных экранах или часто используются для формирования контента экрана. Типичный пример – кэширование изображений, загруженных с сервера.

Работа с изображениями часто является одним из самых узких мест в приложении, которой стоит уделить особое внимание. Ведь хорошая организация загрузки и кэширования изображений позволяет добиваться хорошей скорости работы приложения в целом. Однако эта задача является достаточно сложной. Чтобы решить ее, воспользуйтесь сторонними библиотеками или обратитесь за помощью к опытным разработчикам.

Для кэширования подходят любые варианты локального хранения данных, в том числе хранение данных в оперативной памяти приложения. В этом случае данные хранятся с помощью static-полей в специальном классе языка или с помощью singleton-класса. Еще одним достаточно удобным способом кэширования является сохранение ответов сервера на диск в виде отдельных файлов.

Список используемых источников

1. Официальный сайт среди разработки мобильных приложений для операционной системы Android. URL: <https://developer.android.com/>

*Статья представлена научным руководителем,
кандидатом технических наук Д. О. Федосеевым.*

УДК 681.51

СИНТЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЕ FASTMEAN И MATHCAD

3. В. Зайцева, Н. К. Логвинова

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

Рассматривается методика использования компьютерных программ FASTMEAN и Mathcad в лабораторном практикуме. На примере лабораторных работ «Компьютер-

ный анализ характеристик ослабления LC – фильтров» и «Синтез ARC -фильтров и компьютерный анализ их частотных характеристик» показано, что компьютерная среда позволяет ставить инженерные задачи и приближать к учебно-исследовательской работе студентов очной и заочной форм обучения. Для студентов-заочников работа организована в рамках дистанционного обучения с использованием виртуальной среды *Moodle*.

синтез электрических фильтров, компьютерная программа, *FASTMEAN*, *Mathcad*, дистанционное обучение, обучающая среда *Moodle*.

Современный уровень компьютеризации учебного процесса позволяет ставить перед студентами небольшие инженерные задачи уже на младших курсах обучения. На кафедре «Теория электрических цепей и связи» такая задача предлагается студентам второго курса в рамках лабораторного практикума по дисциплине «Радиотехнические цепи и методы их машинного расчета».

Эта дисциплина изучается студентами очной и заочной форм обучения. При разработке лабораторных работ учитывалось, что в институте непрерывного образования реализовано дистанционное обучение на основе использования виртуальной обучающей среды *Moodle*. Система дистанционного обучения обеспечивает широкие возможности удаленного обучения [1], при этом требуя от студента большой самостоятельной работы с учебной информацией.

При разработке структуры и методики выполнения лабораторных работ учитывались особенности и сложности системы дистанционного обучения, при котором значительно уменьшено время взаимодействия студент-преподаватель.

В лабораторных работах студент должен решить две взаимосвязанные между собой задачи, в которых трудоемкие расчеты и построение характеристик выполняются с помощью программ *FASTMEAN* и *Mathcad*.

Постановка задачи такова, что студент должен синтезировать электрический фильтр с одинаковыми требованиями на разной элементной базе: в виде пассивного LC -фильтра и активного RC -фильтра.

При расчете LC -фильтра рекомендуется использовать методику, изложенную в [2].

Согласно указанной методике схема, параметры элементов и характеристики проектируемого фильтра находятся с помощью частотного преобразования фильтра-прототипа нижних частот (ФПНЧ). Студент должен рассчитать число элементов и выбрать схему ФПНЧ в заданном режиме работы, а затем найти в таблицах нормированные значения элементов и сомножители полинома Гурвица для ФПНЧ с характеристиками Баттерворта и Чебышева в соответствии с определенным выше порядком филь-

тра [3]. Далее студент, используя метод частотного преобразования, рассчитывает параметры элементов и операторную передаточную функцию проектируемого фильтра. Такая методика расчета полиномиальных фильтров находит применение в инженерной практике.

После выполненных расчетов нужно построить характеристику ослабления проектируемого фильтра, используя две компьютерные программы FASTMEAN и Mathcad, при этом характеристики должны полностью совпадать. Программа FASTMEAN позволяет моделировать характеристики LC-фильтра на компьютере. Построив на экране дисплея схему LC-фильтра и введя рассчитанные параметры элементов цепи, студент может, исследуя полученную характеристику ослабления фильтра, убедиться в правильности выполненных расчетов.

На рис. 1 и 2, в качестве примера, показаны схема односторонне нагруженного полосового LC-фильтра и его характеристика ослабления с аппроксимацией по Чебышеву. Студенты моделируют характеристику ослабления такого фильтра, используя программу FASTMEAN.

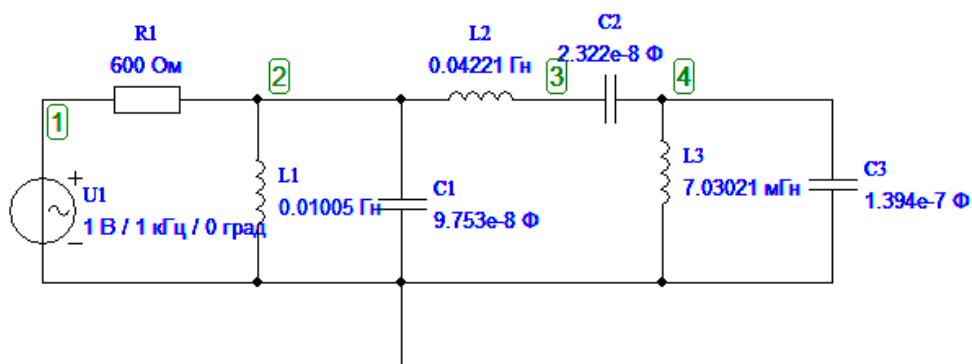


Рис. 1. Схема односторонне нагруженного полосового LC-фильтра

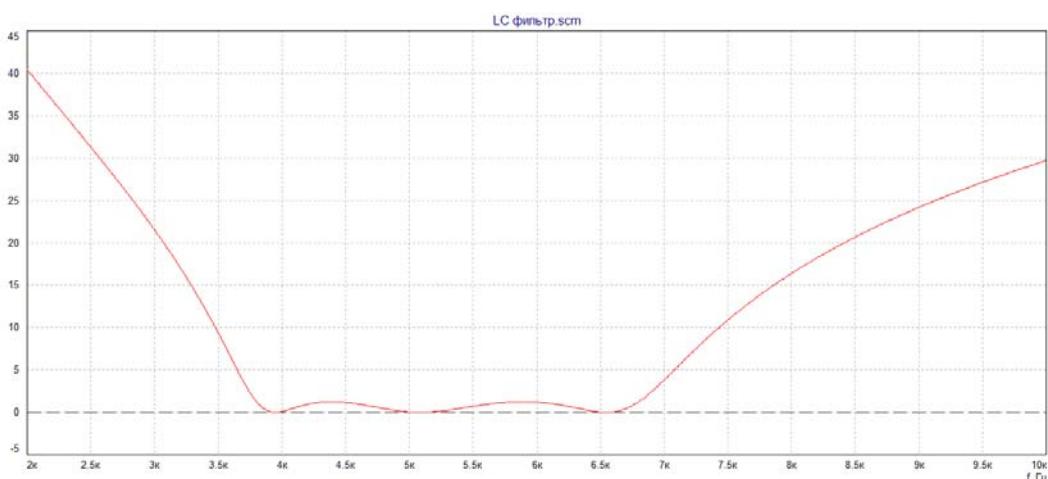


Рис. 2. Характеристика ослабления односторонне нагруженного полосового LC-фильтра с аппроксимацией по Чебышеву при моделировании характеристики фильтра в программе Fastmean

Полученная характеристика ослабления проектируемого фильтра с использованием программы Mathcad позволяет студенту оценить правильность расчетов по определению коэффициентов операторной передаточной функции, что необходимо для выполнения второй задачи лабораторной работы. Характеристика ослабления полосового фильтра с аппроксимацией по Чебышеву, полученная с использованием программы Mathcad, показана на рис. 3.

$$H(p) := \frac{2.89e12 \cdot p^3}{(p^2 + 3115 \cdot p + 5.85e8) \cdot (p^2 + 8542 \cdot p + 1.02e9) \cdot (p^2 + 5427 \cdot p + 1.77e9)}$$

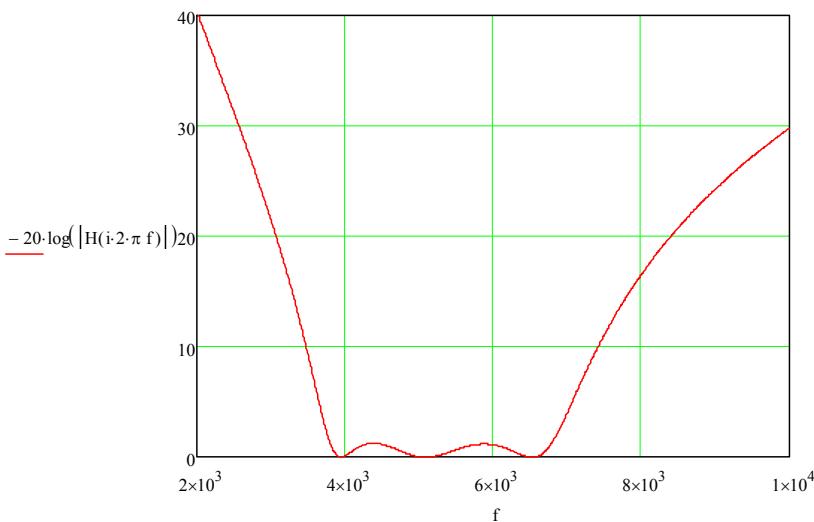


Рис. 3. Характеристика ослабления полосового фильтра с аппроксимацией по Чебышеву, полученная с использованием программы Mathcad

Методическое решение использовать две разные компьютерные программы при постановке лабораторных работ помогает студентам, особенно заочной формы обучения, самостоятельно проверить правильность решения поставленной инженерной задачи синтеза лестничных реактивных фильтров, сравнивая характеристики ослабления, полученные с помощью программ FASTMEAN и Mathcad.

Такой подход к структуре выполнения лабораторной работы студента-заочника уменьшает потребность обращаться за консультацией к преподавателю через обучающую среду Moodle, а преподавателю в процессе виртуального диалога со студентом по видам характеристик быстро указать на ошибку в соответствующих этапах расчета.

Во второй лабораторной работе студенту предлагается синтезировать активный RC-фильтр по операторной передаточной функции рассчитанного LC-фильтра.

Студенты осваивают методику синтеза ARC-фильтров с учетом их достоинств и недостатков и, в частности, с особенностями интегральной технологии их изготовления [2, 4, 5].

При решении задачи используется принцип каскадно-развязанной реализации.

Для нахождения численных значений параметров элементов выбранных звеньев составляется система уравнений путем уравнивания коэффициентов реализуемого сомножителя передаточной функции фильтра с соответствующими коэффициентами передаточной функции выбранного потенциально пригодного реализующего звена. Решение данной системы и нахождение параметров элементов ARC-фильтра предлагается делать с использованием программы Mathcad.

Решение задачи синтеза ARC-фильтров требует от студента творческой, индивидуальной и большой самостоятельной работы над соответствующими разделами дисциплины.

Для студентов заочной формы обучения данная работа организована с использованием виртуальной обучающей среды Moodle, куда включены теоретический блок с контрольными вопросами и контрольно-измерительные материалы в виде тестов, предназначенных для самостоятельной работы студентов и для контроля их знаний.

Заканчивается работа по синтезу ARC-фильтра построением его характеристики ослабления в программе FASTMEAN. Данная характеристика должна с точностью до плоского ослабления совпадать с характеристикой ослабления LC-фильтра, рассчитанной в этой же программе, что показывает правильность выполненных расчетов самостоятельно. На рис. 4 и 5 показана схема и характеристика ослабления ARC-фильтра, синтезированного по операторной передаточной функции рассчитанного выше полосового LC-фильтра с аппроксимацией по Чебышеву.

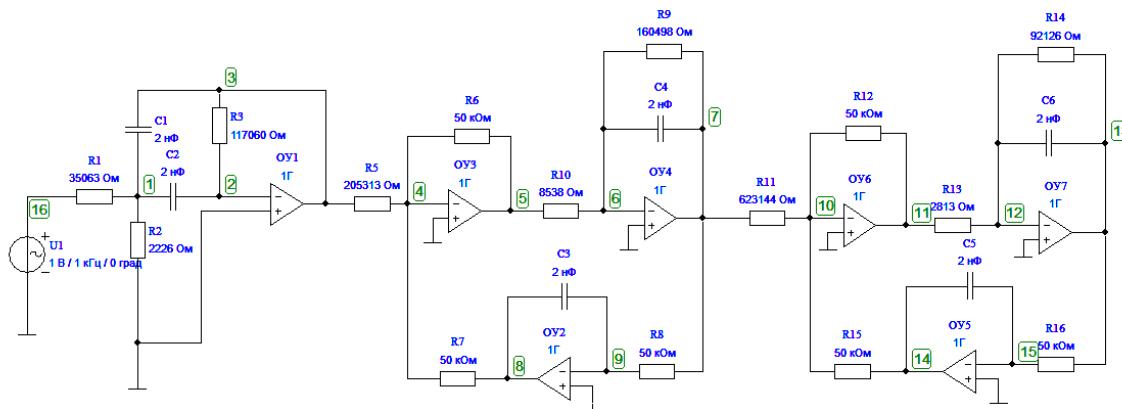


Рис. 4. Схема ARC-фильтра, синтезированного по заданной операторной передаточной функции

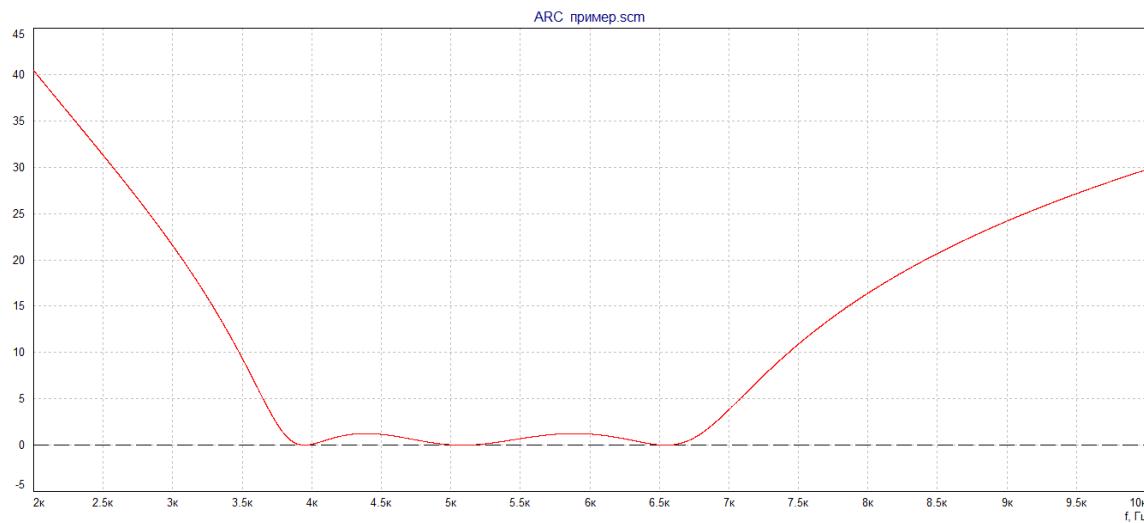


Рис. 5. Характеристика ослабления ARC-фильтра, синтезированного по заданной операторной передаточной функции

Сравнивая графики, представленные на рис. 2 и 5, видно, что характеристики ослабления LC- и ARC-фильтров совпадают.

Использование компьютерной среды для выполнения лабораторных работ «Компьютерный анализ характеристик ослабления LC – фильтров» и «Синтез ARC-фильтров и компьютерный анализ их частотных характеристик» позволил приблизить студентов к выполнению инженерной задачи реализации LC – и ARC-фильтров с учетом их особенностей, достоинств и недостатков.

Результаты расчета с использованием компьютерных программ FASTMEAN и Mathcad позволяет студенту проверить самостоятельно выполнение этапов аналитических расчетов, оценить законченность решения поставленных задач и сделать выводы о проведенной учебно-исследовательской работе.

Список используемых источников

1. Романова С. М. Система дистанционного обучения как средство информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. Т. 4. С. 271–275. URL: <http://e-koncept.ru/2013/64056/htm>.
2. Артым А. Д., Белецкий А. Ф. Синтез линейных электрических цепей: учебное пособие. Л. : Издательство ЛЭИС, 1981. 78 с.
3. Собенин Я. А. Расчет полиномиальных фильтров. М.: Связь, 1963. 208 с.
4. Матханов П. Н. Основы синтеза линейных электрических цепей: учебное пособие для вузов. М. : Высшая школа, 1976. 208 с.
5. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров: пер. с англ. М. : Мир, 1984. 320 с.

УДК 538.935; 519.63

ОСОБЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНСТАНТ В АСИМПТОТИКЕ МАТРИЦЫ РАССЕЯНИЯ ДВУМЕРНОГО КВАНТОВОГО ВОЛНОВОДА С РЕЗОНАТОРОМ

М. М. Кабардов¹, Н. М. Шаркова²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

² Санкт-Петербургский государственный университет

Исследуется резонансное туннелирование электрона в двумерном квантовом волноводе с резонатором. Резонатором является часть волновода между двумя сужениями малого диаметра. В асимптотическом разложении волновой функции и матрицы рассеяния присутствуют константы, для вычисления которых требуется численное решение нескольких краевых задач, не зависящих, однако, от малого параметра асимптотики (диаметра сужений). По приближенным решениям указанных задач впоследствии вычисляются параметры, участвующие в асимптотике. В статье обсуждаются особенности различных методов вычисления коэффициентов асимптотики.

квантовый волновод, электрон, волновая функция, матрица рассеяния.

Волновод $G(\varepsilon)$ предполагается симметричным (см. рис. 1) относительно продольной оси, сужения таковы, что при $\varepsilon = 0$ совпадают с парой вертикальных углов. Математически точное описание волновода см. в [1]. Сужения играют роль потенциальных барьера для продольного движения электрона и образуют в паре резонатор.

Волновая функция электрона с «энергией» k^2 удовлетворяет краевой задаче

$$\begin{aligned} \Delta u(x, y) + k^2 u(x, y) &= 0, \quad (x, y) \in G(\varepsilon), \\ u(x, y) &= 0, \quad (x, y) \in \partial G(\varepsilon). \end{aligned}$$



Рис. 1. Волновод $G(\varepsilon)$

При фиксированном вещественном k существует конечное число линейно независимых ограниченных волновых функций. В качестве базиса

в линейном пространстве таких функций можно взять набор волновых функций, удовлетворяющих условиям излучения

$$u_m(x, y) = \begin{cases} e^{iv_m x} \Psi_m(y) + \sum_{j=1}^M S_{mj}(k) e^{-iv_j x} \Psi_j(y) + O(e^{\delta x}), & x \rightarrow -\infty, \\ \sum_{j=1}^M S_{m,M+j}(k) e^{iv_j x} \Psi_j(y) + O(e^{-\delta x}), & x \rightarrow +\infty, \end{cases}$$

$$u_{M+m}(x, y) = \begin{cases} \sum_{j=1}^M S_{M+m,j}(k) e^{-iv_j x} \Psi_j(y) + O(e^{\delta x}), & x \rightarrow -\infty, \\ e^{-iv_m x} \Psi_m(y) + \sum_{j=1}^M S_{M+m,M+j}(k) e^{iv_j x} \Psi_j(y) + O(e^{-\delta x}), & x \rightarrow +\infty; \end{cases}$$

здесь M – число порогов, не превосходящих k^2 , т. е. число «открытых» каналов рассеяния. В данной работе рассматривается случай $M = 2$. Матрица

$$S = \|S_{mj}\|_{m,j=1,\dots,2M}$$

называется матрицей рассеяния; величины

$$R_m = \sum_{j=1}^M |S_{mj}|^2, \quad T_m = \sum_{j=1}^M |S_{m,M+j}|^2$$

называются коэффициентами отражения и прохождения, соответственно, для волны U_m , приходящей из $-\infty$, $m = 1, \dots, M$.



Рис. 2. Предельная область $G(0)$

Предельная область $G(0)$ состоит из неограниченных частей G_1 и G_2 и ограниченного (замкнутого) резонатора. Пусть k_e^2 – простое собственное число оператора $-\Delta$ с условием Дирихле в резонаторе G_0 , а v_e – соответствующая собственная функция, нормированная условием

$$\int_{G_0} |v_e|^2 dx = 1.$$

Вблизи точек O_j справедливы разложения

$$v_e \sim \begin{cases} b_1 \tilde{J}_{\pi/\omega}(k_e r_1) \Phi(\varphi_1), & r_1 \rightarrow 0, \\ b_2 \tilde{J}_{\pi/\omega}(k_e r_2) \Phi(\varphi_2), & r_2 \rightarrow 0, \end{cases}$$

где (r_j, φ_j) – полярные координаты с центром в O_j , b_j – постоянные коэффициенты; $\tilde{J}_{\pi/\omega}$ – функция Бесселя, нормированная так, чтобы

$$\tilde{J}_{\pi/\omega}(kr) = r^{\pi/\omega} + o(r^{\pi/\omega})$$

и, наконец, $\Phi(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos\left(\frac{\pi\varphi}{\omega}\right)$.

В области G_1 понадобится решение V_1 задачи Гельмгольца с условием излучения

$$V_1 = e^{i\nu_1 x} \Psi_1(y) + S_{11}^0(k) e^{-i\nu_1 x} \Psi_1(y) + S_{12}^0(k) e^{-i\nu_2 x} \Psi_2(y) + O(e^{\delta x}),$$

при $x \rightarrow -\infty$. В рассматриваемом волноводе $S_{12}^0(k) = 0$ из-за сохранения четности поперечного состояния вследствие симметричности волновода (см. [2]). В окрестности точки O_1 справедливо разложение

$$V_1 = s_1(k) \tilde{J}_{\pi/\omega}(kr_1) \Phi(\pi - \varphi_1) + O(r_1^{2\pi/\omega}), \quad r_1 \rightarrow 0.$$

В области Ω (она получается растяжением $(\xi, \eta) = (x/\varepsilon, y/\varepsilon)$ малой окрестности сужения и продолжением до бесконечности с сохранением углов прямолинейных частей границы, точное описание см. в [1]) необходимо решение w задачи Дирихле для оператора Лапласа, удовлетворяющее при $\rho \rightarrow \infty$ условиям

$$w(\xi, \eta) = \begin{cases} \beta \rho^{-\pi/\omega} \Phi(\varphi) + O(\rho^{-3\pi/\omega}), & \xi > 0, \\ (\rho^{\pi/\omega} + \alpha \rho^{-\pi/\omega}) \Phi(\pi - \varphi) + O(\rho^{-3\pi/\omega}), & \xi < 0. \end{cases} \quad (1)$$

При $k^2 - k_e^2 = O(\varepsilon^{2\pi/\omega})$ коэффициент прохождения допускает представление

$$T_1(k, \varepsilon) = \frac{1}{1 + \left(\frac{k^2 - k_{res}^2}{P\varepsilon^{4\pi/\omega}} \right)^2} (1 + O(\varepsilon^\tau)),$$

где $P = (b_1 \beta |s_1(k_e)|)^2$; k_{res}^2 находится из асимптотического разложения $k_{res}^2 = k_e^2 - 2\alpha b_1^2 \varepsilon^{2\pi/\omega} + O(\varepsilon^{2\pi/\omega+2-\tau})$, а τ – малое положительное число.

Главные части приведенных асимптотических формул содержат постоянные $\alpha, \beta, b_1, s_1(k_e)$. Для их вычисления необходимо иметь в распоряжении вышеупомянутые специальные решения задач в областях G_1, Ω и достаточное число решений спектральной задачи в G_0 . Считается, что они каким-либо образом уже найдены, например, численно, путем введения искусственных границ в бесконечных областях и последующим решением методом конечных элементов (см., например, [1, 3, 4]).

Для вычисления коэффициентов разложений решений (задачи в G_1 и G_0) в углах в [1] и [3] интерполируется приближенное решение в точке,

достаточно близко отстоящей от вершины угла и расположенной на биссектрисе. Например, для нахождения константы b_1 применяется формула:

$$b_1 = \frac{r_0^{-\pi/\omega} v_e(x_0 + r_0)}{\Phi(0)} = \sqrt{\pi} r_0^{-\pi/\omega} v_e(x_0 + r_0). \quad (2)$$

При этом используется тот факт, что в приведенных асимптотиках участвуют только ведущие члены разложений специальных решений в углах. Решение спектральной задачи выбирается то, которое имеет поперечное состояние 1 (на рис. 3 показано состояние (1,4) – поперечное 1, «продольное» 4). В общем случае пришлось бы использовать несколько членов разложения решений в углах (или на бесконечности для области Ω), а множество решений спектральной задачи не ограничивать выбором поперечного состояния.

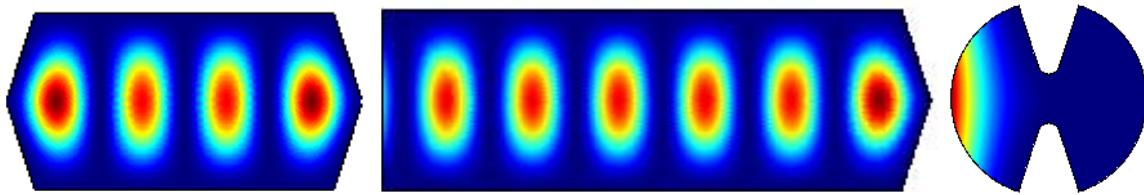


Рис. 3. Области G_0 с собственной функцией (1,4), G_1 с решением при соответствующем собственном значении k^2 , и Ω с решением, не зависящим от k^2 и ε

Можно воспользоваться ортогональностью членов разложения решений в углах. Например, для вычисления той же константы b_1 используется приближенное вычисление скалярного произведения на дуге окружности радиусом r_0 :

$$b_1 = \frac{(v_e(r_0 \cos \varphi_1, r_0 \sin \varphi_1), \Phi(\varphi_1))}{\|\Phi(\varphi_1)\|^2} r_0^{-\frac{\pi}{\omega}}. \quad (3)$$

Эта формула действует для любой собственной функции независимо от поперечного состояния: если номер поперечного состояния не совпадает с номером Φ , то скалярное произведение равно нулю. Последний факт можно использовать для программного определения поперечного состояния решения в резонаторе. Также формула нечувствительна к нарушению симметрии угла.

Была проведена серия вычислений с целью сравнения погрешностей, даваемых приведенными двумя формулами для вычисления константы b_1 , которые показали совпадение в результатах в пределах погрешности округления. Такая же картина наблюдается и для констант в «условиях излучения» (1) в области Ω . Таким образом, целесообразно в вычислениях констант в асимптотических разложениях (в углах или на бесконечности) пользоваться формулами типа (3), использующими ортогональность поперечных составляющих разложений.

Узлы квадратуры для вычисления скалярного произведения в формуле (3) можно заранее включить в сетку МКЭ. В проведенных вычислениях сетка генерировалась независимо, а решение в этих точках находилось впоследствии интерполированием. Рост времени вычислений, обусловленный интерполированием, пренебрежимо мал по сравнению со временем нахождения самого решения.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 17-11-01126.

Список используемых источников

1. Кабардов М. М., Пламеневский Б. А., Сарафанов О. В., Шаркова Н. М. Сравнение асимптотического и численного подходов к исследованию резонансного туннелирования в симметричном двумерном квантовом волноводе переменного сечения // Записки науч. сем. ПОМИ. 2017. Т. 461. С. 124–139.
2. Baskin L. M., Kabardov M. M., and Sharkova N. M. Fano resonances in high energy electron transport in nanowires of variable cross section // Physica E Low-Dimensional Systems and Nanostructures. 2015. V. 73. N 181. PP. 181–188.
3. Baskin L., Kabardov M., Neittaanmaki P., Plamenevskii B., Sarafanov O. Asymptotic and numerical study of resonant tunneling in two-dimensional quantum waveguides of variable cross-section // Comp. Math. and Math. Physics. 2013. V. 53. PP. 1664–1683.
4. Baskin L., Kabardov M., Neittaanmaki P., Sarafanov O. Asymptotic and numerical study of electron flow spin polarization in 2D waveguides of variable cross-section in the presence of magnetic field // Math. Meth. in the Appl. Sci. 2014. V. 37. N 7. PP. 1072–1092.

УДК 621.372.413

СИНТЕЗ КОМПЛАНАРНОГО РЕЗОНАТОРА НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

М. А. Кондрашова, Э. Ю. Седышев

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

В данной работе рассматривается кольцевой резонатор, созданный на компланарном волноводе. Исследуется зависимость частоты резонанса от волнового сопротивления компланарной линии.

СВЧ, кольцевые резонаторы, компланарный резонатор, компланарный волновод.

В микроволновой технике используется множество различных конструкций резонаторов. Интерес представляют компланарные цилиндрические резонаторы. Используя их можно получить довольно интересные и технологичные устройства СВЧ. Преимущественно резонаторы используются в гибридных интегральных схемах. Рассмотрим объемный кольцевой резонатор на компланарном волноводе.

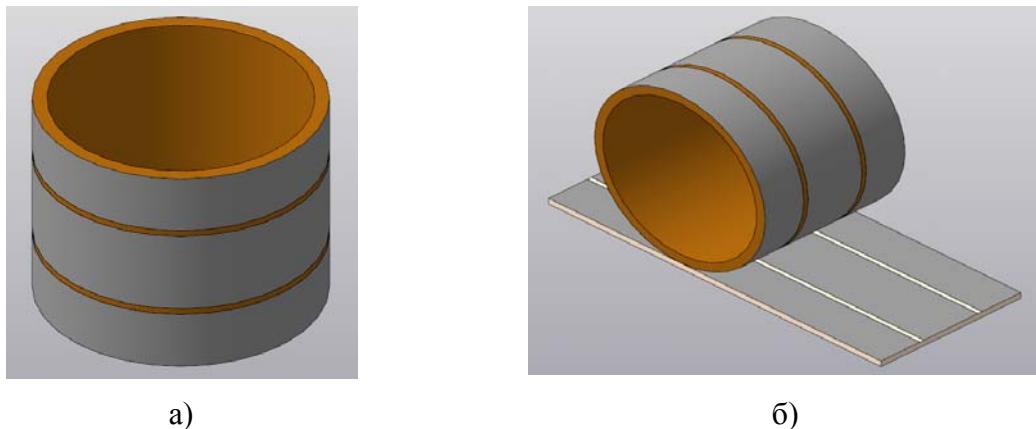


Рис. 1. Кольцевой резонатор на компланарном волноводе (а), способ его включения (б)

Конструкция представляет собой свернутый в кольцо компланарный волновод. Цилиндрическая поверхность может быть заменена на эллиптическую, так как любая плавно-гладкая поверхность для волны предпочтительнее, чем конструкция с наличием прямоугольных изломов. В качестве диэлектрика может быть выбран высокодобротный материал, который хорошо обрабатывается и имеет низкие потери, иначе при формировании цилиндра возникнет много неоднородностей, что создаст дополнительные паразитные элементы. Резонатор должен иметь минимальную площадь соприкосновения с линией, на которую он устанавливается, так является резонатором бегущей волны [1, 2]. Большая площадь соприкосновения приведет к расфазированию волны в устройстве. В учебной версии системы трехмерного моделирования КОМПАС-3Dv17 была построена модель резонатора и показан метод его установки (рис. 1).

Для проведения эксперимента были синтезированы две масштабные модели резонаторов на компланарном волноводе. Диаметр определялся имеющимися материалами, в данном случае это два картонных цилиндра диаметрами D_1 и D_2 . Свойства компланарного резонатора исследовались на установке, представленной на рис. 2.

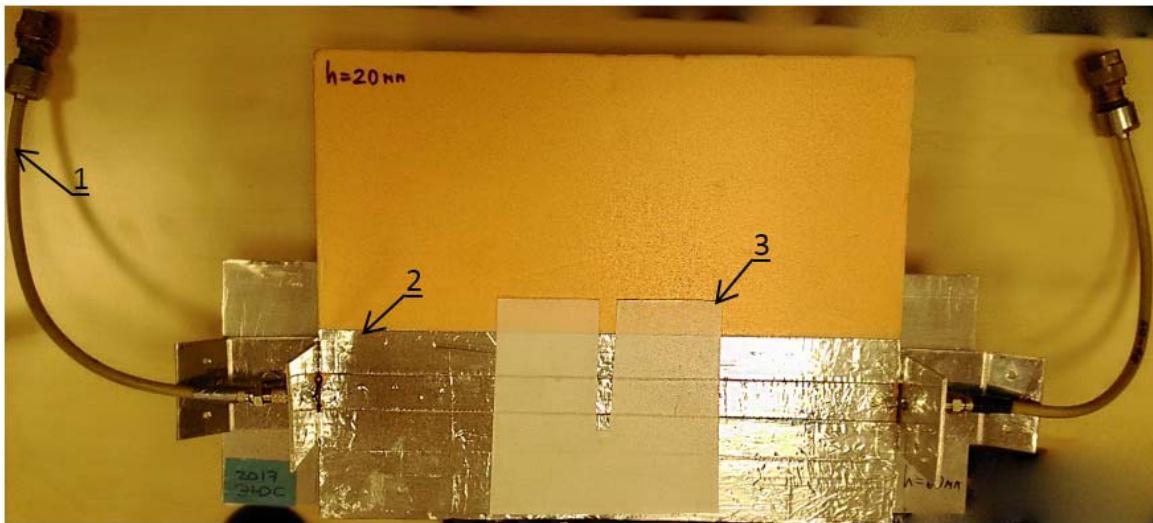


Рис. 2. Экспериментальная установка: 1 – коаксиальный кабель длиной 33 см, 2 – компланарный волновод длиной 30 см, 3 – изолирующий материал с прорезью для достижения минимального контакта

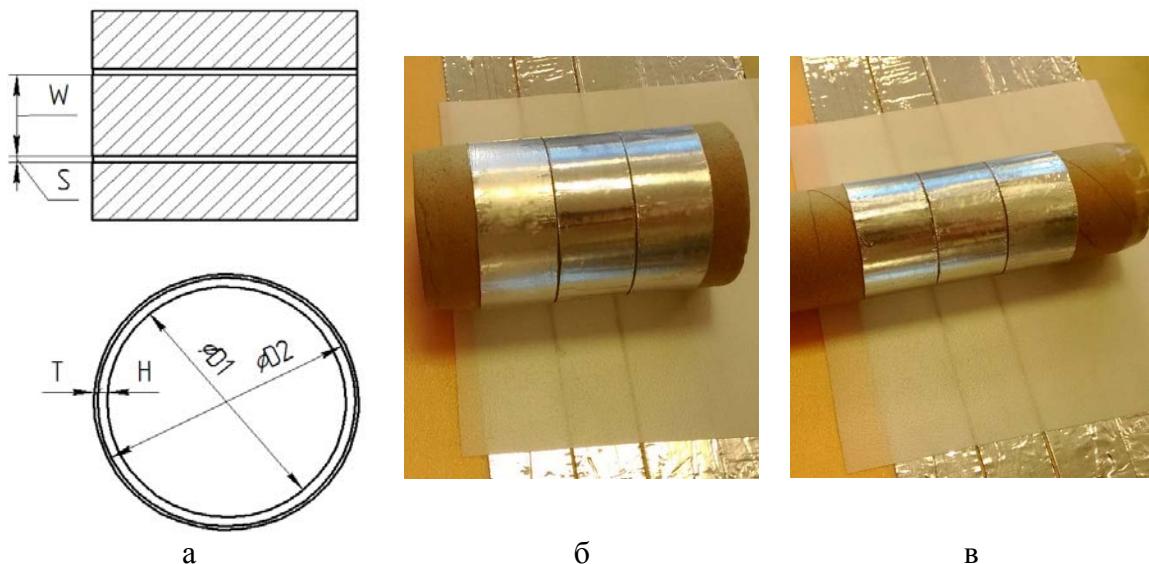


Рис. 3. Чертеж резонатора (а), макет №1 (б), макет №2 (в)

ТАБЛИЦА. Геометрические характеристики резонаторов

	L , мм	W , мм	H , мм	T , мм	ϵ
Макет №1	142	19	3	0,03	2,4
Макет №2	105	19	1,5	0,03	2,4

Боковые цилиндры («земля») являются съемными элементами, что позволяет регулировать ширину щели, меняя таким образом волновое сопротивление линии. Важным геометрическим параметром цилиндров является длина их окружности, от которой зависит частота резонанса. В данном случае для достижения резонанса длина окружности должна быть равна целому

числу длин волн [3, 4]. При расчете частоты следует учитывать влияние слоя воздуха между съемными пластинами и цилиндром.

$$f = \frac{c}{\lambda} \sqrt{\frac{2}{\varepsilon + 1}} \Rightarrow f_1 = 1,62 \text{ ГГц}$$

На рис. 4 представлены результаты эксперимента с макетом № 1.

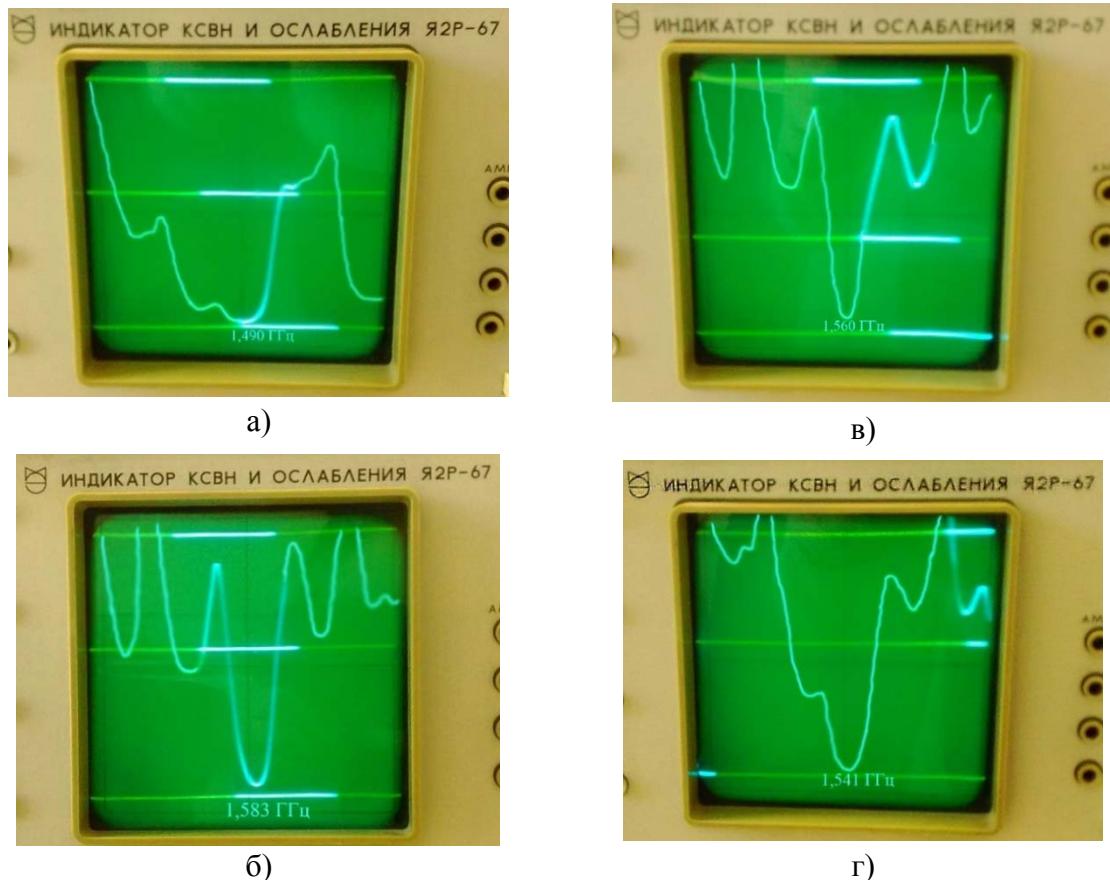


Рис. 4. АЧХ макета № 1 при $S = 0,1$ мм (а), $S = 1$ мм (б), $S = 2$ мм (в), $S = 4$ мм (г)

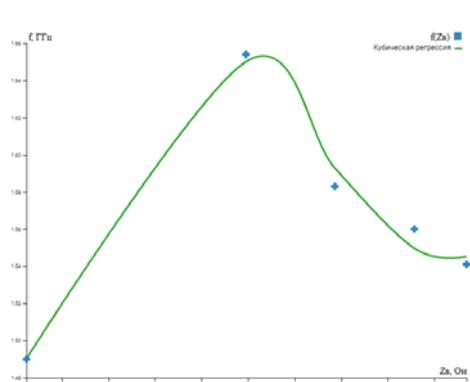


Рис. 5. Зависимость частоты резонанса от волнового сопротивления

При увеличении ширины зазора от минимального значения до 0,5 мм, частота резонанса возрастает, при последующих значениях – убывает (рис. 5). При изменении ширины зазора, увеличивается волновое сопротивление, так как начинает изменяться погонная емкость структуры. Погонная индуктивность остается постоянной, так как длина окружности не меняется. Максимальное ослабление 20 дБ наблюдалось

при минимальной ширине зазора, при S равном 1 и 2 мм ослабление равно 14 и 15 дБ соответственно.

Вторая структура менее качественная, чем первая. Два паразитных резонанса вызваны существенным расфазированием волны (рис. 6). Так как цилиндр, на котором выполнен второй резонатор меньшим диаметром, также с более тонкими стенками, возникает дополнительная паразитная емкость внутри цилиндра. Для дальнейшего проведения эксперимента с резонаторами небольших диаметров, необходимо экранировать внутреннюю часть цилиндра.



Рис. 6. АЧХ макета № 2 при $S = 1$ мм (а), $S = 2$ мм (б)

Результатом данного исследования является то, что экспериментально доказана зависимость частоты резонанса от геометрических характеристик устройства, таких как длина окружности цилиндра, ширина зазора. Следовательно, меняя волновое сопротивления структуры можно получать смещение частоты.

В дальнейшей работе над компланарным резонатором на цилиндрической поверхности планируется разработать метод расчета и оценки электротехнических параметров устройства, повысить качество создаваемых макетов, продумать возможные способы подключения устройства в линию.

Вывод: предлагаемый резонатор обладает конструктивной новизной и возможно найдет применение в объемных интегральных схемах СВЧ, также возможно построение устройств частотной селекции (и стабилизации) с использованием резонатора как самостоятельного функционального элемента.

Список используемых источников

1. Маттей Г. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи: в 2 т. М.: Связь, 1971. Т. 1. 440 с.

2. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М.: Наука, 1985. 256 с.

3. 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, 2017. С. 426–431.

4. Боброва К. В., Булатова И. А., Иванова Е. А., Седышев Э. Ю. Расчёт модифицированных линий передач для объёмных интегральных схем СВЧ. СПб. : Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2015. С. 161–170.

УДК 621.396.67

МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НА ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЯХ

А. Р. Кубалова, А. П. Максимов

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

Разработан новый метод синтеза эллиптического полосно-заграждающего СВЧ фильтра с реализацией на типовых звеньях. Предложена методика расчета фильтра с применением симулятора электромагнитного поля. Представлены результаты экспериментального исследования макета фильтра.

эллиптический фильтр, СВЧ фильтр, микрополосковая линия, связанные микрополосковые линии, полосно-заграждающий фильтр, многопроводная линия, электромагнитное моделирование.

Эллиптическим полосно-заграждающим фильтром (ПЗФ) называется фильтр с равноволновой характеристикой затухания как в полосе пропускания (ПП), так и в полосе заграждения (ПЗ), имеющий нули передачи на конечных частотах вблизи краёв ПЗ, что позволяет усилить крутизну переходной области АЧХ без повышения порядка ПЗФ. Нормированный ПЗФ на элементах с сосредоточенными параметрами получается с помощью частотного преобразования ФПНЧ, выбранного из таблиц Заала [1]. Для перехода к полосковой СВЧ структуре используется преобразование Ричардса [2] и преобразования Куроды-Леви для резонансных звеньев [3]. Каскадные соединения резонансных цепей и единичных элементов (ЕЭ) ре-

ализуются типовыми звенями из связанных линий передачи по методу Родса, Сканлана и Леви [4]. Рассмотрим порядок проектирования микрополоскового эллиптического ПЗФ на примере Т3: центральная частота $f_0 = 1,5$ ГГц; относительная ширина ПЗ $w = 10\%$; затухание в ПЗ $a_s \geq 40$ дБ; сопротивление нагрузки $Z_0 = 50$ Ом; порядок фильтра $N = 5$. Техническому заданию удовлетворяет ФПНЧ С0415-31с, вариант В (рис. 1). Значения элементов ФПНЧ: $g_1 = 0,8057$; $g_2 = 0,1382$; $g_3 = 1,2286$; $g_4 = 1,3534$; $g_5 = 0,9311$; $\Omega_r = 2,427$. АЧХ выбранного ФПНЧ изображена на рис. 1 а, б. Для перехода от ФПНЧ к нормированному ПЗФ воспользуемся частотным преобразованием:

$$\Omega \rightarrow -\frac{1}{a_1 \left(\Omega - \frac{1}{\Omega} \right)}, \quad (1)$$

где Ω – нормированная частота, $a_1 = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$; $f_1 = f_0 - \frac{w f_0}{100\%}$; $f_2 = f_0 + \frac{w f_0}{100\%}$.

В результате преобразования элементов схемы (рис. 1) индуктивности становятся параллельными резонансными контурами, а емкости – последовательными резонансными контурами. Рассчитанные значения элементов преобразованной схемы нормированного ПЗФ (рис. 2) представлены в таблице 1.

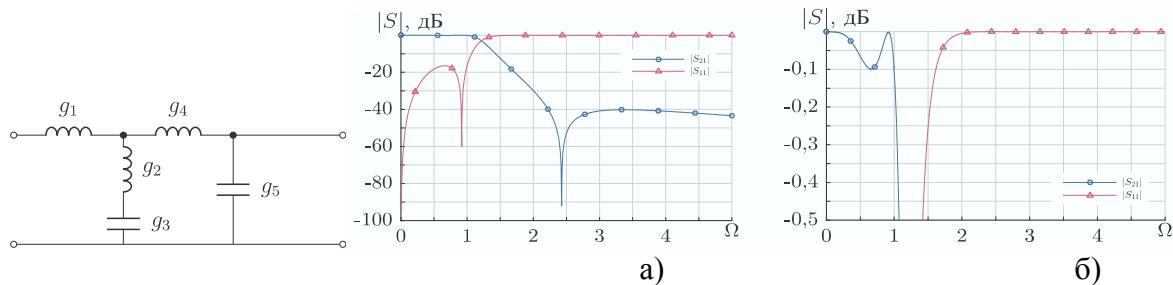


Рис. 1. Схема эллиптического ФПНЧ С0415-31с
и АЧХ эллиптического ФПНЧ С0415-31с

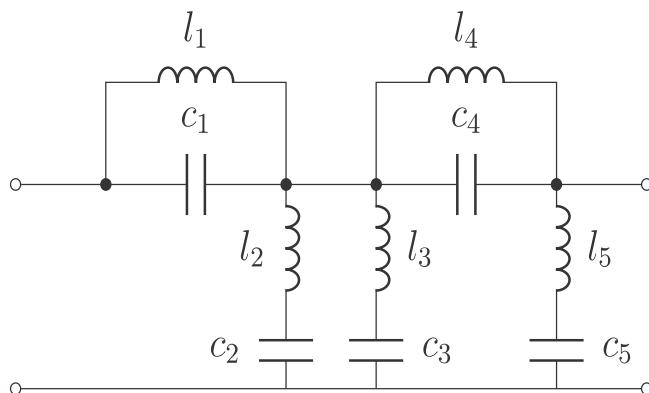


Рис. 2. Схема эллиптического ПЗФ на элементах с сосредоточенными параметрами

ТАБЛИЦА 1. Значения элементов схемы нормированного эллиптического ПЗФ

№ элемента	<i>l</i>	<i>c</i>
1	0,081	12,411
2	15,950	0,060
3	16,621	0,063
4	0,135	7,386
5	10,740	0,093

Перейдем от элементов с сосредоточенными параметрами к короткозамкнутым и разомкнутым отрезкам линий передачи длиной $\theta_0 = \pi/4$ на f_0 . Для этого воспользуемся преобразованием Ричардса: $\Omega \rightarrow \operatorname{tg} \theta$, где Ω – нормированная частота, $\operatorname{tg} \theta$ – новая частотная переменная. Относительная ПЗ фильтра на элементах Ричардса $w = 6\%$. Сужение ПЗ компенсируется заменой $a_1 \rightarrow a$, где для узкополосного случая:

$$a = \frac{|\sin \theta_0|}{2\theta_0} a_1 = \frac{1}{1,57} \frac{1,5 \times 10^9}{1,575 \times 10^9 - 1,425 \times 10^9} = 7,570.$$

В преобразованной схеме элементы объединены в одной точке и не могут быть реализованы в виде полосковой структуры. Одним из наиболее распространенных способов разделения элементов цепей на линиях передачи служат тождества Куорды, которые позволяют перемещать вдоль лестничной цепи добавленные в нее ЕЭ так, чтобы они не меняли частотные характеристики фильтра. В результате перемещений ЕЭ получим типовые звенья, для которых известны эквивалентные схемы на связанных линиях передачи. Рассмотрим этапы преобразований цепи фильтра: в исходную схему со стороны источника и нагрузки добавляем пять ЕЭ (рис. 3а); три ЕЭ последовательно перемещаем в направлении центральных резонаторов (рис. 3б, в); каскадные соединения ЕЭ и резонаторов преобразуем в типовые звенья на связанных линиях передачи (рис. 3г). В [3, с. 15–27] рассмотрены эквивалентные схемы и формулы, используемые в статье. Волновые сопротивления элементов типовых звеньев (рис. 3г), масштабированные для сопротивлений источника и нагрузки $Z_0 = 50$ Ом, приведены в таблице 2. АЧХ схемы эллиптического ПЗФ на идеальных связанных линиях передачи представлена на рис. 4.

В соответствии со схемой (рис. 3г) была синтезирован микрополосковый фильтр на материале Taconic Cer-10 с параметрами: $\epsilon_r = 10$, высота $h = 1,27$ мм, толщина металлизации $t = 35$ мкм, тангенс диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta = 0,0035$. Были проведены анализ, параметрическая оптимизация структуры ПЗФ с помощью программы HFSS и по формулам из [5] были рассчитаны исходные размеры микрополосковых связанных линий.

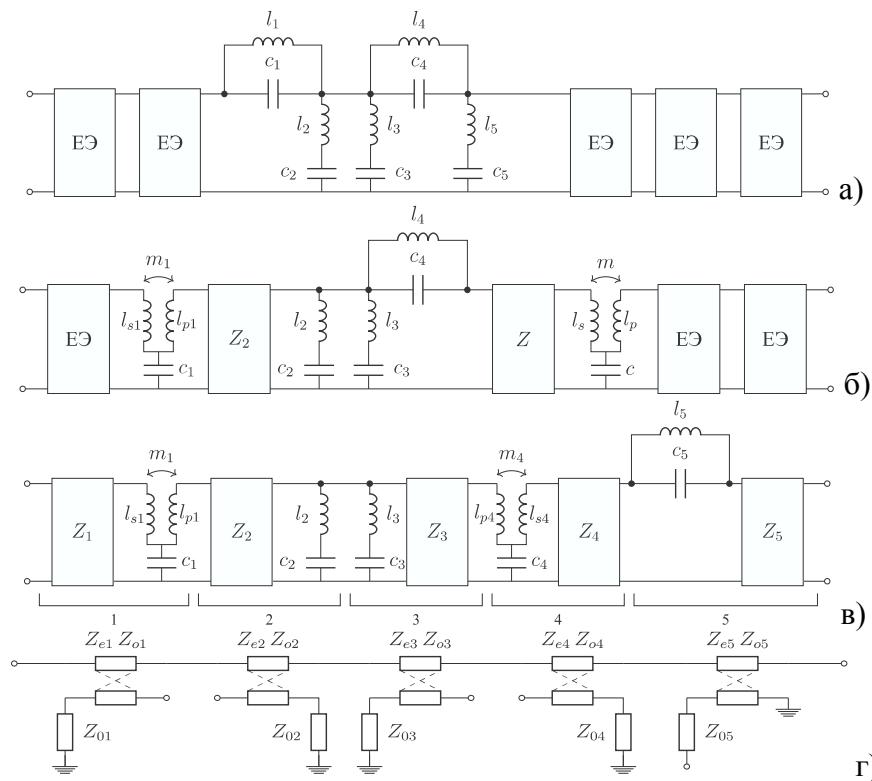


Рис. 3. Преобразования схемы эллиптического ПЗФ СВЧ на элементах с распределенными параметрами

ТАБЛИЦА 2. Волновые сопротивления (Ом) элементов типовых звеньев эллиптического ПЗФ

Звено 1		Звено 2		Звено 3		Звено 4		Звено 5	
Z _{e1}	Z _{o1}	Z _{e2}	Z _{o2}	Z _{e3}	Z _{o3}	Z _{e4}	Z _{o4}	Z _{e5}	Z _{o5}
70,98	35,34	69,14	37,19	67,80	36,02	74,69	29,53	76,49	37,14
Z _{o1}		Z _{o2}		Z _{o3}			Z _{o4}	Z _{o5}	
47,19		45,33		50,19			42,26	56,81	

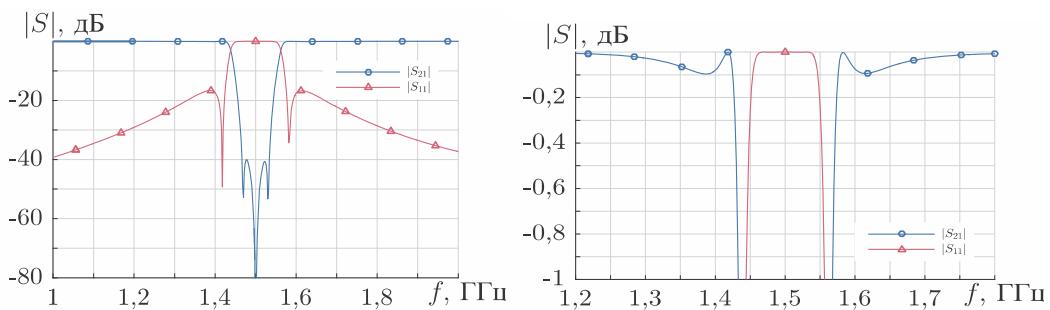


Рис. 4. АЧХ эллиптического ПЗФ на идеальных линиях передачи

Полная топология ПЗФ СВЧ на материале Сер-10 представлена на рис. 5, а ее АЧХ, полученные в результате электромагнитного моделиро-

вания, на рисунке 6. Физические размеры топологии с учетом металлизированных переходных отверстий и паразитных концевых емкостей полосков указаны в таблице 3. Методом фрезерования был изготовлен экспериментальный образец ПЗФ. Измерения электрических параметров устройства проводились в полосе частот от 1 до 2 ГГц на анализаторе цепей «Обзор-304/1». Фотография экспериментального образца представлена на рис. 5. На рис. 7 отображены измеренные частотные характеристики фильтра.

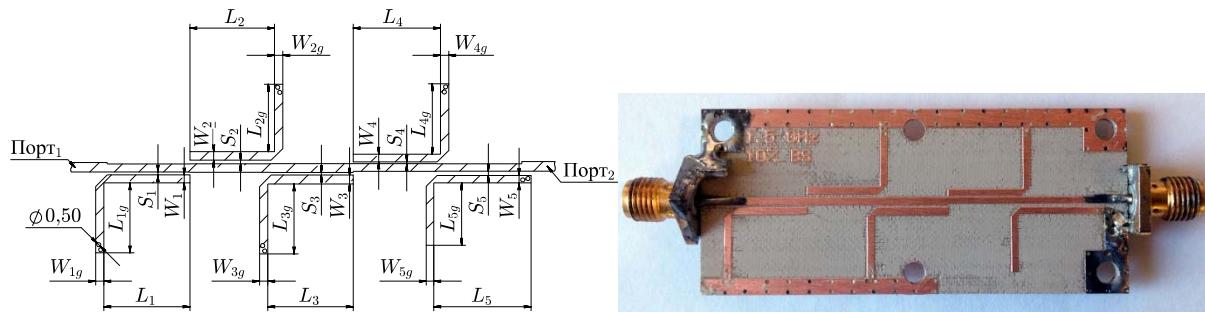


Рис. 5. Чертеж топологии эллиптического ПЗФ СВЧ на МПЛ и фотография экспериментального образца микрополоскового эллиптического ПЗФ

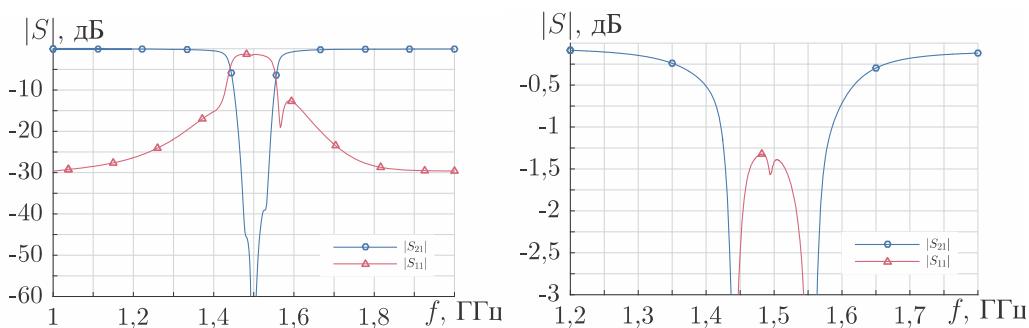


Рис. 6. АЧХ эллиптического ПЗФ на МПЛ, полученная в HFSS

ТАБЛИЦА 3. Размеры синтезированного эллиптического ПЗФ СВЧ

№ звена	Размеры, мм				
1	W_1	W_{1g}	L_1	L_{1g}	S_1
	0,985	1,000	10,470	8,59	0,350
2	W_2	W_{2g}	L_2	L_{2g}	S_2
	1,050	1,000	10,300	8,275	0,440
3	W_3	W_{3g}	L_3	L_{3g}	S_3
	1,090	1,000	10,390	8,575	0,320
4	W_4	W_{4g}	L_4	L_{4g}	S_4
	0,950	1,000	10,610	8,650	0,200
5	W_5	W_{5g}	L_5	L_{5g}	S_5
	0,910	0,910	11,820	7,650	0,530

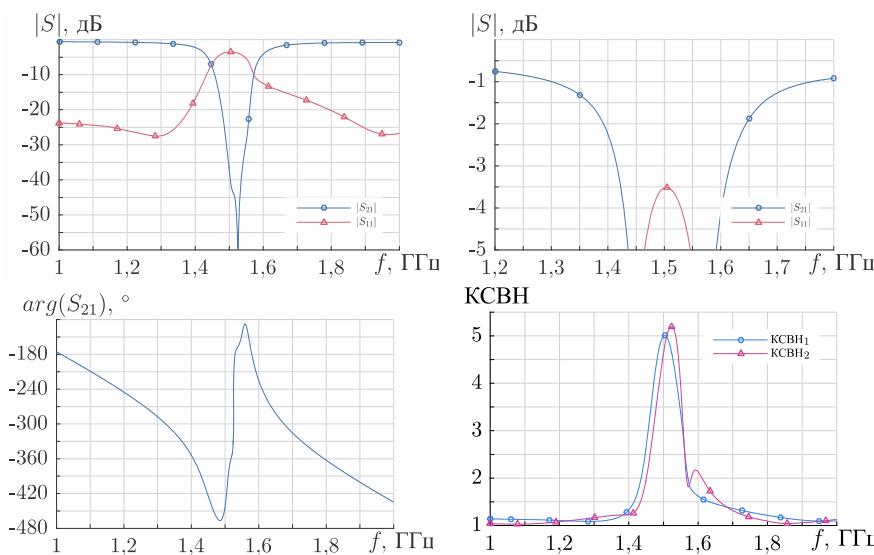


Рис. 7. Измеренные частотные характеристики экспериментального образца эллиптического ПЗФ на МПЛ

Была синтезирована планарный эллиптический ПЗФ на типовых звеньях на материале Taconic Cer-10 с $\epsilon_r = 10$, $h = 1,27$ мм, $t = 35$ мкм и $\operatorname{tg} \delta = 0,0035$. Проведено моделирование методом конечных элементов в HFSS. Изготовлен экспериментальный образец и измерены его электрические характеристики. Теория, на которой основана процедура синтеза, подтверждается результатами моделирования и эксперимента. Сравнение рис. 4 и 6 показывает, что частотная характеристика ПЗФ с реализацией на МПЛ теряет симметрию относительно центральной частоты. Данное искажение АЧХ наблюдается и в случае микрополосковых ППФ на связанных линиях. Моделирование фильтра на идеальных линиях передачи с учетом потерь демонстрирует существенное влияние на форму АЧХ потерь в диэлектрике (см. рис. 4 и 6): нули и полюса передачи сглаживаются и становятся практически не различимы, увеличиваются потери вблизи частот f_1 и f_2 . Коэффициент отражения на f_0 для макета фильтра оказался ниже теоретического на 2 дБ и составил $-3,5$ дБ. Габариты экспериментального образца $51,6 \times 20,8 \times 1,27$ мм.

Список используемых источников

1. Зааль Р. Справочник по расчету фильтров. М.: Радио и связь, 1983. 752 с.
2. Richards P. I. Resistor-Transmission-Line Circuits // Proceedings of the IRE. 1948. Vol. 36, No. 2. PP. 217–220.
3. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и моделирование микроволновых фильтров. СПб.: Изд-во СПбГУТ, 2012. 216 с.
4. Rhodes J. D., Scanlan J. O., Levy R. Realization of Microwave Brune Sections // Electronics Letters. 1965. Vol. 1, No. 9. P. 268–269.

5. Kirsching M., Jansen R. H. Accurate Wide-Range Design Equations for the Frequency-Dependent Characteristic of Parallel Coupled Microstrip Lines // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 1984. Vol. MTT-32, No. 1. PP. 83–90.

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

УДК 621.396.67

СИНТЕЗ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПАКТНОГО МИКРОПОЛОСКОВОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА СВЧ С ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫМИ ИНВЕРТОРАМИ

А. Р. Кубалова, А. П. Максимов

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

Разработан модифицированный метод проектирования эллиптического полосно-пропускающего СВЧ фильтра с четвертьвольновыми инверторами. Полученная структура фильтра в два раза короче канонической при одинаковых параметрах АЧХ.

эллиптический фильтр, СВЧ фильтр, микрополосковая линия, инверторы импедансов, полосно-пропускающий фильтр, электромагнитное моделирование.

Эллиптическим называют фильтр, характеристика затухания которого пульсирует как в полосе пропускания (ПП), так и в полосе заграждения (ПЗ). Благодаря нулям передачи, расположенным вблизи краёв ПП, эллиптические фильтры (ЭФ) характеризуются повышенной частотной избирательностью, что позволяет аппроксимировать характеристику идеального фильтра с применением наименьшего числа реактивных элементов. При той же крутизне переходной области АЧХ и той же собственной добротности резонаторов Q_u ЭФ 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 четвертьвольновыми инверторами импедансов. Впервые методика проектирования ЭФ с инверторами на симметричной полосковой линии (СПЛ) была изложена в работе [1]. Преимуществом ЭФ с инверторами является хорошая приспособленность его топологии к изготовлению как на СПЛ, так и на микрополосках (МПЛ) из-за отсутствия связанных линий передачи и металлизированных переходных отверстий. При проектировании ЭФ с инверторами

могут использоваться диэлектрики с высоким значением относительной диэлектрической проницаемости 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 удается 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, изложенным в [1].

Для удобства сравнения результатов при разработке модифицированного фильтра были заданы параметры АЧХ, аналогичные параметрам в работе [1]: центральная частота $f_0 = 3$ ГГц; относительная ПП $w = 1\%$; фильтр-прототип нижних частот (ФПНЧ) с параметрами, представленными на рисунке 1.

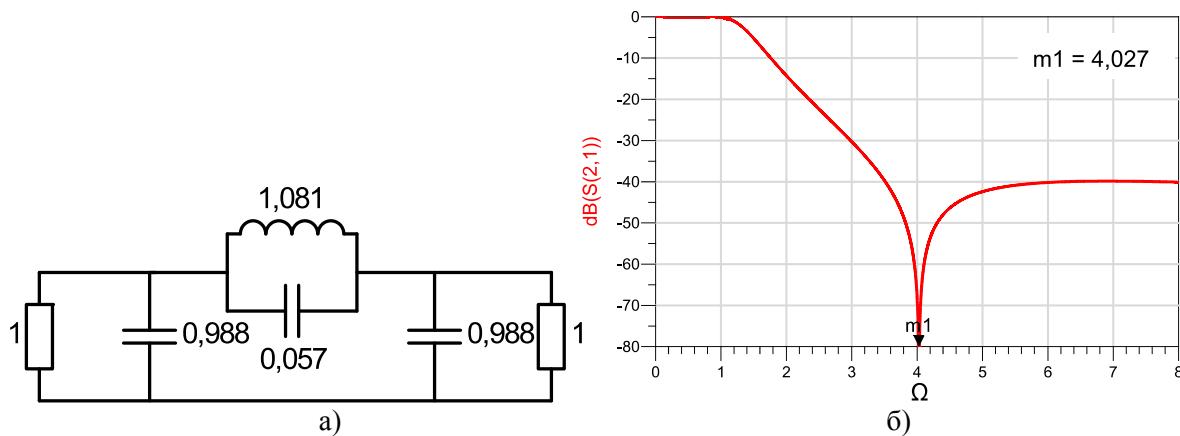


Рис. 1. Параметры ФПНЧ эллиптического фильтра

В [1] использовался диэлектрик подложки Rexolite с $\epsilon_r = 2,53$ и тангенсом диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta = 0,0002$. Собственная добротность резонаторов Q_u составляла 500. С целью миниатюризации материалом подложки был выбран TaconicCer-10 с $\epsilon_r = 10$ и $\operatorname{tg}\delta = 0,0035$. В результате электромагнитного анализа собственных мод микрополосковых резонаторов на материале TaconicCer-10 была получена $Q_u \approx 230$. Дополнительно рассчитан фильтр с $w = 2,5\%$.

Расчет ЭФ с инверторами на МПЛ сводится к следующим основным этапам: частотное преобразование от ФПНЧ к полосно-пропускающему фильтру (ППФ); преобразование узловых проводимостей ППФ по методу Нортона, не меняющее входных и выходных характеристик цепи; включение в схему четвертьволновых инверторов, преобразующих полосно-заграждающие колебательные контуры в их дуальные последовательные цепи; преобразование колебательных контуров в полосковые резонансные шлейфы методом приравнивания

первых производных импеданса на частоте f_0 ; масштабирование всех волновых сопротивлений схемы с целью выполнения требований физической реализуемости; подключение входных и выходных ёмкостных трансформаторов. Подробно с перечисленными методами и принципами их применения при синтезе ЭФ с инверторами можно ознакомиться в работах [2, 3, 4]. Параметры инверторов и коэффициент масштабирования волновых сопротивлений выбираются произвольно. В работе [1] 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, изображенная на рис. 2.

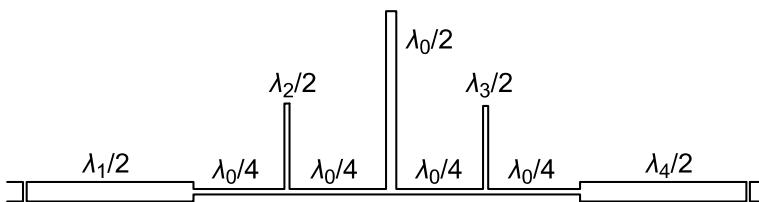


Рис. 2. Каноническая структура ЭФ с инверторами

При 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 в два раза, если сместить ёмкостные трансформаторы к точке соединения инверторов с крайними шлейфами (рис. 3 б). Для уменьшения влияния неоднородностей, вносимых изгибами микрополосков, рекомендуется выбирать такие коэффициенты трансформации, чтобы волновые сопротивления инверторов и крайних полуволновых шлейфов совпадали [3]. Из рисунка 3 видно, что граничные условия на концах полуволнового шлейфа эквивалентны для канонической и модифицированной конфигураций входных цепей.

Модифицированная структура ЭФ с четвертьволновыми инверторами представлена на рис. 4. Как и в каноническом исполнении, ширина ПП определяется

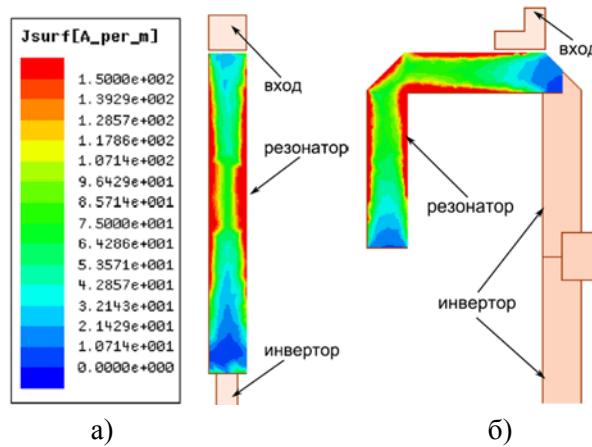


Рис. 3. Поверхностная плотность тока на резонаторе при подключении:
а) со стороны внешнего конца резонатора,
б) со стороны инвертора

399

значением сосредоточенной емкости по входу и выходу фильтра. Точное воспроизведение топологии, изображенной 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.

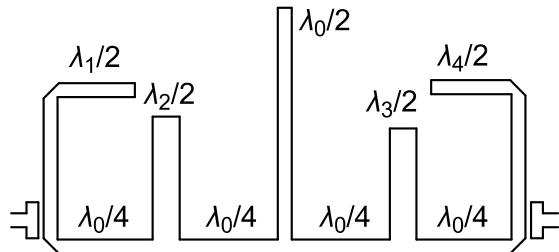


Рис. 4. Модифицированная структура ЭФ с инверторами

Результаты электромагнитного моделирования модифицированного ЭФ с инверторами для случаев $w = 1\%$ и $w = 2,5\%$ отображены пунктирными линиями на рис. 5.

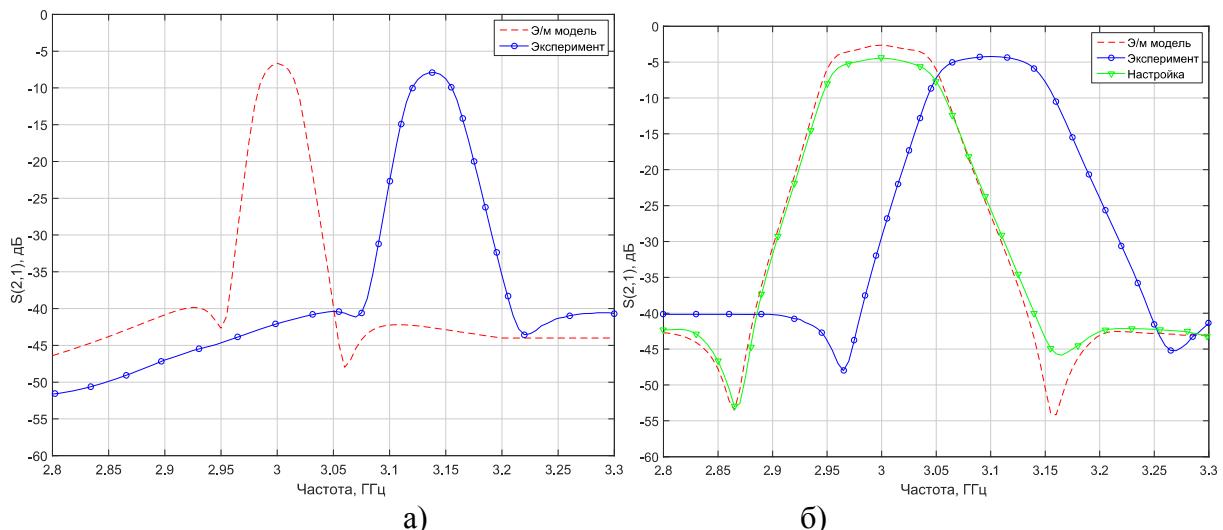


Рис. 5. АЧХ фильтра с $w = 1\%$ (а) и $w = 2,5\%$ (б),
полученные в результате электромагнитного моделирования
и экспериментального исследования

Были изготовлены экспериментальные образцы фильтров (рис. 6). Топология формировалась на металлизированной диэлектрической подложке методом фрезерования. Измерения электрических характеристик макетов проводились на векторном анализаторе цепей AgilentPNA-L5230C. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 5 и 6. Из экспериментальных кривых на рис. 5 следует, что центральная частота и нули передачи смешены в сто-

рону высоких частот приблизительно на 100 МГц. Этот эффект объясняется технологической ошибкой на этапе фрезерования образца. С помощью отрезков медной фольги удалось настроить фильтр с $w = 2,5\%$ на заданную $f_0 = 3$ ГГц. АЧХ изготовленного макета после настройки приведены на рис. 5 и 6. Другие параметры измеренных АЧХ согласуются с теоретическими расчётами. По ослаблению в ПП, уровню затуханий в ПЗ, крутизне переходной области и симметричности АЧХ модифицированный фильтр не уступает своему аналогу в [1] с учетом разницы в значениях добротности резонаторов.

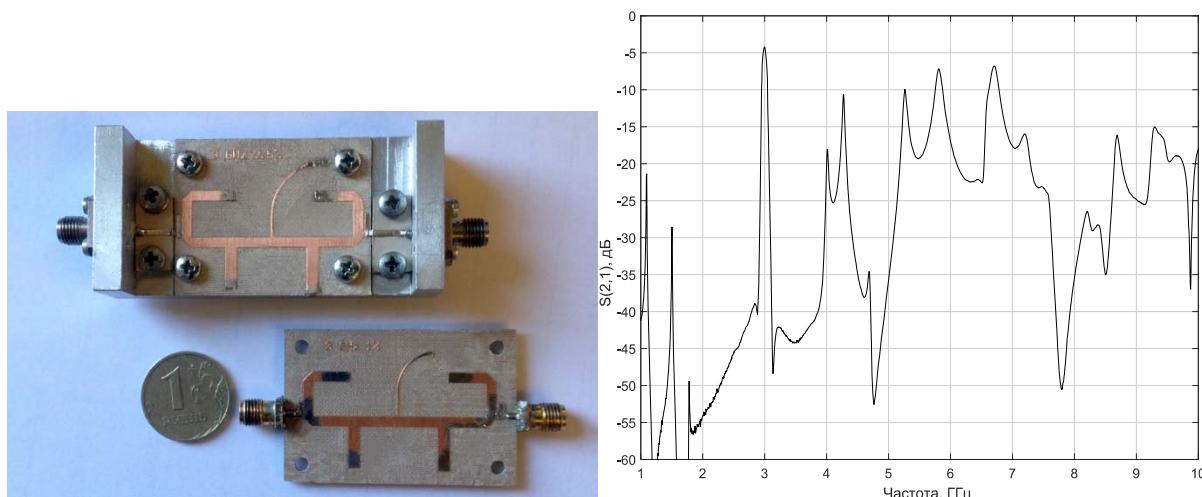


Рис. 6. Фотография экспериментальных образцов микрополосковых ЭФ с инверторами и измеренная АЧХ фильтра с $w = 2,5\%$ после настройки

Таким образом, разработаны и экспериментально верифицированы миниатюрные модификации узкополосных ЭФ с четвертьвольновыми инверторами сантиметрового диапазона. Электрическая длина уменьшена в два раза. Благодаря реализации на МПЛ, используется только один слой диэлектрика. Дополнительное сокращение физических размеров достигается путем использования диэлектрика подложки с высоким значением ϵ_r . Полученные результаты не только открывают перспективу более широкого применения ЭФ с инверторами в радиотехнической промышленности СВЧ, но и создают дополнительные предпосылки для замены фильтров Чебышёва и Баттервортса частотно-разделительными устройствами с эллиптическими характеристиками.

Список используемых источников

1. Rubinstein I., Sleven R.L., Hinte A.F. Narrow-Bandwidth Elliptic-Function Filters // Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on. 1969. Vol. 17 (12). P. 1108–1115.
2. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез микроволнового эллиптического фильтра с четвертьвольновыми инверторами // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2010. № 2. С. 59–67.
3. Кубалова А. Р., Томашевич С. В. Синтез и моделирование микроволновых фильтров. СПб. : СПбГУТ, 2012. 216 с.

4. Кубалова А. Р. Синтез и конструирование микрополосковых узкополосных эллиптических фильтров СВЧ с четвертьволновыми инверторами // Физика и технические приложения волновых процессов. VIII Международная научно-техническая конференция: материалы конференции, СПбГУТ. СПб., 2009. С. 72.

УДК 533.9.082.74

СИНТЕЗ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ПЕРЕХОДОВ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОИС

Л. С. Лебедев, Э. Ю. Седышев

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

В работе рассматриваются различные варианты планарных переходов сопряжения компланарной, полосковой и щелевых линий с использованием различных подходов к моделированию токонесущей части. В первом случае рассматривается классический переход с изменяющейся толщиной центральной линии, во втором исследуется переход с неизменной токонесущей частью, а также приведена конструкция построения широкополосного перехода с компланарной на щелевую линию.

СВЧ, переходы, полосковая линия, компланарная линия, щелевая линия.

При проектировании объемных интегральных схем СВЧ разработчики постоянно используют различные линии и резонаторы [1]. Переходы между этими линиями и включения резонаторов осуществляются по классическим канонам с выполнением двух условий: топологическая связность поля (отсутствие неоднородностей) и сохранение волнового сопротивления тракта на всем его протяжении [2].

При разработке переходов с компланарной линии на полосковую рассматривались два основных варианта переходов: «классический» переход с разными толщинами токонесущих частей у компланарной и полосковой линий и переход с использованием токонесущей части одинаковой ширины. Создание методики синтеза подобных переходов позволило бы упростить производство ОИС СВЧ, так как упростилась бы процедура конструирования самого перехода [3].

Для построения моделей использовалась программа «Компас 3D LT» (программа находится в свободном доступе). Пример 3D модели, а также их размеры приведены на рис. 1 и 2.

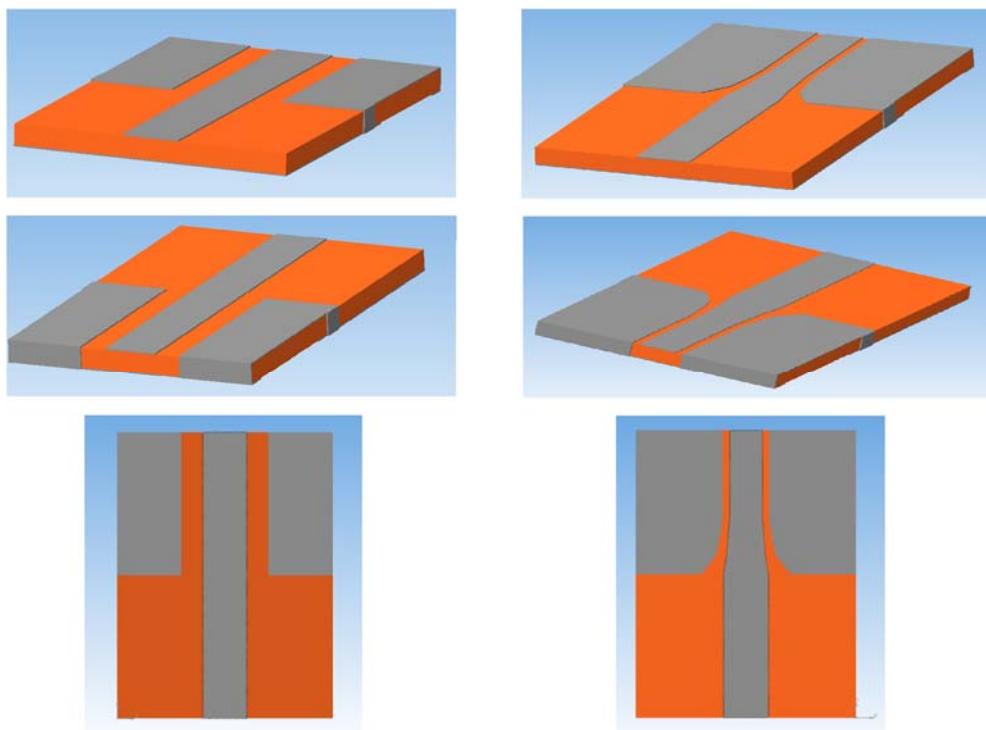


Рис. 1. 3D модели переходов

Для более точного расчета волнового сопротивления по сечениям моделей были использованы чертежи масштабных макетов (рис. 2).

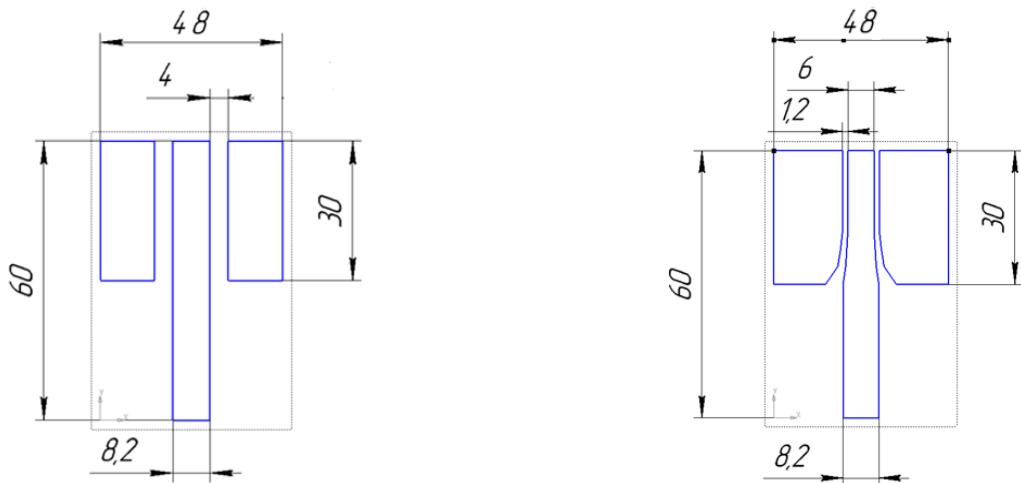


Рис. 2. Геометрия моделей

Расчет волновых сопротивлений компланарной и полосковой линий производился в программном продукте AppCAD (программа находится в свободном доступе). Пример расчётов приведён на рис. 3 и 4.

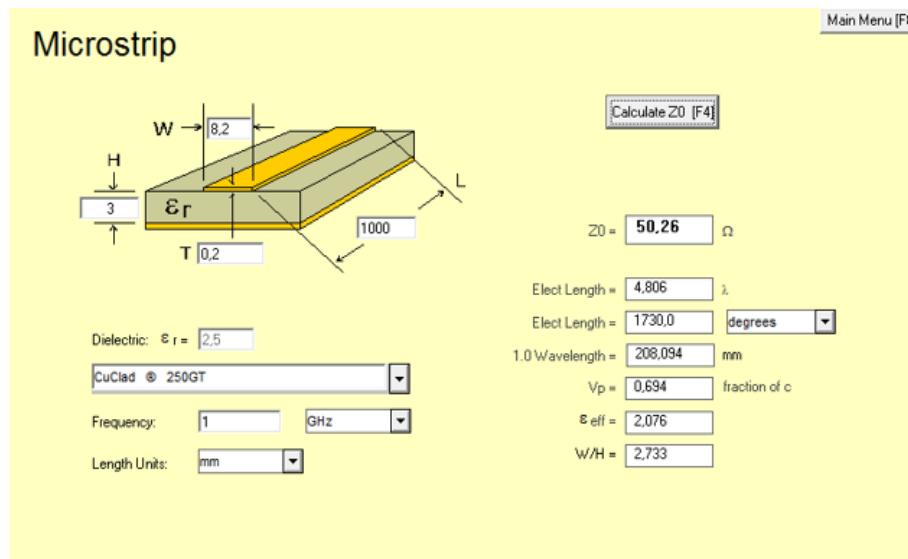


Рис. 3. Расчёт полосковой линии

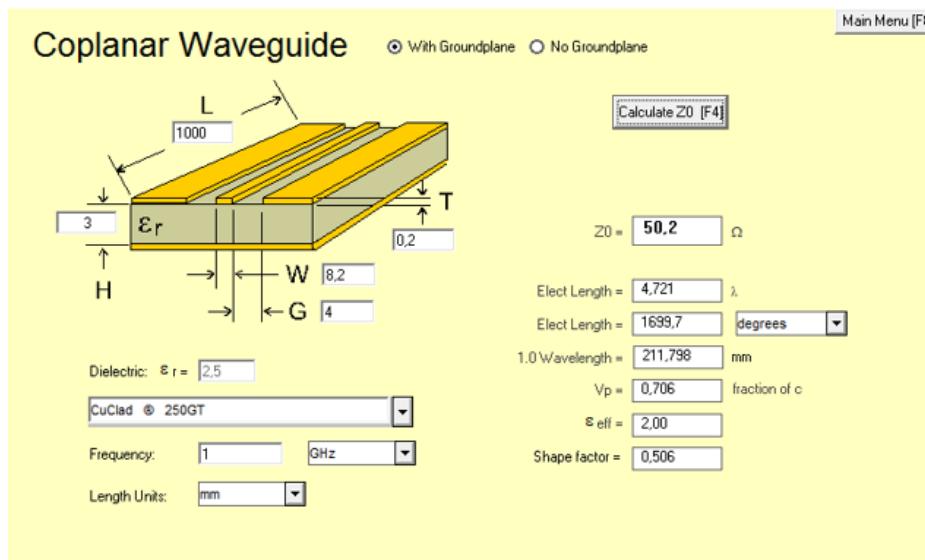


Рис. 4. Расчёт компланарной линии

При изготовлении масштабных макетов были использованы пенополистерол и алюминий. Характеристика макета с «классическим» переходом (рис. 5), оказалась равномерной в частотном диапазоне 1–2 ГГц, затухание во всем диапазоне порядка 2 дБ (рис. 6). Чтобы обеспечить связь «земли» полосковой линии с «землей» компланарной линии на торцах макета были сделаны перемычки (рис. 1). Существенные потери можно объяснить тем, что при изготовлении макета были использованы низкочастотные материалы.



Рис. 5. Макет «классического» перехода

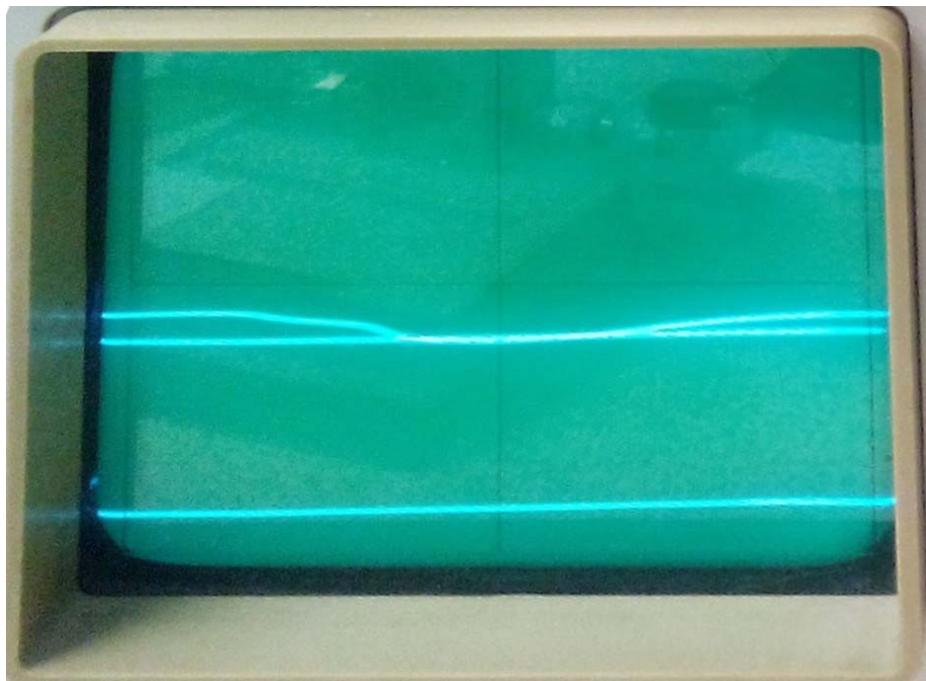


Рис. 6. АЧХ макета «классического» перехода

При измерении перехода с равной токонесущей частью (рис. 7) стенд показал достаточно ровную характеристику (рис. 8), но с уже большим ослаблением: 4 дБ. Здесь такой уровень ослабления можно объяснить отсутствием области согласования [5].



Рис. 7. Макет перехода с равной токонесущей частью

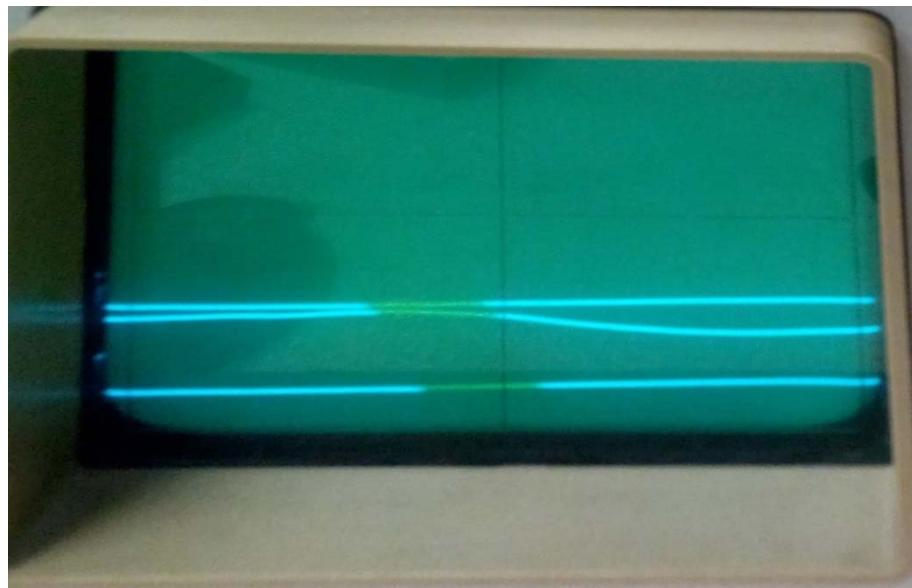


Рис. 8. Характеристика макета перехода с равной токонесущей частью

Результаты этих простых экспериментов показывают довольно хорошие частотные свойства переходов (равномерность АЧХ), даже при полном отсутствии технологии изготовления.

Серьезной проблемой является синтез широкополосного перехода с компланарного волновода на щелевую линию. За основу модели был взят компланарно-щелевой переход с четвертьволновым шлейфом. Недостатком перехода с четвертьволновым отрезком является **узкополосность**, передать СВЧ энергию на нём можно только в узкой полосе частот. Замена шлейфа на спиральную индуктивность должна решить эту проблему и расширить диапазон частот (рис. 9).

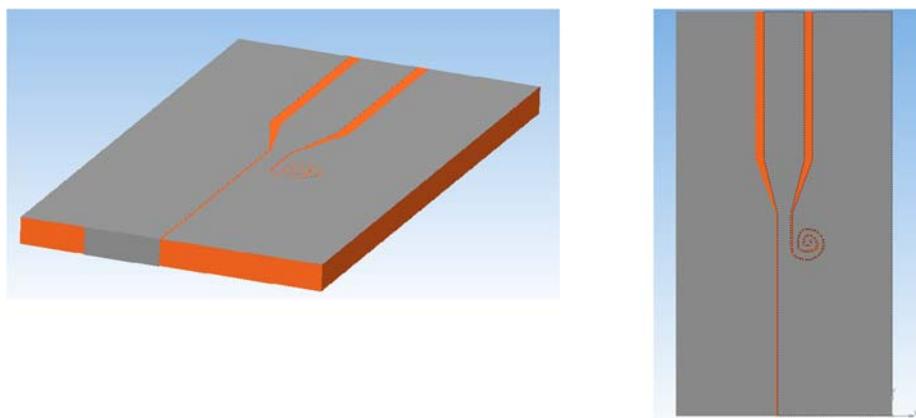


Рис. 9. 3D модель компланарно-щелевого перехода

Для проведения измерений были изготовлены различные модели данного перехода, все они подтвердили работоспособность предложенной структуры.



Рис. 10. Масштабный макет компланарно-щелевого перехода
(подложка – пенополистерол, проводник – латунная фольга)



Рис. 11. Упрощенный макет компланарно-щелевого перехода
(увеличен в 2 раза)

При снятии АЧХ с упрощенного макета в диапазоне частот 2...4 ГГц были получены удовлетворительные результаты (рис. 12). Сигнал проходит не во всем диапазоне частот и имеет потери –3,5 дБ в пике, также имеются провалы в области 2,5 ГГц и 3 ГГц до 9 дБ, эти провалы могут быть объяснены резонансными свойствами макета. Значительное затухание в данном случае объясняется погрешностью изготовления щелевой линии, так как волновое сопротивление 50 Ом требует зазора менее 1 мм.

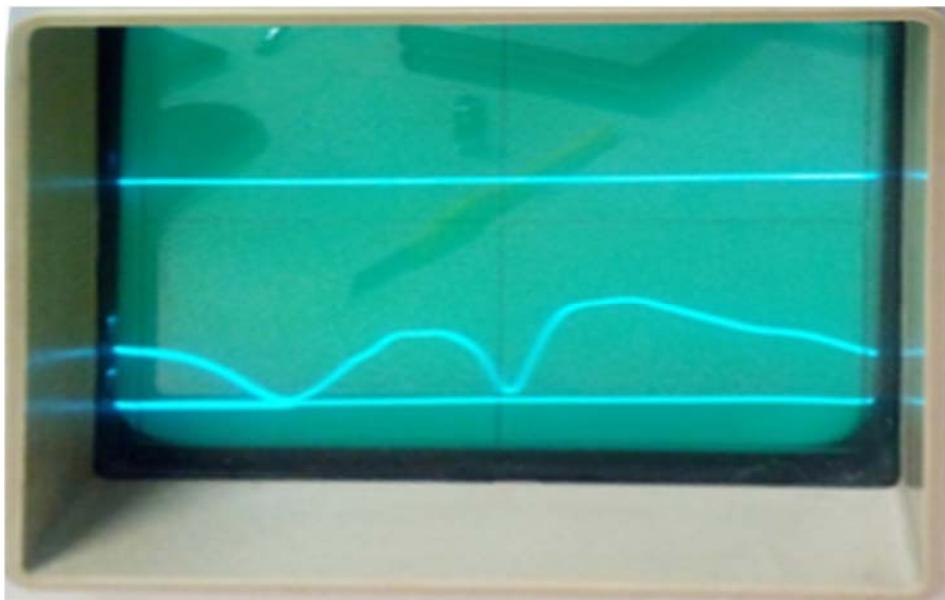


Рис. 12. Характеристика компланарно-щелевого перехода

Как следует из эксперимента, АЧХ представляет собой ломаную линию и имеет два ярко выраженных резонансных участка.

Вывод: синтезированные устройства могут быть использованы при создании гибридных и объемных интегральных схем СВЧ.

Список используемых источников

1. Боброва К. В., Булатова И. А., Иванова Е. А., Седышев Э. Ю. Расчёт модифицированных линий передач для объёмных интегральных схем СВЧ. СПб. : СПбГУТ, 2015.
2. Гвоздев В. И., Нефёдов Е. И. Объёмные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука, 1985.
3. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинальное проектирование СВЧ устройств / пер. с англ. С. Д. Бродецкой, под ред. В. Г. Шейнкмана. М. : Радио и связь, 1987.
4. Седышев Э. Ю. Масштабное макетирование объемных интегральных схем СВЧ диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: Международная научно-техническая и научно-методическая конференция, 20–24 февр. 2012 г. : материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 379–382.

5. 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.: Изд-во СПбГУТ, 21–25 февр. 2011 г.

УДК 621.396.67

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОВОЛОЧНОЙ СТРУКТУРЫ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ В ПРОГРАММЕ MMANA-GAL (BASIC)

В. А. Лужковская, Э. Ю. Седышев

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

Данная работа посвящена созданию (моделированию) и анализу проволочных структур для приема и передачи сигнала СВЧ. В ее основе лежат идеи создания проволочного рупора, по принципу контурных антенн. Основной задачей работы является моделирование обычного рупора в электродинамическом пакете и перфорация его поверхности до проволочной основы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что рупорная антенна, перфорированная до проволочной структуры, работоспособна.

СВЧ, рупорная антенна, контурный рупор.

Потребность в приеме и передаче СВЧ сигнала в свободном пространстве определяется хорошими характеристиками прохождения и возможностью создания эффективных антенных систем. При синтезе СВЧ антенн сегодня доминируют несколько классов антенн, в том числе фазированные антенные решетки и рупора. Расчет этих структур на СВЧ целесообразно проводить методами геометрической оптики, хотя методы моментов, декомпозиции, наведенных токов так же находят широкое применение [1].

Основу предлагаемой работы составляет компьютерное моделирование в программе MMANA-GAL BASIC. Эта программа предназначена для расчета и анализа антенн, которые можно представить, как произвольный набор тонких проводников. Расчет в ней производится методом моментов. Вычислительной основой программы является ядро MININEC3. Базовая версия MMANA-GAL свободна для личного, некоммерческого использования (данная информация размещена на официальном сайте программы <http://gal-ana.de/basicmm/ru/>) [2].

На рис. 1 представлена модель основной антенны, смоделированной в программе MMANA, указаны ее размеры. В дальнейшем, ее основные размеры будут сохранены, варьирование будет происходить с изменением проводников по их количеству, направлению и соединению, а также питанию (различное количество источников и места их установки) [3].

Антенна № 1 состоит из волновода, длиной 0,5 метра, и самого рупора, длиной 1 м. Так же она поделена на секции с одинаковым расстоянием между ними, которое в волноводе составляет 10 см, а в рупоре 20 см [4, 5, 6].

Проведем анализ макета антенны на частоте 500 МГц в «свободном пространстве». Программа рассчитала характеристики и смоделировала диаграммы направленности для антенны № 1 (рис. 2).

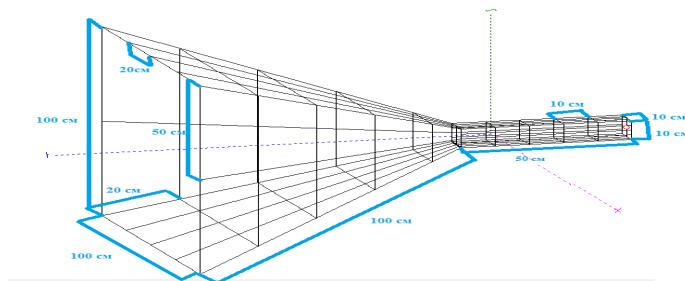


Рис. 1. Модель антенны № 1

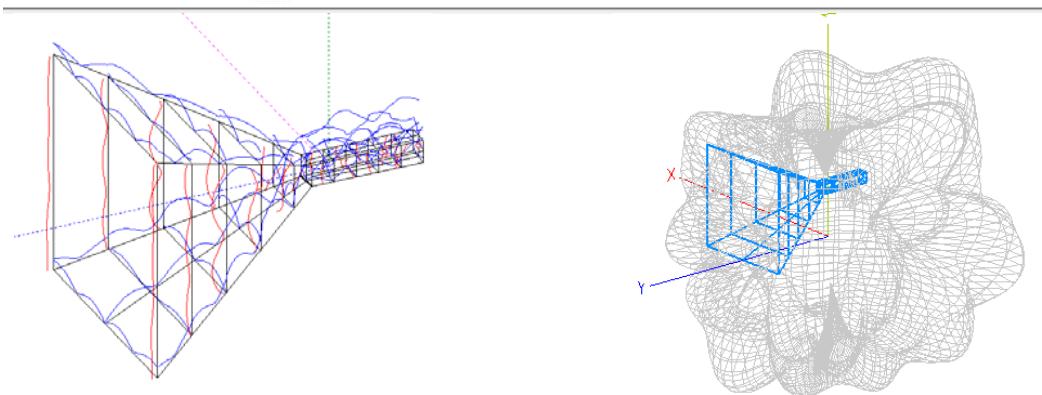
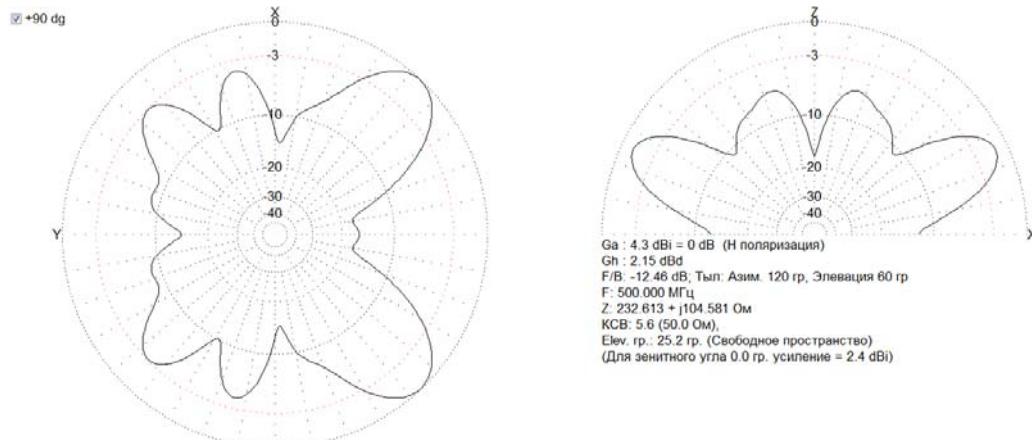


Рис. 2. Результаты моделирования для антенны № 1

По полученным диаграммам видно, что волна не выходит «лучом» из рупора и данную модель необходимо дорабатывать. Так же, можно заметить, что токи отсутствуют на боковых стенках рупора, а «растекаются» только по верхним и нижним проводникам.

Взяв за основу модель антенны № 1 доработаем ее (уберем боковые поперечные проводники), мы смоделировали антенну № 2 (рис. 3). Проведя моделирование на частоте 500 МГц, были получены следующие результаты.

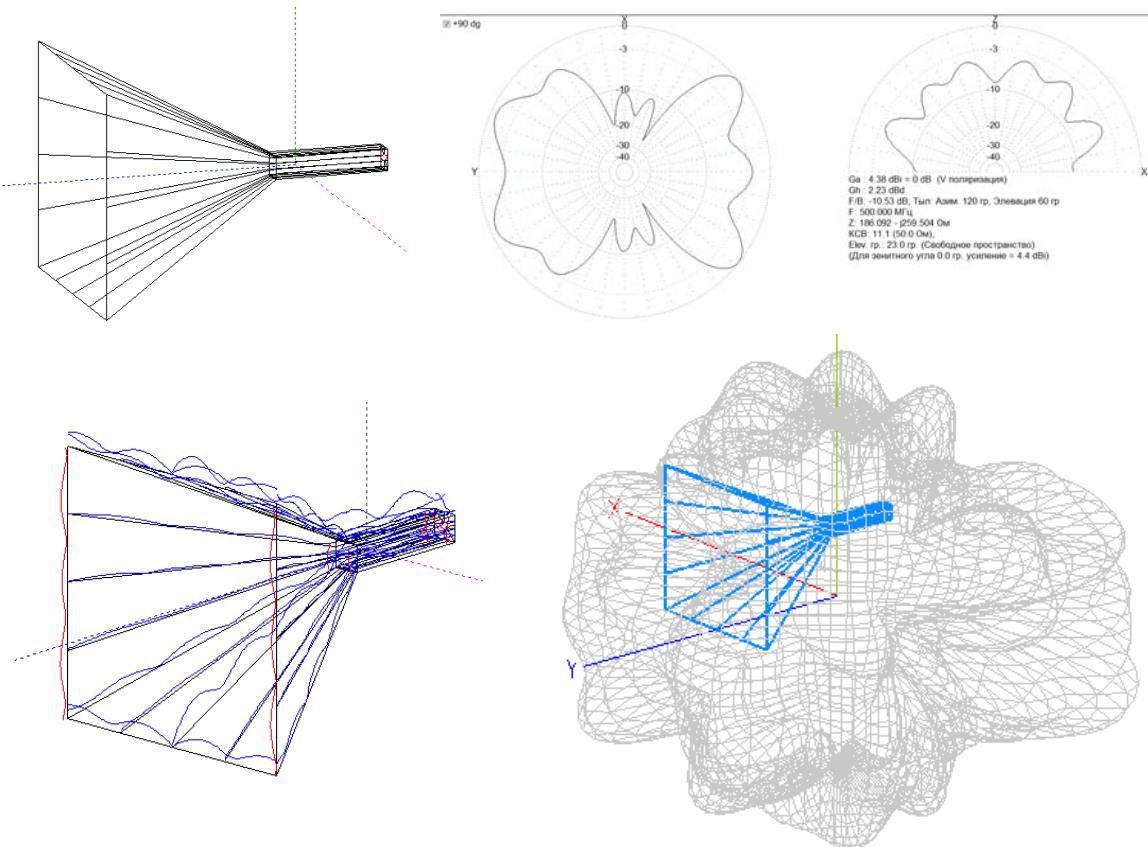


Рис. 3. Моделирование антенны № 2

В этом случае мы видим, что уже есть некое подобие направленного «луча» и он становится ярко выраженным. Можно предположить, что рупор сохраняется в случае, когда ток течет по стенкам, как в обычной рупорной антенне и от дополнительных боковых линий его свойства наоборот, ухудшаются.

Обратив внимание на то, что волновод не играет большой роли при макетировании антенны и не влияет на полученные результаты, было решено убрать его в дальнейшем макетировании и оставить только рупор и перфорировать только его.

Следующим этапом было моделирование антенны № 3 без поперечных элементов (рис. 4) и дополнительных проволочных структур, запитать его пришлось по верхней и нижней основе малого каркаса.

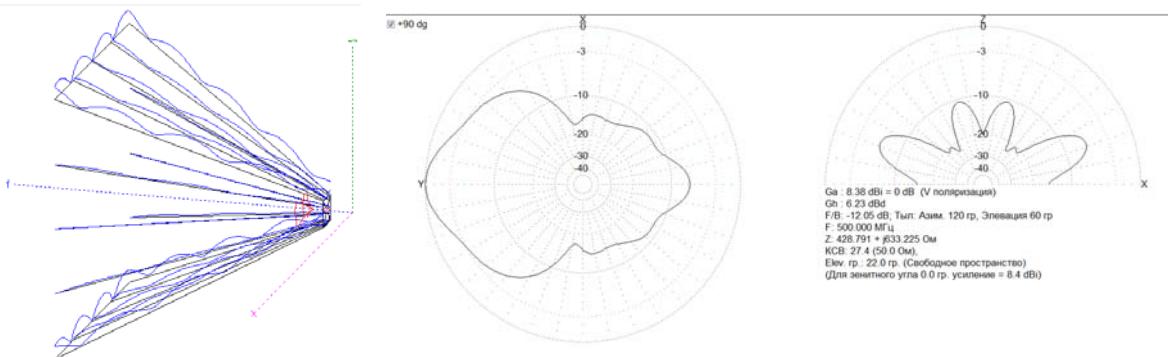


Рис. 4. Моделирование антенны № 3

Получив не плохой результат с более явным «лучом» и меньшим количеством проволок, было решено попробовать запитать антенну от двух источников. А так же, проанализировав, что по боковым структурам ток течет плохо, было решено убрать их полностью, оставив только направленный проволочный каркас сверху и снизу. Смоделируем антенну № 4 (рис. 5).

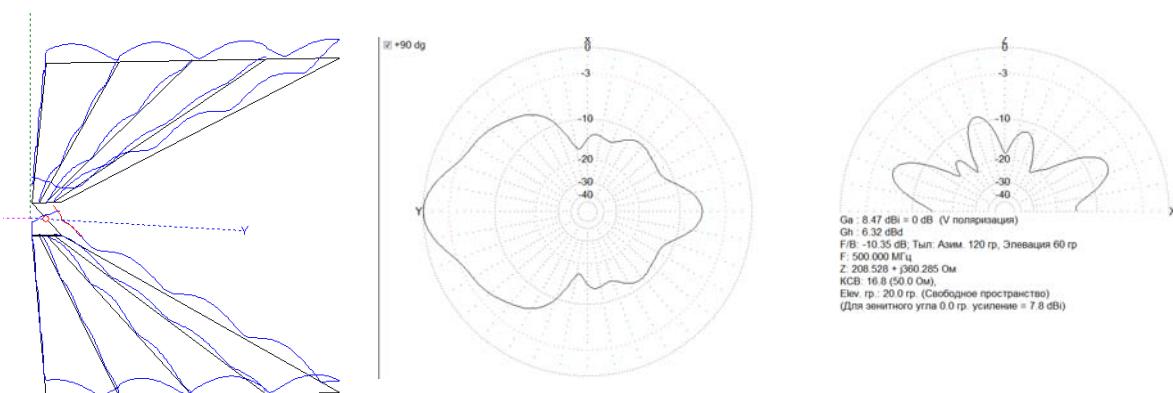


Рис. 5. Моделирование антенны № 4

Направленность основного «луча» становится все более выраженной и мы можем сделать вывод о том, что боковые стенки антенны **не играют большой роли** и необходимость модернизировать полученную структуру была логичной.

Так же, в антенне № 4 мы решили попробовать питать данную структуру не по диагонали, а запитывая каждый провод от отдельного источника (рис. 6).

Запитав данную антенну от пяти источников, на диаграмме направленности можно наблюдать более сильное и широкое излучение и то, что токи, текущие по проводникам имеют большую амплитуду. Получив в данном случае **хороший результат** по проволочной структуре, которая располагается вдоль излучения, решено было попробовать и структуру, которая будет располагаться поперек (рис. 7).

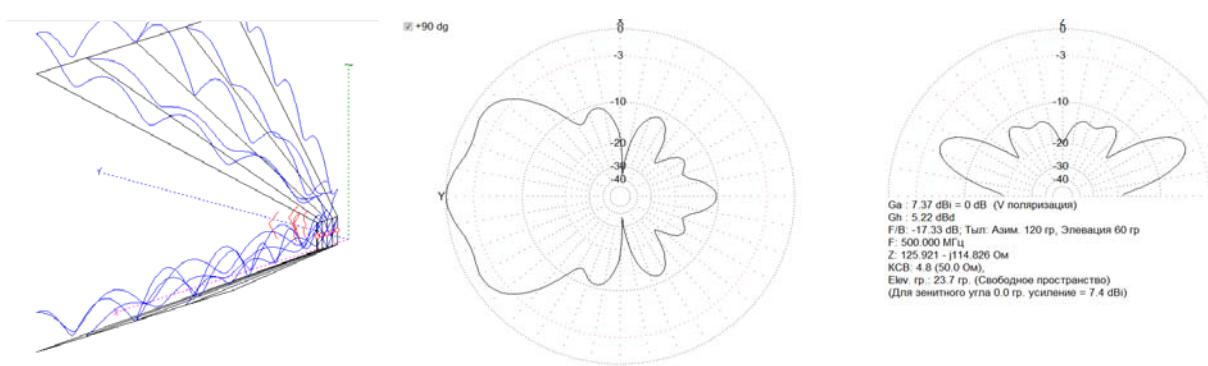


Рис. 6. Моделирование антенны № 5

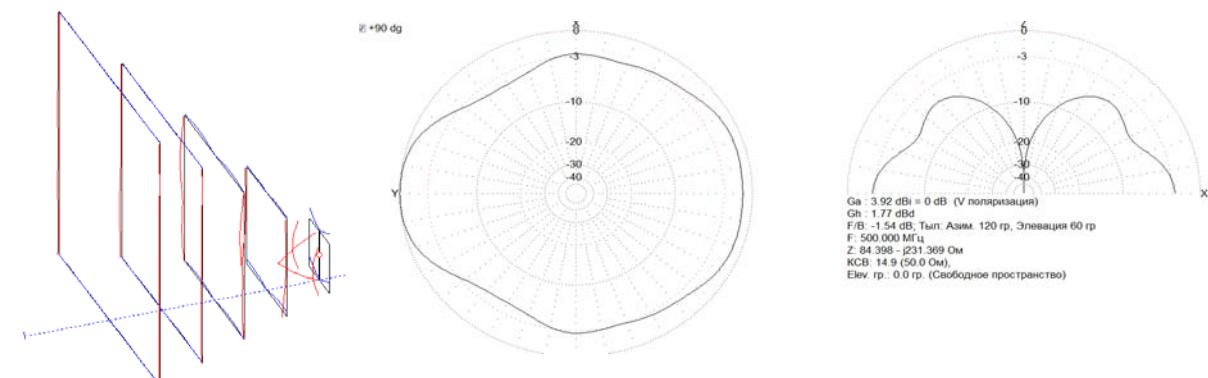


Рис. 7. Моделирование антенны № 6

По полученным графикам и данным на 500 МГц можно заметить, что в данной структуре ток так же не идет по боковым структурам, а течет только по верхним и нижним. Промоделируем другой макет с учетом полученных результатов.

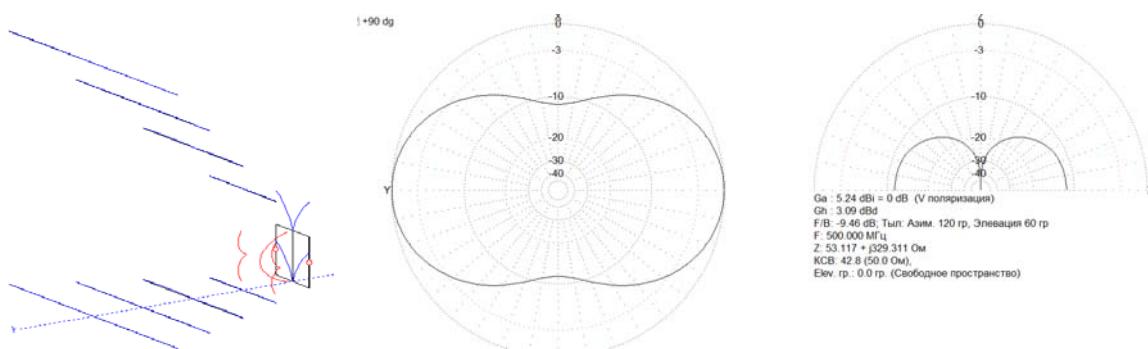


Рис. 8. Моделирование антенны № 7

Выводом всей проделанной работы является то, что перфорированная рупорная антенна до проволочной структуры – рабочая. Мы убедились, что при моделировании антенны наибольший ток протекает по верхней

и нижней основаниям антенны, а так же, что при выборе направления расположения проволок – наибольший успех и излучаемую мощность антенна имеет при продольном расположении проволочной структуры.

Целью работы было не создание аналогичной рупорной антенны и ее моделирование, а понимание влияния той или иной части структуры на излучение, токи распространяемые по структуре всего рупора, а так же понятие специфики распространения самой волны в рупоре.

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. : Изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2013.
2. URL: <http://gal-ana.de/basicmm/ru/>
3. Кюн Р. Микроволновые антенны (Антенны сверхвысоких частот) / перевод с нем. В. И. Тарабрина и Э. В. Лабецкого; под ред. проф. М. П. Долуханова. Л. : Судостроение, 1967.
4. Артёмова Т. К., Фомичёв Н. И. Антенны : учеб. пособие. Ярославль: Изд-во Ярос. гос. ун-т., 2007.
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 г.: материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 377–379.
6. Фальковский О. И. Техническая электродинамика: учебник. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2009.

УДК 621.31

СВЕРХНИЗКОВОЛЬТНЫЙ АВТОНОМНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ DC/DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

И. Ю. Лыпарь, В. А. Филин

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

В статье рассматривается структура резонансного DC/DC преобразователя, подходящего для маломощных и низковольтных применений. Главной особенностью преобразователя является его автономность, т.е. работа от сверхнизких уровней входных напряжений без использования дополнительного источника энергии или любой другой схемы запуска. Проведено моделирование в программе Micro-Cap, получены зависимости уровня выходного напряжения и КПД от сопротивления нагрузки и уровня входного напряжения.

маломощный, сверхнизковольтный, резонансный, DC/DC преобразователь, сбор энергии.

Системы сбора энергии – новая область, в которой ведутся все новые и новые исследования. С помощью специальных приемных устройств – сборщиков или харвестеров (от англ. *energy harvesting* – сбор энергии), можно получать небольшое количество энергии из окружающей среды и использовать ее для питания различных маломощных устройств. Типичным применением систем сбора энергии является питание автономных беспроводных датчиков. Это позволяет избежать использования батарей и обслуживания этих устройств.

В большинстве случаев сборщики энергии обеспечивает очень низкое напряжение (менее 1 В), которого недостаточно для питания автономных датчиков. Для повышения уровня напряжения можно использовать DC/DC конвертер, но опять же цепи управления конвертора требуется отдельный источник питания. Данная работа посвящена исследованию сверхнизковольтного резонансного DC/DC преобразователя, который может работать автономно, т. е. при отсутствии внешнего устройства запуска (предварительно заряженного конденсатора или механического переключателя). Целью работы является компьютерное моделирование и анализ характеристик эффективности DC/DC преобразования данного устройства.

Резонансный преобразователь состоит из двух основных элементов [1]: трансформатор с высоким коэффициентом трансформации и *n*-канальный JFET транзистор (рис. 1). Свойство автосмещения JFET транзистора позволяет запускать преобразователь от напряжения порядка 120–150 мВ, поскольку уже при нулевом напряжении затвор-исток (V_{gs}), транзистор проводит ток I_d . Характеристика такого транзистора, взятая из документации [2] приведена на рис. 2.

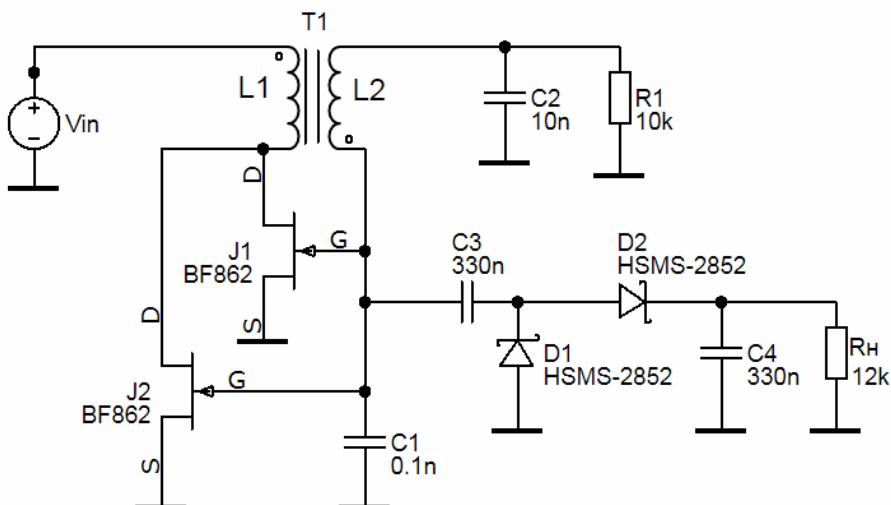


Рис. 1. Схема резонансного преобразователя

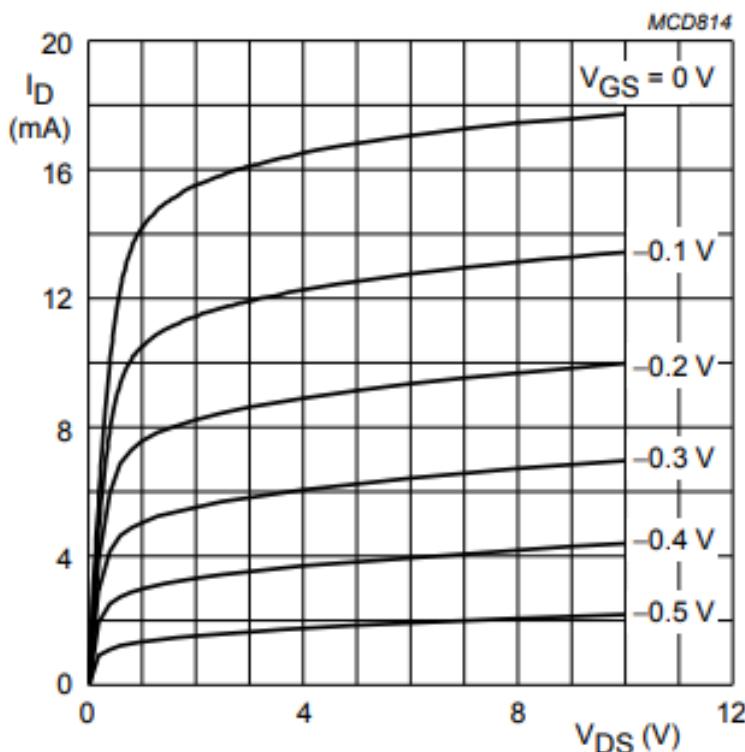


Рис. 2. Зависимость тока стока (I_d) в зависимости от напряжения сток-исток (V_{ds}) для транзистора BF862

В схеме устройства два параллельно включенных транзистора J_1 , J_2 и трансформатор T_1 образуют генератор, в котором вторичная обмотка L_2 обеспечивает обратную связь на затвор транзистора J_1 . Резонансный контур образуется вторичной обмоткой L_2 , конденсатором C_2 , а также емкостью затвор-исток C_{gs} транзистора J_1 .

Напряжение на затворе далее выпрямляется умножителем на 2 диодах Шоттки. Моделирование проводится в программе Micro-Cap. Трансформатор заменяется линейной схемой замещения с коэффициентом связи 0,99 и сопротивлениями обмоток R_1 и R_2 . Для полевого транзистора BF862 и диодов Шоттки HSMS-2852 используются SPICE-модели. Этот транзистор выбран, поскольку обладает минимальным напряжением отсечки $V_{gs(off)} = -0,8$ В, что позволяет генератору запускаться при минимальных входных напряжениях.

На рис. 3 показаны полученные зависимости выходного напряжения, КПД и мощности в нагрузке при изменении сопротивления нагрузки в широких пределах. Из графиков видно, что максимальная мощность (580 мкВт) выделяется при $R_h \approx 12$ кОм. Для дальнейших расчетов будет использоваться именно это значение сопротивления нагрузки.

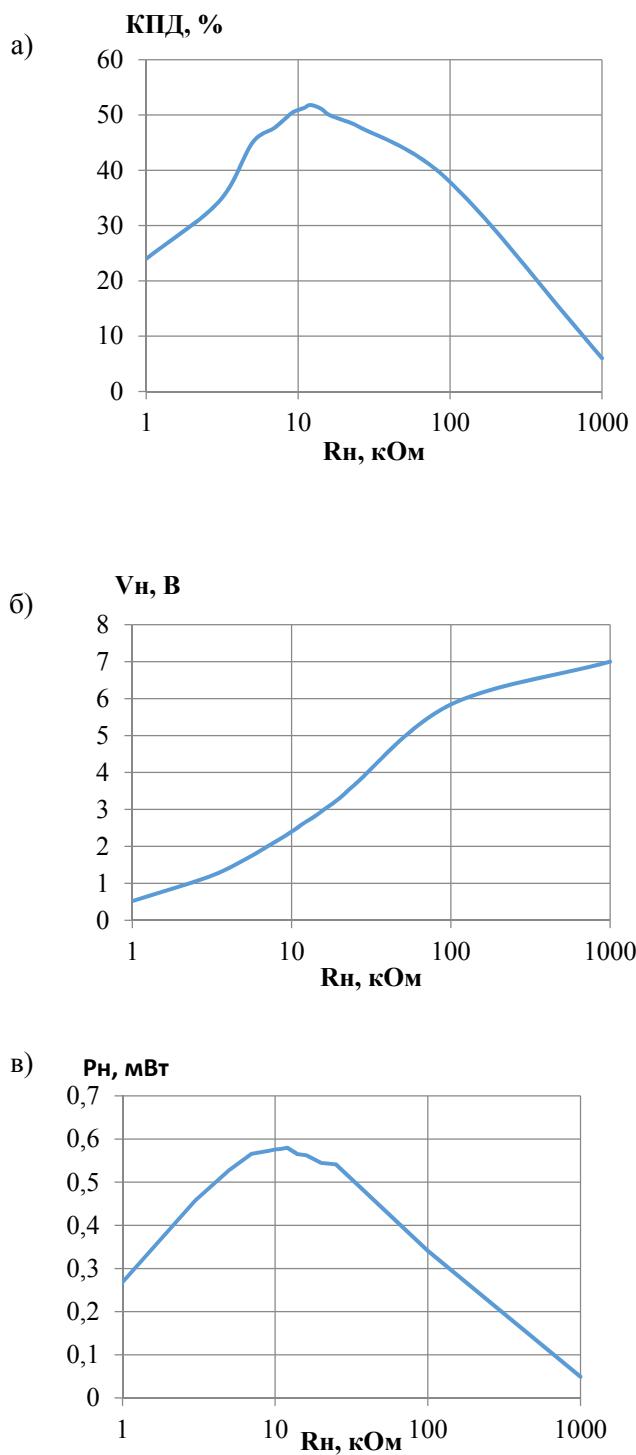


Рис. 3. Зависимости КПД (а), выходного напряжения (б) и выходной мощности (в) от сопротивления нагрузки

На рис. 4 показаны временные диаграммы: напряжение затвор-исток (V_{S5}), токи через обмотки $L1$ и $L2$, выходное напряжение при входном напряжении 300 мВ и сопротивлении нагрузки 12 кΩ. Максимальное значение

напряжения на затворе достигает величины $V_p(gs)$ равного напряжению отпирания паразитного диода в полевом транзисторе. Частота колебаний $f = 33$ кГц.

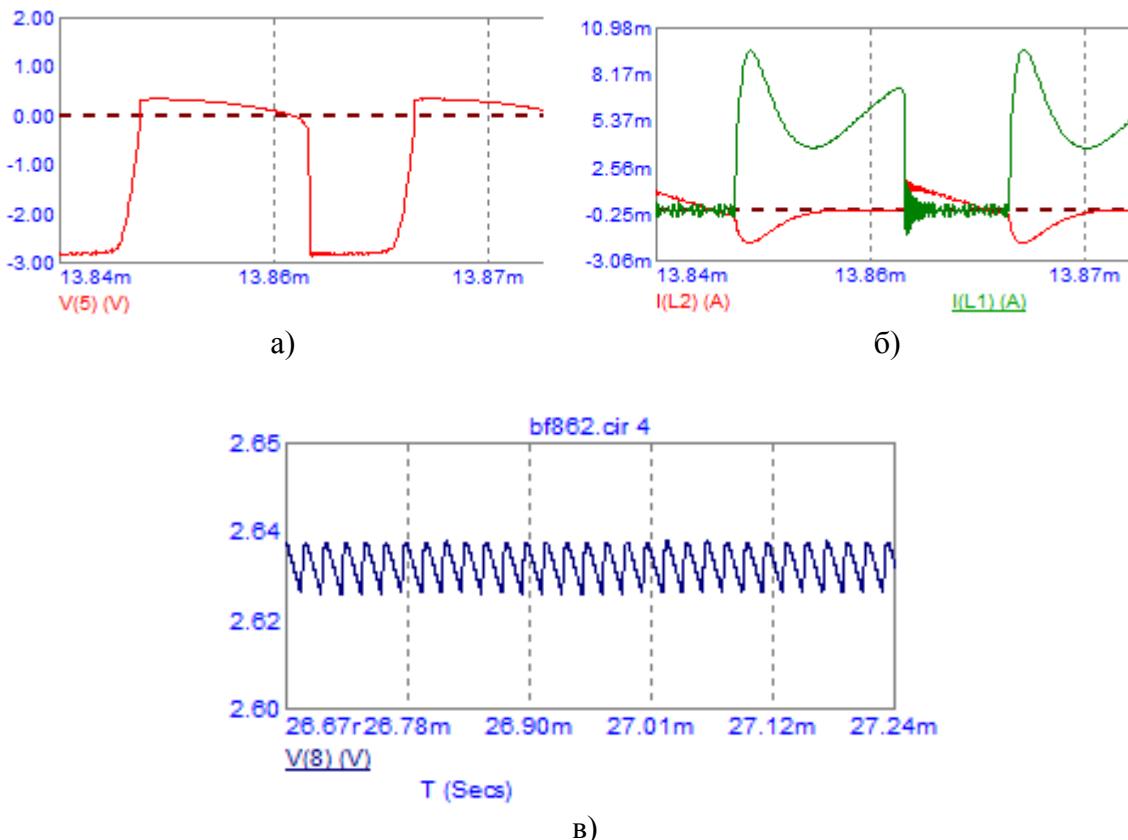


Рис. 4. Временные диаграммы: напряжение на затворе (а), токи через обмотки (б), выходное напряжение (в)

Далее были проведено моделирование при разных уровнях входного напряжения, результаты показаны на рис. 5. Минимальное напряжение для запуска составило 135 мВ. Как показано в работах [1, 3], а также подтверждено в моделировании – большая часть потерь сосредоточивается в транзисторе. Низкое значение напряжения отсечки обеспечивает низкое напряжение запуска, но вместе с этим увеличиваются потери в установившемся режиме.

Выходы

Представлена топология DC/DC преобразователя, автономно работающего от сверхнизких уровней напряжения. Под оптимальной нагрузкой КПД составляет $\approx 52\%$ при входном напряжении – 300 мВ и выходном напряжении – 2,6 В. Данный преобразователь можно использовать для питания различных маломощных устройств от систем сбора энергии.

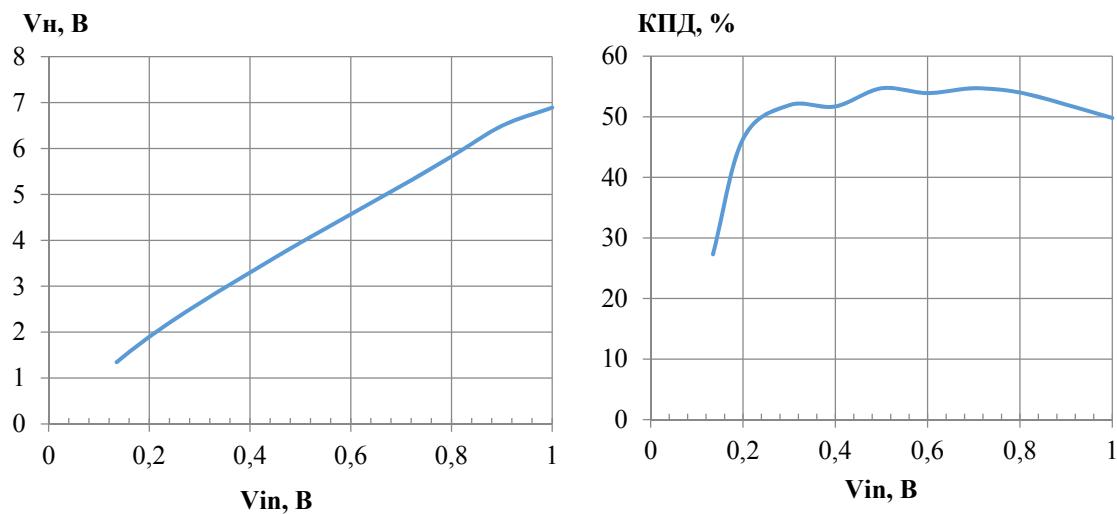


Рис. 5. Зависимости выходного напряжения и КПД от входного напряжения

Список используемых источников

1. Salah-Eddine Adami, Nicolas Degrenne, Christian Vollaire, Bruno Allard. Ultra-low power, low voltage, autonomous resonant DC-DC converter for low power applications // International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives. 2013. P. 1222–1228.
2. NXP Semiconductors. BF862. N-channel junction FET // Product specification. 2000.
3. Salah Adami, Christian Vollaire, François Costa, Bruno Allard. Autonomous DC-DC Converter for RF energy Harvesting // Energy and radio science, URSI France. 2016.

УДК 621.372

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ЛЬЕНАРА

М. В. Макарова

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

Изучаются вопросы моделирования радиоэлектронных схем дифференциальным уравнением Льенара. На примере схемы автогенератора приведена математическая модель, где решение дифференциального уравнения представлено в форме высокочастотного колебания с переменной огибающей и фазой.

радиоэлектронная схема, автогенератор, аппроксимация, дифференциальное уравнение, высокочастотное колебание.

В теории электрических цепей схемы, содержащие нелинейные элементы, часто описываются дифференциальным уравнением типа Льенара с квадратичным трением и с кубическим характером восстановливающей силы. Известны некоторые приложения частных случаев этого уравнения.

Так уравнение Ван-дер-Поля описывает режим работы лампового генератора. Уравнение Дюффинга отвечает пассивной синхронизации мод в лазере с быстро релаксирующим поглотителем [1].

Рассмотрим схему одноконтурного автогенератора с активным двухполюсником – туннельным диодом, характеризующимся кубической аппроксимацией вольт-амперной характеристики на падающем ее участке в окрестности рабочей точки $V = V_0$:

$$I(V_0+U) = I_0 + D_1 U + D_2 U^2 + D_3 U^3, \quad (1)$$

где D_1, D_2, D_3 – постоянные аппроксимации. Эти коэффициенты зависимости тока диода I от напряжения V имеют следующий смысл:

$$D_1 = \left(\frac{dI}{dV} \right)_{V=V_0}, \quad D_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 I}{dV^2} \right)_{V=V_0}, \quad D_3 = \frac{1}{6} \left(\frac{d^3 I}{dV^3} \right)_{V=V_0}.$$

Коэффициент D_1 представляет собой крутизну характеристики в некоторой точке $V = V_0$; D_2 и D_3 – первую и вторую производную от крутизны и, естественно, они зависят от положения рабочей точки на характеристике. Варьируя сопротивление потерь R и напряжение источника E , можно добиться различного расположения прямой $I = -\frac{1}{R}V + \frac{E}{R}$, пересекающей вольт-амперную характеристику на падающем участке кривой или в одной точке при $V = V'_{02}$, или в двух точках в случае касания, либо в трех точках $V = V_{01}, V = V_{02}, V = V_{03}$. Прежде всего интерес представляет локальная устойчивость состояния схемы при выборе точки равновесия на падающем участке с координатами $V = V_0, I_0 = I(V_0)$. Замена $V(t) = V_0 + U(t)$ (где $U(t)$ – вспомогательная функция, t – время) переносит начало координат в эту точку, для окрестности которой и записано разложение в ряд Тейлора (1).

Для написания нелинейного дифференциального уравнения, отвечающего схеме, воспользуемся символическим методом, т. е. будем применять оператор дифференцирования $p = d/dt$. При этом символические сопротивления элементов схемы: индуктивности L и емкости C записутся в виде: $R_L = pL, R_C = 1/pC$ при активном сопротивлении R .

Учтём также, что оператору p^2 соответствует двукратное дифференцирование по времени $p^2 = d^2/dt^2$. В этих обозначениях для символического сопротивления параллельного колебательного контура схемы располагаем выражением [2]:

$$Z(p) = \frac{R + pL}{p^2 LC + pRC + 1}. \quad (2)$$

Тогда на основании закона Кирхгофа для цепи (рис. 1) имеем символическое уравнение баланса напряжений

$$Z(p)I + V = E. \quad (3)$$

Подставляя (2) в (3), получаем $(p^2LC + pCR + 1)(E - V) = (R + pL)I$.

Переходя от символической записи к дифференциальному уравнению, имеем:

$$LC \frac{d^2}{dt^2}(E - V) + CR \frac{d(E - V)}{dt} + (E - V) = IR + L \frac{dI}{dt}.$$

Поскольку э.д.с. источника E постоянна, а производная от тока диода по времени равна

$$\frac{dI}{dt} = D_1 \frac{dU}{dt} + 2D_2 U \frac{dU}{dt} + 3D_3 U^2 \frac{dU}{dt}, \quad (4)$$

дифференциальное уравнение преобразуется к следующему:

$$\frac{d^2U}{dt^2} + \left(\frac{R}{L} + \frac{D_1}{C} + \frac{2D_2}{C}U + \frac{3D_3}{C}U^2 \right) \frac{dU}{dt} + \frac{RD_1 + 1}{LC}U + \frac{RD_2}{LC}U^2 + \frac{RD_3}{LC}U^3 = \frac{E - V_0 - RI_0}{LC}. \quad (5)$$

Обозначим

$$a_1 = \frac{R}{L} + \frac{D_1}{C}, \quad a_2 = \frac{D_2}{C}, \quad a_3 = \frac{D_3}{C}, \quad b_1 = \frac{RD_1 + 1}{LC}, \quad b_2 = \frac{RD_2}{LC}, \quad b_3 = \frac{RD_3}{LC}, \quad d = \frac{E - V_0 - RI_0}{LC} \quad (6)$$

Тогда (5) перепишется в виде

$$\frac{d^2U}{dt^2} + (a_1 + 2a_2 U + 3a_3 U^2) \frac{dU}{dt} + b_1 U + b_2 U^2 + b_3 U^3 = d. \quad (7)$$

Обратим внимание на размерности коэффициентов уравнения, учитывая, что входящие в схему элементы имеют следующие размерности:

$$[R] = \text{В/А}, [L] = \text{Вс/А}, [C] = \text{Ас/В}, [D_1] = \text{А/В}, [D_2] = \text{А/В}^2, [D_3] = \text{А/В}^3,$$

где А – ампер, В – вольт, с – секунда. Тогда:

$$[a_1] = \text{с}^{-1}, [a_2] = \text{В}^{-1}\text{с}^{-1}, [a_3] = \text{В}^{-2}\text{с}^{-1}, [b_1] = \text{с}^{-2}, [b_2] = \text{В}^{-1}\text{с}^{-2}, [b_3] = \text{В}^{-2}\text{с}^{-2}, [d] = \text{Вс}^{-2},$$

и, следовательно, размерности каждого слагаемого в уравнении (7) будут Вс^{-2} .

Прежде, чем приступить к отысканию решения нелинейного дифференциального уравнения (7), рассмотрим поведение эквивалентного сопротивления контура $Z(p)$ из (2) при изменении частоты ω , к которой переходим при замене $p = i\omega$ [2].

$$Z(\omega) = \frac{R + i\omega L}{1 - \omega^2 LC + i\omega CR}.$$

Для его модуля имеем формулу

$$|Z(\omega)| = \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 R^2}},$$

которую перепишем в виде

$$|Z(\omega)| = RQ \sqrt{\frac{1 + Q^2 (\omega / \omega_0)^2}{Q^2 (1 - (\omega / \omega_0)^2)^2 + (\omega / \omega_0)^2}},$$

где $Q = \sqrt{L/C}$ / $R = \omega_0 L / R$ – добротность контура; $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ – частота колебательного контура.

Максимальное значение модуля эквивалентного сопротивления $|Z(\omega)|$ достигается при частоте

$$\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{Q\sqrt{Q^2 + 2} - 1}{Q^2}}. \quad (8)$$

и поскольку добротность Q обычно много больше единицы, то, следовательно, из (8) $\omega \approx \omega_0$.

Отнормируем модуль эквивалентного сопротивления $|Z(\omega)|$ к его максимальному значению на частоте ω_0 , т. е. будем рассматривать величину

$$K(\omega) = \left| \frac{Z(\omega)}{Z(\omega_0)} \right| = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2}} \sqrt{\frac{1 + Q^2 (\omega / \omega_0)^2}{Q^2 (1 - (\omega / \omega_0)^2)^2 + (\omega / \omega_0)^2}}. \quad (9)$$

При $\omega = 2\omega_0$ $K(\omega)$ достигает значения, равного $2/(3Q)$, а при $\omega = 3\omega_0$ – значения, равного $3/(8Q)$.

Будем искать решение уравнения (7) в виде гармонического колебания с частотой ω_0 , фазой ϕ и неизвестной огибающей $A(t)$:

$$U(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \phi). \quad (10)$$

Перед подстановкой (10) в (7) предварительно найдем dU/dt , UdU/dt , $U^2 dU/dt$:

$$\begin{aligned} \frac{dU}{dt} &= \dot{A} \cos(\omega_0 t + \varphi) - \omega_0 A \sin(\omega_0 t + \varphi), \\ U \frac{dU}{dt} &= \frac{A \dot{A}}{2} + \frac{\dot{A} \dot{A}}{2} \cos 2(\omega_0 t + \varphi) - \frac{\omega_0 A^2}{2} \sin 2(\omega_0 t + \varphi), \\ U^2 \frac{dU}{dt} &= \frac{3A^2 \dot{A}}{4} \cos(\omega_0 t + \varphi) + \frac{A^2 \dot{A}}{4} \cos 3(\omega_0 t + \varphi) - \frac{\omega_0 A^3}{4} \sin(\omega_0 t + \varphi) - \frac{\omega_0 A^3}{4} \sin 3(\omega_0 t + \varphi). \end{aligned} \quad (11)$$

Подставляя полученные выражения (11) в (7), имеем:

$$\begin{aligned} &(3a_3 \dot{A} A^2 / 4 + b_3 A^3 / 4) \cos 3(\omega_0 t + \varphi) - (3/4)\omega_0 a_3 A^3 \sin 3(\omega_0 t + \varphi) + \\ &+ (a_2 \dot{A} A + b_2 A^2 / 2) \cos 2(\omega_0 t + \varphi) - \omega_0 a_2 A^2 \sin 2(\omega_0 t + \varphi) + \\ &+ (\ddot{A} - \omega_0^2 A + a_1 \dot{A} + 9a_3 A^2 \dot{A} / 4 + b_1 A + 3b_3 A^3 / 4) \cos(\omega_0 t + \varphi) - \\ &- (2\omega_0 \dot{A} + a_1 \omega_0 A + 3a_3 \omega_0 A^3 / 4) \sin(\omega_0 t + \varphi) + a_2 A \dot{A} + b_2 A^2 / 2 - d = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Слагаемые в (12) с удвоенной и утроенной частотой ω_0 отбрасываются вследствие избирательных свойств колебательного контура, настроенного на частоту ω_0 и его высокой добротности $Q \sim 400$, при этом в соответствии с (9) относительное значение модуля эквивалентного сопротивления на удвоенной частоте достигает величины 0,002, а на утроенной – величины 0,001 по сравнению с его значением на частоте ω_0 . Поскольку (12) должно выполняться при любом значении времени, то, следовательно, надо потребовать, чтобы

$$\ddot{A} + a_1 \dot{A} + 9a_3 A^2 \dot{A} / 4 + (b_1 - \omega_0^2) A + 3b_3 A^3 / 4 = 0, \quad (13)$$

$$\dot{A} + a_1 A / 2 + 3a_3 A^3 / 8 = 0, \quad (14)$$

$$a_2 A \dot{A} + b_2 A^2 / 2 - d = 0. \quad (15)$$

Продифференцируем (14) по времени $\ddot{A} = -a_1 \dot{A} / 2 - 9a_3 A^2 \dot{A} / 8$ и подставим его в (13), тогда (13) перепишется в виде

$$a_1 \dot{A} / 2 + 9a_3 A^2 \dot{A} / 8 + (b_1 - \omega_0^2) A + 3b_3 A^3 / 4 = 0. \quad (16)$$

Из (15) выразим величину $A \dot{A} = \frac{d - (b_2 / 2) A^2}{a_2}$, и подставим ее в (16), тогда

приходим к уравнению

$$\dot{A} + \left(\frac{9a_3 d}{4a_1 a_2} + \frac{2(b_1 - \omega_0^2)}{a_1} \right) A - \left(\frac{9a_3 b_2}{8a_1 a_2} - \frac{3b_3}{2a_1} \right) A^3 = 0. \quad (17)$$

В силу введенных обозначений (6) $b_1 - \omega_0^2 = \omega_0^2 R D_1$. Введем три новые величины α, β, γ на основании (6):

$$\alpha = \frac{\omega_0^2}{a_1} \left(\frac{9a_3}{4a_2} (E - V_0 - RI_0) + 2RD_1 \right) \text{ с размерностью } [\alpha] = \text{с}^{-1},$$

$$\beta = \frac{3}{2a_1} \left(\frac{3a_3b_2}{4a_2} - b_3 \right) \text{ с размерностью } [\beta] = \text{B}^{-2}\text{с}^{-1}, \quad (18)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}} \text{ с размерностью } [\gamma] = \text{B}.$$

В этих обозначениях перепишем уравнение (17) $\dot{A} + \alpha A - \beta A^3 = 0$, которое является уравнением с разделяющимися переменными

$$\frac{dA}{A(A^2 - \gamma^2)} = \beta dt. \quad (19)$$

Разложим дробь $1/(A(A^2 - \gamma^2))$ на сумму простейших дробей

$$\frac{1}{A(A^2 - \gamma^2)} = \frac{1}{2\gamma^2} \frac{1}{A - \gamma} + \frac{1}{2\gamma^2} \frac{1}{A + \gamma} - \frac{1}{\gamma^2} \frac{1}{A}.$$

Проинтегрируем (19) в интервале изменения времени от нуля до t

$$\frac{1}{2\gamma^2} \ln \left| \frac{A(t) - \gamma}{A(0) - \gamma} \right| + \frac{1}{2\gamma^2} \ln \left| \frac{A(t) + \gamma}{A(0) + \gamma} \right| - \frac{1}{\gamma^2} \ln \left| \frac{A(t)}{A(0)} \right| = \beta t,$$

откуда при $A(t) < \gamma$

$$\ln \left| \frac{\gamma^2 - A^2(t)}{\gamma^2 - A^2(0)} \right| - 2 \ln \left| \frac{A(t)}{A(0)} \right| = 2\gamma^2 \beta t.$$

На основании (18) последнее выражение запишем в виде

$$\ln \left| \frac{[\gamma^2 - A^2(t)]A^2(0)}{[\gamma^2 - A^2(0)]A^2(t)} \right| = 2\alpha t,$$

откуда получаем выражение для огибающей

$$A(t) = \frac{\gamma A(0)}{\sqrt{A^2(0) + [\gamma^2 - A^2(0)]e^{2\alpha t}}}. \quad (20)$$

Интересно отметить, что квадрат огибающей соответствует типичному ходу логистической кривой [3] с точкой перегиба при

$$t = \frac{1}{2\alpha} \ln \left| \frac{A^2(0)}{\gamma^2 - A^2(0)} \right|,$$

в которой ее значение достигает величины $\gamma^2/2$. Естественно, что поведение этой кривой будет существенно зависеть от величины и знака эффективного затухания α , связанного со всеми коэффициентами уравнения (7), а также от параметра насыщения γ .

Заметим, что при в схеме возможна генерация только при нахождении рабочей точки на падающем участке вольт-амперной характеристики (1) туннельного диода. Предельное значение напряжения генерации найдем из системы:

$$\begin{cases} a_1 + 2a_2U + 3a_3U^2 = 0, \\ b_2U^2 + b_3U^3 = 0. \end{cases} \quad (21)$$

Из второго уравнения системы (21) следует, что $U^2(b_2 + b_3U) = 0$.

Так как $U \neq 0$, то $U = U_{\text{gen}} = -b_2/b_3$. Подставляя найденное значение U в первое уравнение, получаем условие генерации: $a_1b_3^2 - 2a_2b_2b_3 + 3a_3b_2^2 = 0$.

Заметим, что $U_{\text{ген}}$ можно выразить через коэффициенты аппроксимации (1) вольт-амперной характеристики. Действительно, следуя (6):

$$b_2 = \omega_0^2 RD_2, \quad b_3 = \omega_0^2 RD_3, \quad \omega_0 = \sqrt{b_1} = 1/\sqrt{LC},$$

получаем $U_{\text{ген}} = -D_2/D_3$.

Если считать, что в начальный момент времени $(dU/dt)|_{t=0} = 0$, то на основании (11) имеем условие для нахождения фазы колебания ϕ : $\dot{A}(0)\cos\phi - A(0)\sin\phi = 0$, откуда $\phi = \arctg\omega_0^{-1} \frac{\dot{A}(0)}{A(0)}$.

Таким образом, на примере автогенератора на туннельном диоде показано построение приближенного решения уравнения Льенара в форме высокочастотного колебания с переменной огибающей и фазой, которые отражают влияние всех коэффициентов.

Список используемых источников

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986.
2. Капранов М. В., Кулешов В. Н., Уткин Г. М. Теория колебаний в радиотехнике. М.: Наука 1984.
3. Тайбин Б. З. Методы обнаружения параметров многоэкспоненциальных кривых релаксации. СПб.: изд-во Санкт-Петербургского гос. университета, 1994.

УДК 621.391

КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРАКТ ПРИВЕДЕНИЯ УМНОЖАЮЩЕГО КОЛЬЦА ИФАП

Ю. А. Никитин

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

Рассмотрено умножение колебаний с большой кратностью с помощью кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты, тракт приведения в котором реализован с помощью двух параллельных ветвей – аналоговой (непрерывной) и цифровой (импульсной).

синтезатор частоты, кольцо импульсно-фазовой автоподстройки частоты, система автоматического регулирования, счетчик импульсов.

При построении широкополосных синтезаторов частоты в диапазоне СВЧ необходимо синтезировать качественное колебание с минимальным уровнем побочных спектральных составляющих – шумовых (ПСС) и дискретных (ДПСС) при заданном шаге сетки частот [1].

Существенный вклад в преобразование-усиление внешних шумов вносит как собственно структура умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП или *Phase Locked Loop – PLL*), так и параметры входящих в ее состав элементов [2, 3]. Тракт приведения (ТП) выходной частоты $f_{\text{ВыхВЧ}}$ к опорной частоте $f_{\text{ОпНЧ}}$ оказывает значительное влияние на параметры синтезируемого колебания – рис. 1.

Целью настоящей работы является анализ цифро-анalogовых трактов приведения умножающих колец (ИФАП).

Рассмотрим возможные варианты построения ТП умножающего кольца ИФАП. Будем считать, что ТП входит в однокольцевую структуру ИФАП, которая имеет один [сигнальный] вход частоты опорного колебания $f_{\text{ОпВЧ}}$ и один [сигнальный] выход частоты синтезируемого колебания $f_{\text{ВыхВЧ}}$ – рис. 1.

Тракт приведения (ТП) частоты ПГ к частоте сравнения может быть аналоговым, цифровым или цифро-анalogовым. На выбор структуры ТП влияют разные факторы: быстродействие счетчика импульсов (СИ), требуемый уровень ПСС и ДПСС в спектре выходного колебания, энергопотребление, и, наконец, опыт разработчика.

В первом случае ТП реализуют в виде аналогового смесителя. При этом коэффициент передачи КА $N = 1$ и кольцо ИФАП, строго говоря, умножающим не является. Иными словами, такое кольцо является вспомогательным.

Его можно использовать для вложения сеток – мелкой сетки в крупную – в рамках структуры ССЧ и с эффективной фильтрацией комбинационных составляющих смесителя, а также и для переноса синтезируемой частоты в требуемый диапазон [4]. Действительно, $f_{\text{выхВЧ}} = f_{\text{КА}} \pm f_{\text{доп}} = f_{\text{опнч}} \times N \pm f_{\text{доп}}$. Если $f_{\text{доп}} > f_{\text{КА}}$, то на выходе кольца ИФАП наблюдают *инверсию* спектра.

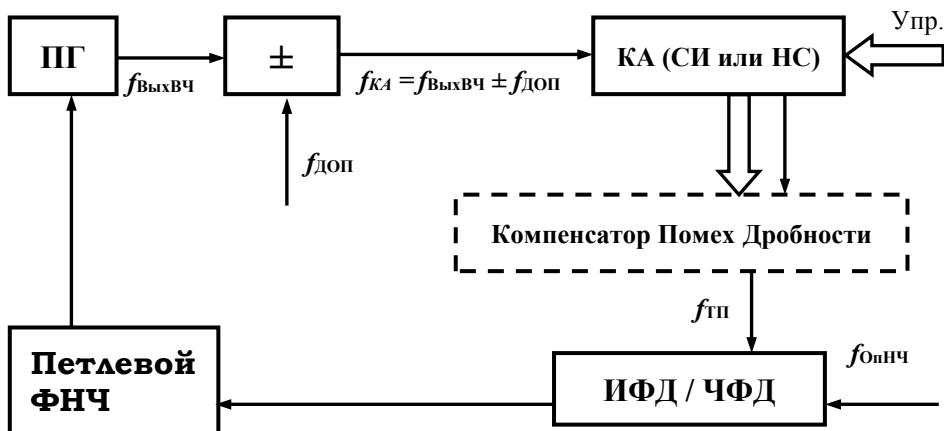


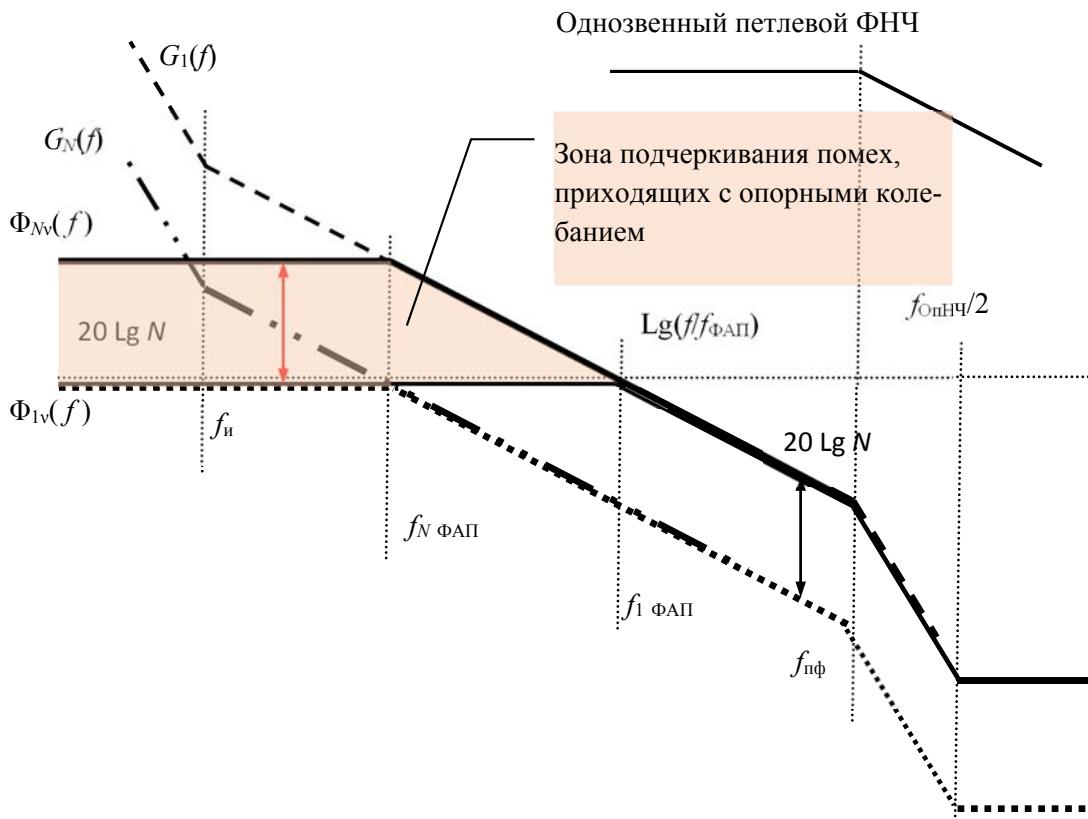
Рис. 1. Структура умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП)

Во втором случае ТП реализуют в виде КА, причем это может быть СИ с целочисленным или дробным коэффициентом пересчета (деления) или нониус, или синтезатор DDS [5, 6]. Кольцо ИФАП с цифровым ТП является умножающим и может перестраивать выходную частоту с требуемым шагом.

В третьем случае аналоговый смеситель предваряет КА. Цифро-аналоговые ТП чаще всего строят в СВЧ диапазонах в тех случаях, когда быстродействие цифровой элементной базы СИ недостаточно для приведения частоты ПГ $f_{\text{выхВЧ}}$ к частоте сравнения в кольце $f_{\text{опнч}}$. Кроме того, такое построение ТП позволяет уменьшить коэффициент умножения помех, приходящих с опорным колебанием.

Отметим, что существенным недостатком любой импульсной системы автоматического регулирования (САР), в том числе, и умножающего кольца ИФАП, является умножение помех, приходящих с опорным колебанием и попадающих в зону близких отстроек от несущего колебания $f_{\text{выхВЧ}}$ (в полосу прозрачности кольца $f_{\text{ФАП}}$) – рис. 2.

Сложность использования непрерывных систем ФАП в качестве высокоэффективных следящих фильтров (в случае отсутствия КА в тракте приведения) заключается в резком уменьшении полосы захвата с возрастанием порядка петлевого ФНЧ. Для преодоления этой сложности необходимо использовать цифровые схемы принудительного ввода кольца в синхронизм и контроля синхронизма во время работы.

Рис. 2. ЛАХ умножающего кольца ИФАП для анализа фильтрации помех v

Для умножающего кольца ИФАП формула прохождения шумов v опорного колебания на выход имеет следующий вид:

$$\Phi_{Nv}(s) = \frac{G_1(s)}{1+G_N(s)} = \frac{G_N(s)}{1+G_N(s)} \times N = \Phi_{lv} \times N, \quad (1)$$

где $G_1(s)$ и $G_N(s)$ – соответственно, операторные коэффициенты передачи разомкнутого кольца ИФАП, N – коэффициент деления в ТП.

Соответствующий формуле (1) график показан на рис. 2. Там же для сравнения пунктиром приведен график $G_1(\omega)$ для кольца с единичной обратной связью.

Использование неединичной ООС в кольце ИФАП приводит к изменению параметров САР и к двум важным и неприятным последствиям [7].

Во-первых, по сравнению с кольцом ИФАП с единичной ООС, на выходе умножающего кольца в N раз возрастает уровень помех, приходящих с опорным колебанием $f_{0\text{PHC}}$ и попадающих в полосу прозрачности кольца ($f_{\text{помехи}} < f_{\text{ФАП}}$).

Во-вторых, также в N раз уменьшается зона компенсации кольцом помех, действующих на перестраиваемый генератор (ПГ). На рис. 2 и 3 логарифмические асимптотические амплитудно-частотные характеристи-

стики (ЛАХ) графика $\Phi_{N\varepsilon}(s)$ построены в соответствии с формулой для коэффициента передачи на выход системы ИФАП с неединичной ООС фазовых возмущений ε , вызванных помехами, воздействующими на собственно ПГ

$$\Phi_{N\varepsilon}(s) = \frac{1}{1+G_1(s)} = \frac{1}{1+G_{N\varepsilon}(s)} N. \quad (2)$$

Анализ выражений (1) и (2) и графиков рис. 2 и 3 показывает, что умножение частоты $f_{\text{ОпНЧ}}$ с большой кратностью N нежелательно вследствие значительного ухудшения спектрального состава выходного колебания $f_{\text{выхВЧ}}$.

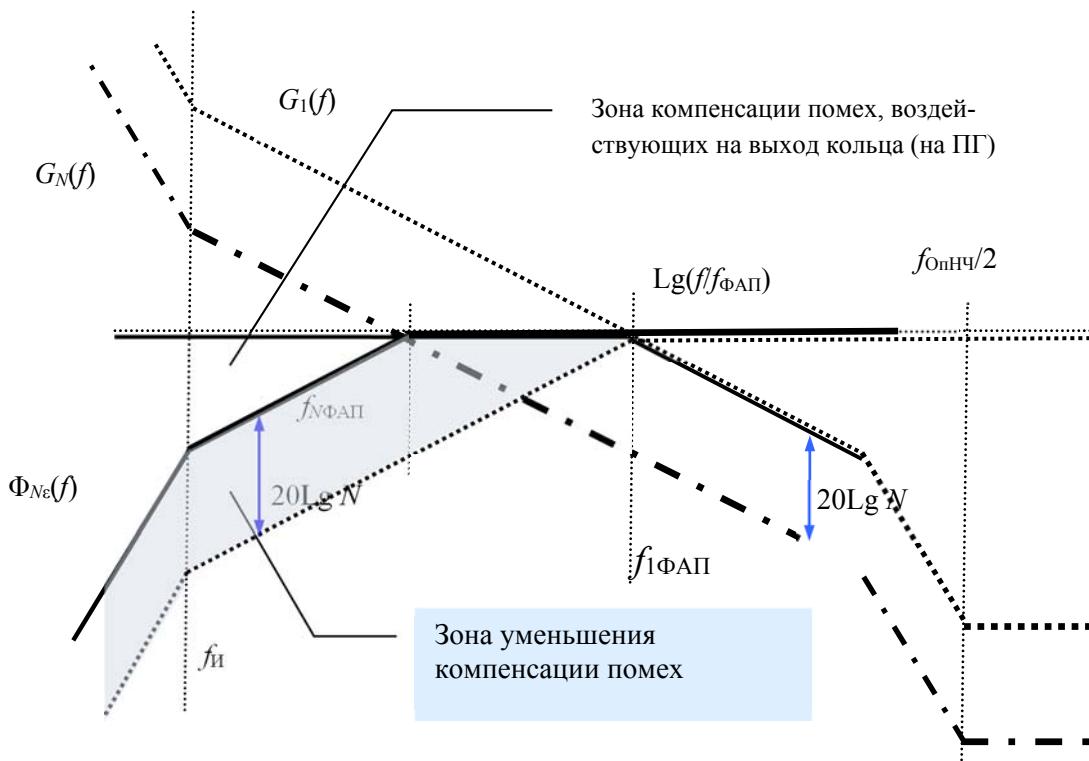


Рис. 3. ЛАХ умножающего кольца ИФАП для анализа фильтрации помех ε

Ухудшение спектра выходного колебания в умножающем кольце связано с дискретностью регулирования. Кольцо замыкается и вырабатывает сигнал ошибки один раз за период сравнения $T_{\text{ОпНЧ}} = 1/f_{\text{ОпНЧ}}$. Все остальное время ПГ предоставлен самому себе и дестабилизирующими воздействиям [8].

Возможно решение по смягчению указанного противоречия – рис. 4.

Структура на рис. 4 представляет собой две петли регулирования. Первая и основная – импульсная. Тракт приведения – классический импульсный со счетчиком импульсов, частотно-фазовым детектором и петлевым фильтром низких частот. Эта петля необходима для ввода кольца ИФАП в синхронизм и поддержания этого режима в процессе работы.

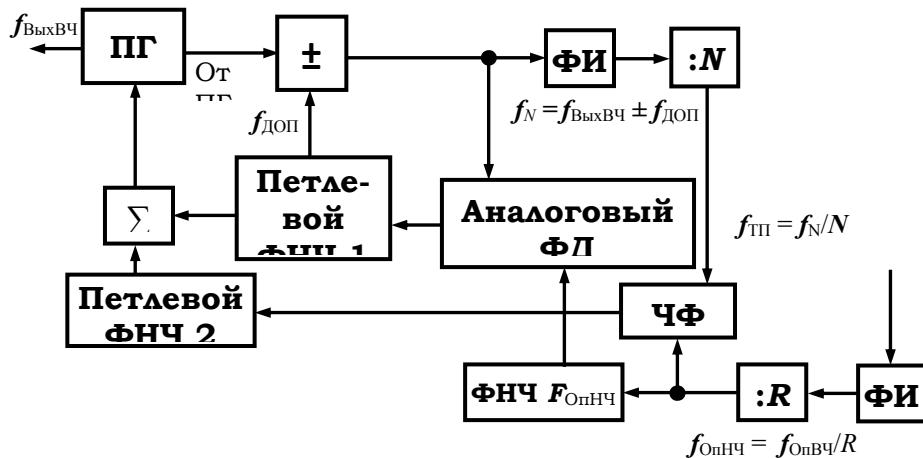


Рис. 4. Структура комбинированного умножающего кольца ФАП – ИФАП

Вторая структура – аналоговая. Она состоит из аналогового фазового детектора перемножительного типа с преобразованием на гармониках и петлевого фильтра низких частот, служит для эффективной фильтрации помех в кольце ИФАП в статическом режиме, а также для непрерывного формирования сигнала ошибки и управления перестраиваемым генератором в режиме синхронизма кольца.

Сочетание импульсной и непрерывной систем автоматического регулирования и их параллельная работа позволяет более гибко подходить к проектированию умножающего кольца [импульсно-]фазовой автоподстройки частоты.

Список используемых источников

1. Шапиро Д. Н., Паин А. А. Основы теории синтеза частот. М. : Радио и связь, 1981. 264 с.
 2. Рыжков А. В., Попов В. Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи. М. : Радио и связь, 1991. 265 с.
 3. Левин В. А., Малиновский В. Н., Романов С. К. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки частоты. М.: Радио и связь, 1989. 232 с.
 4. Зарецкий М. М., Мовшович М. Е. Синтезаторы частоты с кольцом фазовой автоподстройки. Л.: Энергия, 1974. 256 с.
 5. Кузменков А. С., Поляков А. Е., Стрыгин Л. В. Обзорный анализ современных архитектур синтезаторов частот с ФАПЧ // Труды МФТИ. Радиотехника и телекоммуникации. 2013. № 3. С. 121–133.
 6. Chenakin A. Frequency Synthesizers: Concept to Product. Norwood, MA: Artech House, 2010.
 7. Никитин Ю. А. Построение тракта приведения активного синтезатора частот // Известия вузов. Приборостроение. 2012. № 3. С.19–26.
 8. Никитин Ю. А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот. Часть 2. Активный синтез частот: учебное пособие. СПб.: изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2015. 95 с.

УДК 621.391

ПОСТРОЕНИЕ НАКАПЛИВАЮЩЕГО СУММАТОРА С ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТЬЮ

Ю. А. Никитин

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

Накапливающий сумматор или цифровой интегратор является одним из основных узлов пассивного цифрового синтезатора частоты. Усредненная на периоде неравномерности частоты импульсов переполнения прямо пропорциональна коду управления на входе НС.

Рассмотрены различные реализации НС с переменной (изменяемой) емкостью для целей ПЦС.

синтезатор частоты, накапливающий сумматор, регистр памяти.

Идея чисто цифрового синтеза с помощью конечного автомата (КА) вида накапливающий сумматор (НС) заключается в формировании максимально равномерного во времени двухуровневого колебания частоты $f_{\text{выход}} = QF_S$ из опорного высокостабильного и высокочастотного колебания $f_{\text{опВЧ}} = PF_S$ [1].

Накапливающие сумматоры чаще всего строятся по структуре: арифметический комбинационный сумматор (КС) плюс регистр хранения (схема памяти СП). В этом случае можно реализовать две схемы: с запоминанием результата операции $S := A + B$; с накоплением результата $S_{i+1} := S_i$ плюс A . Последняя запись соответствует функционированию НС в системах цифрового синтеза частот.

Комбинационный сумматор (КС) есть основной логический операционный узел, который в НС выполняет арифметическое сложение кодов двух чисел.

Быстродействие сумматора определяется максимальным значением или времени формирования суммы в КС, или времени распространения сигнала ρ по цепи переноса. Уменьшение этих времен основная задача при построении параллельных сумматоров.

Полный одноразрядный двоичный сумматор (рис. 1) имеет три входа: a, b для двух слагаемых и ρ для переноса из предыдущего (более младшего) разряда, и два выхода: S – сумма, P – перенос в следующий (более старший) разряд [2]. Обозначением полного двоичного сумматора служат буквы SM .

Работу его отражает таблица истинности.

ТАБЛИЦА. Полный арифметический сумматор

№ набора	a	b	ρ	P	S	№ набора	a	b	ρ	P	S
0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	5	1	0	1	1	0
2	0	1	0	0	1	6	1	1	0	1	0
3	0	1	1	1	0	7	1	1	1	1	1

Отметим два момента. *Первый*: в таблице выходные сигналы P и S не случайно расположены именно в такой последовательности. Это подчеркивает, что PS рассматривается как двухразрядное двоичное число, например, $1 + 1 = 2_{10} = 10_2$, т. е. $P = 1$, а $S = 0$ или $1 + 1 + 1 = 3_{10} = 11_2$, т. е. $P = 1$, а $S = 1$. *Второй*: выходные сигналы P и S полного двоичного сумматора относятся к классу самодвойственных функций алгебры логики, они инвертируют свое значение при инвертировании всех переменных, от которых зависят.

Уравнения, описывающие работу полного двоичного арифметического сумматора, представленные в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ), имеют вид:

$$\begin{aligned} S &= \bar{a}\bar{b}p + \bar{a}b\bar{p} + a\bar{b}\bar{p} + abp \\ P &= \bar{a}bp + a\bar{b}p + ab\bar{p} + abp \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (1)$$

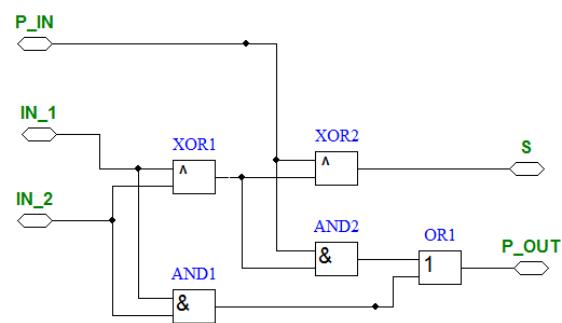
Из выражения (1) для S также следует:

$$S = a \square b \square \rho. \quad (2)$$

Так как операция \square (сложение по модулю) в выражении (2) коммутативна (переменные можно менять местами), то следует, что три входа полного двоичного сумматора абсолютно равноправны и на любой из них можно подавать любую входную переменную.

Параллельный регистр представляет собой многоразрядный, многовходовый триггер.

В прямочастотном синтезе НС используют для формирования кода текущей фазы S_k , поэтому его еще называют аккумулятором фазы – рис. 2. Выходной код НС представляет собой код мгновенной фазы выходного сиг-



Полный одноразрядный сумматор

Рис. 1. Одноразрядный арифметический сумматор

нала. Величина $Q = f_{\text{ВыхНЧ}}/F_S$, которую записывают на вход НС, суть приращение фазы за один такт его работы. Поэтому текущий код выходной ча- стоты практически определяет значение приращения фазы.

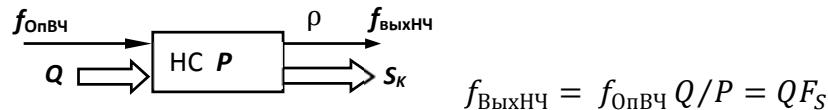


Рис. 2. Обозначение КА на основе НС

Полезным сигналом, кроме кода текущей фазы, при двухуровневом синтезе служат импульсы переполнения ρ_k НС, следующие с усредненной на периоде неравномерности $T_S = 1/F_S$ частотой $f_{\text{ВыхНЧ}}$ – рис. 3.

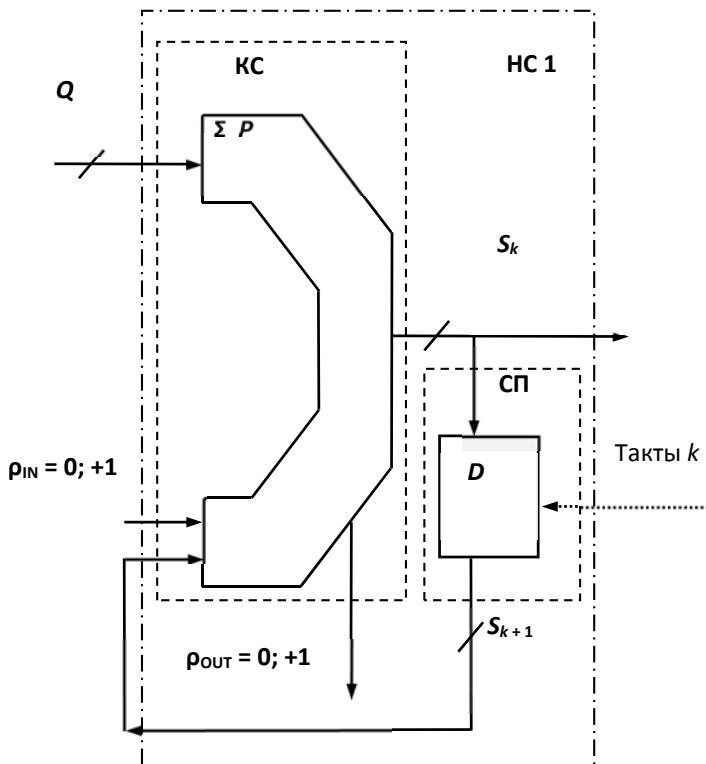


Рис. 3. Двоичный накапливающий сумматор
($\Delta\Sigma$ модулятор первого порядка $n = 1$)

Если принять емкость НС первого порядка ($n = 1$) равной P единиц, то на его вход можно записать число $Q \in (0, 1, 2, \dots, P - 1)$. Функцию вы- хода (переполнения) ρ_k для НС можно представить в виде:

$$\rho_k = \lfloor kQ/P \rfloor - \lfloor (k-1)Q/P \rfloor, \quad \rho_k \in (0, 1). \quad (3)$$

Заметим, что функция выхода НС ρ_k есть конечная разность первого порядка от текущей (мгновенной) фазы $k \times Q/P$. Конечная разность первого

порядка в цифровых (дискретных) системах является аналогом первой производной в аналоговых (непрерывных) системах. Поэтому частота следования импульсов ρ_k суть выходная частота НС: на периоде неравномерности P укладывается Q импульсов переполнения ρ_k .

Функцию переходов для НС записывают следующим образом:

$$S_K = P \{ kQ/P \}. \quad (4)$$

Значения текущей фазы S_K на периоде неравномерности $T_S = 1/F_S = QT_\Gamma = PT_0$ пробегают все значения от 1 до $P - 1$ в очередности, которая определяется структурой числа $N = P/Q$ – его разложением в цепную дробь по алгоритму Эвклида.

Если необходимо изменить емкость НС, то можно в комбинационную часть схемы добавить дополнительную ячейку КС2 (рис. 4) и записать на ее вход число E таким образом, чтобы выполнялось равенство $P_{NEW} = P_{OLD} - E$.

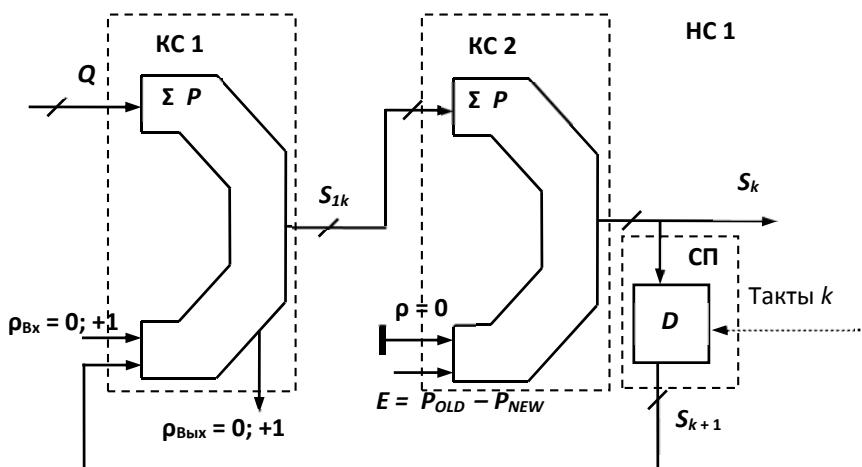


Рис. 4. Вариант изменения модуля P (емкости) НС первого порядка

Но быстродействие такого НС уменьшится значительно.

Другой вариант построения недвоичного НС приведен на рис. 5 [3]. Он позволяет строить НС любой емкости таким образом, чтобы управление внешними цифро-аналоговым преобразователем или управляемым устройством задержки происходило без ошибки.

В этом случае требуемое отношение Q/P представляют в виде:

$$\frac{Q}{P} \approx \frac{M}{2^m} + \frac{1}{2^m} \frac{L}{R'}$$

где $M = \lfloor 2^m Q/P \rfloor$.

Если к НС предъявляют только требования правильного набора частоты $f_{\text{ВыхНЧ}}$, то величину R' можно найти из неравенства $(P - 1)\delta_c < 1$, где $\delta_c = |2^m(Q/P - M/2^m) - L/R'|$.

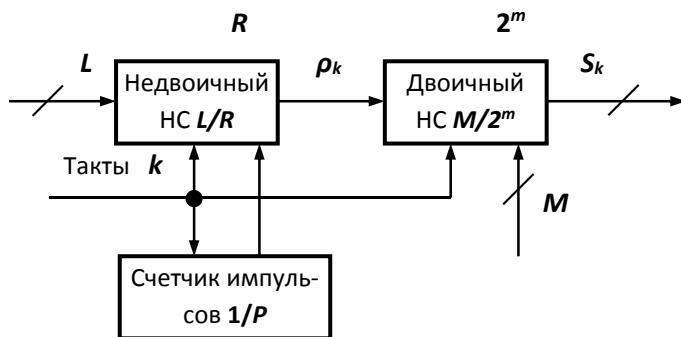


Рис. 5. Недвоичный НС с обнулением

При более жестком требовании формирования квазиравномерной последовательности импульсов

$$R_{\text{дост}} \geq P(P - 1).$$

Список используемых источников

1. Никитин Ю. А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот. Часть 1. Общие положения. Пассивный синтез частот: учебное пособие. СПб.: изд-во Санкт-Петербургского гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2015. 100 с.
2. Никитин Ю. А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот: Часть 4. Элементы микроволновых синтезаторов. Цифровая схемотехника: учебное пособие. СПб.: СПбГУТ, 2016. 103 с.
3. Гуревич И. Н., Никитин Ю. А. Синтез сетки частот с произвольным шагом // Радиотехника. 1992. № 4. С. 53–58.

УДК 621; 602.53.07; 616-71

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА БАЗОВЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ ЯЧЕЙКАХ

Ю. А. Никитин, В. А. Юрова

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

В устройствах современной электронной техники и инфокоммуникационных систем существует значительная потребность использования перемножителей (смесителей) сигналов. Это обусловлено необходимостью регистрации, усиления и преобразования частоты сигнала, поступающего на устройство.

При проектировании особое внимание уделяется обеспечению линейного режима работы перемножителей сигналов, что особенно важно при конструировании приборов медицинской и измерительной техники. Основой практически любого устройства в настоящее время являются *p-n*-переходы, вольтамперная характеристика которых в значительной степени определяет наличие интермодуляционных искажений в спектре выходного сигнала. При этом часть искажений в дальнейшем не представляется возможным отфильтровать с помощью линейной фильтрации.

Проведено компьютерное моделирование базовых ячеек смесителей частоты на основе биполярных и полевого транзисторов с помощью программ компьютерного моделирования MicroCap9 и 11. Получены спектральные характеристики для выходных колебаний при различных уровнях входного сигнала, проведены оценка и анализ уровня комбинационных составляющих.

преобразователь частот, транзистор, *p-n*-переход, диод, полупроводник, МДП-структур.

При создании современной измерительной техники, широко применяемой для проведения технологических и медицинских исследований, в инфокоммуникационных системах и полупроводниковой электронике часто используют преобразовательные и усилительные устройства [1, 2], при проектировании которых особое внимание уделяется обеспечению линейности перемножения сигналов измерения. Это связано с возникновением интермодуляционных искажений в результате смешения сигналов с различными частотами на нелинейных элементах. Некоторые из этих искажений в дальнейшем не представляются возможным отфильтровать с помощью линейной фильтрации. Чтобы значительно уменьшить уровень таких спектральных компонент, необходимо обеспечить линейность применяемых преобразователей (перемножителей) частот и усилителей.

Цель работы – получение спектральных характеристик выходных колебаний базовой ячейки преобразователя частоты на биполярном и полевом транзисторе с последующей оценкой уровня комбинационных составляющих. Проведение сравнительного анализа полученных результатов компьютерного моделирования работы каскадов на биполярных и полевых транзисторах.

Инженеры умеют алгебраически складывать токи и напряжения. Однако алгебраическое сложение частот является более сложной задачей. До сих пор колебания $A(t)$ и $B(t)$ преобразуют (смешивают, перемножают) с помощью нелинейных преобразований на *p-n*-переходе – диода или транзистора или на нелинейности входной, почти квадратичной, характеристике полевого транзистора.

В случае идеального перемножения спектр выходного колебания $C(t)$ состоит из двух боковых составляющих, одна из которых является полезной:

$$C(t) = A(t) \times B(t) = \frac{AB}{2} \times [\cos 2\pi(f_{\text{гет}} - f_c)t + \cos 2\pi(f_{\text{гет}} + f_c)t], \quad (1)$$

где $f_{гет}$ и f_c – частоты гетеродина и генератора переменного сигнала, подключаемого на вход схемы соответственно.

С учетом того, что основная часть современной перемножительной и усилительной электронной техники строится на основе диодных и транзисторных схем, то при исследовании линейности работы смесителей приводится зависимость спектральных характеристик преобразователей от особенностей вольтамперной характеристики этих структур.

Основой биполярных полупроводниковых усилительных и преобразовательных элементов является $p-n$ -переход, вольтамперная характеристика которого описывается формулой [1, 3]

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{U_D}{\varphi_T}\right) - 1 \right], \quad (2)$$

где I_0 – тепловой обратный ток $p-n$ -перехода, U_D – напряжение на переходе, $U_D = U_+ + U_c \sin(\omega_c t + \phi_c) + U_r \sin(\omega_r t + \phi_r)$; U_+ – постоянное напряжение, приложенное к переходу.

Входной сигнал есть линейная двухтоновая композиция вида $U_c \sin \omega_c t + U_r \sin \omega_r t$, причем при измерениях линейности перемножения $\omega_c \cong \omega_r$, как правило, $U_c < U_r$; $\varphi_T = kT/q$, причем $k = 1,38 \times 10^{-21}$ Дж/°C – постоянная Больцмана; T – температура в градусах Кельвина; $q = 1,6 \times 10^{-19}$ Кл – заряд электрона. При комнатной температуре $\varphi_T = 25,6$ мВ – термический потенциал, равный контактной разности потенциалов на границе $p-n$ -перехода при отсутствии внешнего напряжения.

Качественно выходной сигнал смесителя в случае кубической аппроксимации экспоненциальной зависимости и без учета различия амплитуд ($A = B = C$) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} Y(X) &= k_1 C (\sin \alpha + \sin \beta) + k_2 C (\sin \alpha + \sin \beta)^2 + k_3 C (\sin \alpha + \sin \beta)^3. \\ (\sin \alpha + \sin \beta)^2 &= \left[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta) - \frac{\cos 2\alpha}{2} - \frac{\cos 2\beta}{2} \right]. \\ (\sin \alpha + \sin \beta)^3 &= \left\{ \frac{9}{4} [\sin \alpha + \sin \beta] + \frac{3}{4} [\sin(2\alpha - \beta) + \sin(2\beta - \alpha)] \right\} - \\ &\quad - \left\{ \frac{1}{4} [\sin 3\alpha + \sin 3\beta] - \frac{3}{4} [\sin(2\alpha + \beta) + \sin(2\beta + \alpha)] \right\}. \end{aligned}$$

На выходе смесителя появляются новые колебания, которых не было на его входе. Как правило, полезным является одно из колебаний вида (1): разностное $U_{\text{разн}} = U_{\text{См}} \sin(\alpha - \beta)$ или суммарное $U_{\text{Сумм}} = U_{\text{См}} \sin(\alpha + \beta)$ (у повышающего смесителя).

Основное различие биполярных структур, кроме схемотехнических, заключается в режиме их работы. Усилительные элементы базовых биполярных структур работают в активном режиме (есть источник питания и цепи смещения), в то время как преобразовательные элементы базовых биполярных структур работают в пассивном режиме.

В качестве объектов исследования были рассмотрены следующие разновидности базовых биполярных структур: А) схема общим эмиттером (ОЭ) с параллельно включенным диодом (токовое зеркало); Б) схема ОЭ с последовательно включенным диодом; В) схема с ОЭ (рис. 1).

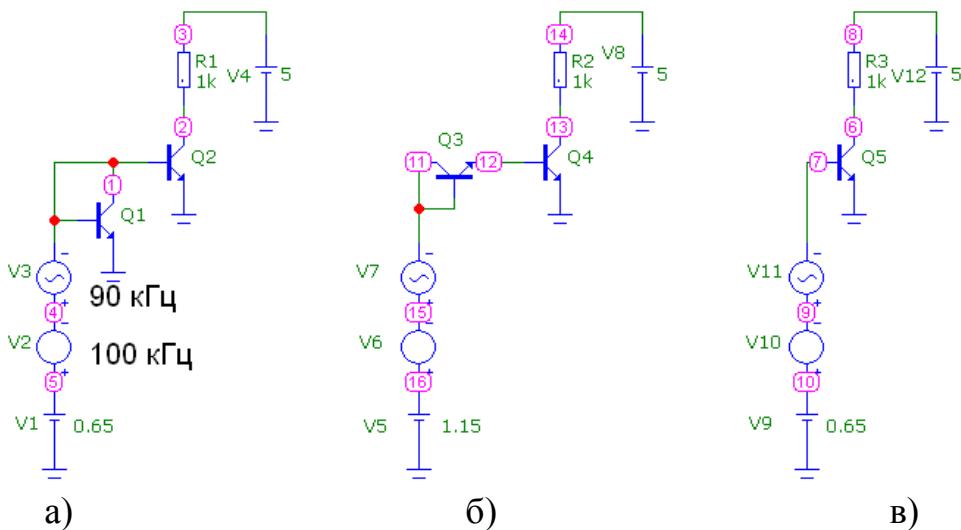


Рис. 1. Усилительные каскады, работающие от генераторов напряжения

На рис. 1 сигналы на вход подаются от генераторов напряжения. Постоянное смещение подобрано таким образом, чтобы токи коллекторов выходных транзисторов были примерно одинаковыми.

Нелинейность буферных усилительных каскадов оценивается по критерию IM_2 [4, 5] при подаче на вход схемы одинаковых по уровню и близких по частоте сигналов (90 и 100 кГц). Для широкополосных усилителей данный критерий расширен. Нелинейность определяется как отношение максимальной по уровню комбинационной составляющей к амплитуде входного парциального сигнала U_c .

На полевом транзисторе была исследована базовая ячейка в виде каскада с общим истоком (рис. 2, см. ниже). Причем режим работы был выбран таким, чтобы токи коллекторов в ячейках на биполярных транзисторах и ток стока в схеме на полевом транзисторе были примерно одинаковы.

Для получения спектральных характеристик выходного сигнала и моделирования работы схем базовых транзисторных ячеек была использована компьютерная программа моделирования электрических цепей MicroCap версий 9 и 11.

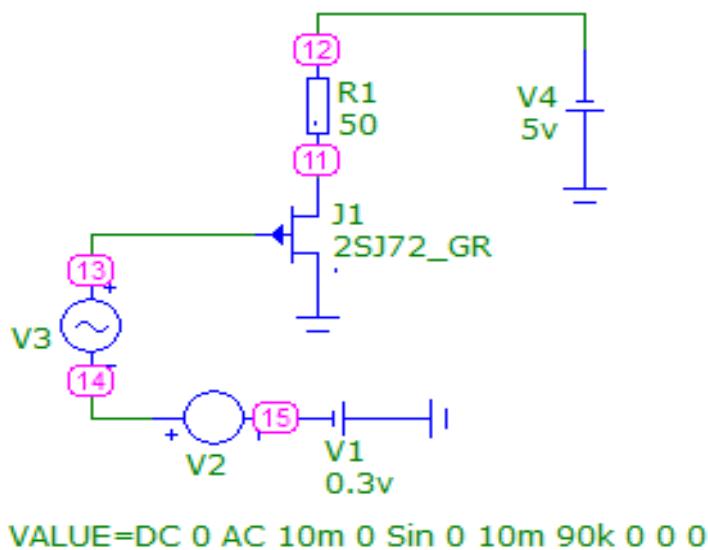


Рис. 2. Каскад на полевом транзисторе

В ходе работы были получены спектральные характеристики выходного композитного колебания (рис. 3) всех схем с подключенными ко входу как генераторов напряжения, так генераторов тока в качестве источников сигнала и гетеродина.

Качественный анализ полученных результатов показывает, что при работе от генераторов тока: 1. Линейность усилительных каскадов на биполярных $p-n$ -переходах выше, чем при работе этих структур от генераторов напряжения; 2. наилучшей линейностью обладает базовая структура на основе каскада с общим эмиттером с параллельно включенным $p-n$ -переходом (токовое зеркало).

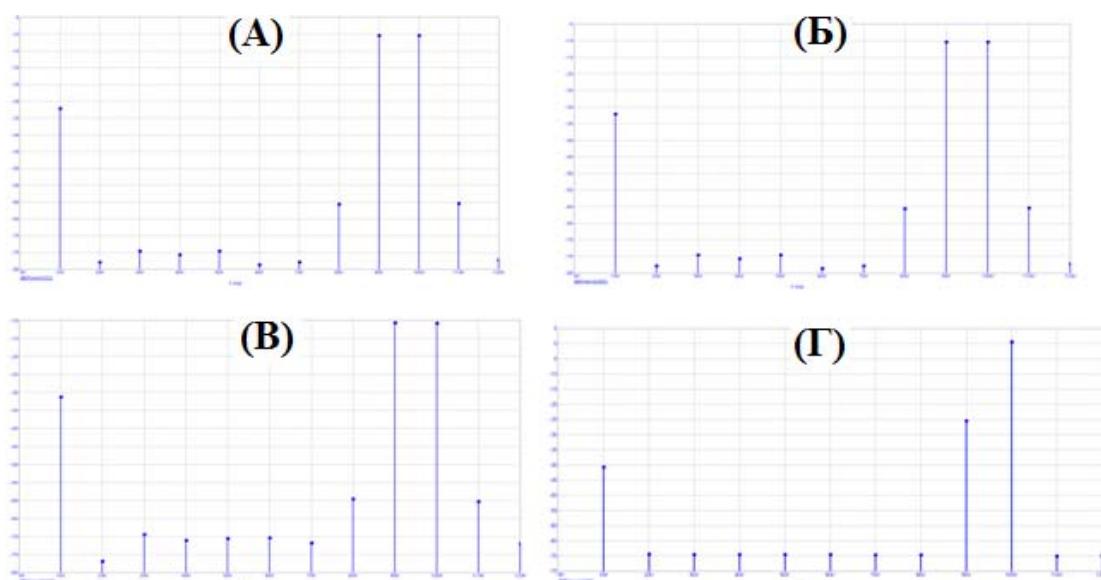


Рис. 3. Спектры на выходах при работе от генератора напряжения: (А) – (В) схемах на биполярных транзисторах рис. 1, (Г) схемы рис. 2

Выводы: Из результатов исследования видно, что наилучшими спектральными характеристиками преобразования обладают схемы с использованием полевого транзистора вследствие приближенности входной характеристики к квадратичной по сравнению со схемой на БТ. Для «прореживания» комбинационных составляющих элементарные ячейки смесителей соединяют по балансной и/или кольцевой (двойной кольцевой) схемам – в этом случае компенсируются комбинации четных порядков и, в зависимости от направления обмоток ВЧ трансформаторов, уменьшается прохождение колебания гетеродина и сигнала на выход промежуточной частоты.

Сделаем еще два важных замечания. Во-первых, для того, чтобы смеситель по входу работал в квазилинейном режиме, уровень сигнала на его входе необходимо уменьшать. Желательно, чтобы для диодных смесителей на кремниевых диодах уровень сигнала на входе не превышал значений (5...15) мВ. В этом случае уровни комбинационных составляющих на выходе смесителя до 7-го порядка включительно будут менее –60 дБн (60 дБ относительно уровня сигнала на его выходе).

Во-вторых, при коэффициенте передачи диодного смесителя минус (8...10) дБ абсолютный уровень выходного колебания не превысит (1,6...5) мВ или (64...74) дБмкВ. Уровень тепловых шумов (по Найквисту) на нагрузке 50 Ом в полосе 1 Гц при комнатной температуре равен –174 дБ мВт или минус 67 дБмкВ. Следовательно, относительный уровень шумов на выходе аналогового диодного смесителя не может быть менее минус 131...141 дБн при приемлемом уровне комбинационных составляющих высоких порядков.

Список используемых источников

1. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов. 6-е изд. СПб. : Лань, 2002. 480 с.
2. Федорцов А. Б., Юрова В. А. Проектирование схемы светоприемного устройства для исследования характеристик веществ // Неделя науки СПбГПУ: материалы научного форума с международным участием. СПб. : изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 88–90.
3. Никитин Ю. А. Схемотехника современных микроволновых синтезаторов частот. Часть 1. Общие положения. Пассивный синтезатор частот: учебное пособие. СПб. : СПбГУТ, 2015. 100 с.
4. Поляков А. Е., Стригин Л. В. Методика измерения IP2 и IP3 двухтонового сигнала // Труды МФТИ. 2012. № 2. С. 54–63.
5. Сазоненко Н. Ю., Никитин Ю. А., Юрова В. А. Моделирование перемножителей сигналов с использованием пакета MICRO CAP // Сборник трудов Всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ». 2017. С. 270–274.

УДК 621.396.67

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕНН ДЛЯ РЕКТЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В. А. Свиридов, В. А. Филин

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

Разрабатываются недорогие и простые в изготовлении антенны СВЧ диапазона, которые пригодны для сбора энергии радиоволн из окружающей среды и питания различных маломощных устройств в составе ректенного преобразователя. Главной целью является выбор оптимальной конструкции антенны, простой в изготовлении и достаточно эффективной для решения поставленной задачи. Изготовлено несколько пробных вариантов коллинеарных и патч-антенн, измерены их КСВН для частот диапазона 1 070–4 000 МГц.

антенны, ректенны, КСВН, СВЧ.

В настоящее время проводится и публикуется большое количество исследований по разработке преобразователей для сбора электромагнитной энергии из окружающей среды и дальнейшего её преобразования с целью питания маломощных устройств, доступ к которым зачастую затруднен. Источниками этой энергии, в основном, являются сети мобильной связи (GSM, 3G, 4G и т. д.), а также аппаратура с радиомодулями Wi-Fi. Устройство, преобразующее микроволновое излучение в постоянный ток получило название ректенного преобразователя или ректенны (от англ. *rectifying antenna* – антенна с выпрямителем).

Структурная схема ректенны приведена на рис. 1. Она состоит из приемной антенны, согласующей цепи, выпрямителя и нагрузки.



Рис. 1. Структурная схема ректенны

Приемная антенна должна осуществлять сбор электромагнитной СВЧ энергии с максимальной эффективностью из окружающего пространства при минимальных массогабаритных показателях, стоимости и простоте изготовления. Имеются готовые решения [1], но они дороги и их полные ха-

рактеристики в доступной технической литературе не приводятся. Например, в [1] констатируется, что в качестве приемной антенны используется патч или диполь, но их конструктивные расчеты и характеристики отсутствуют.

В данной работе по методикам [2, 3] были сконструированы коллинеарные и патч-антенны, ориентированные на диапазоны частот мобильной связи и Wi-Fi. Первый тип антенны изготавливается из медной проволоки, сегменты которой разделены между собой петлями определенной конфигурации (рис. 2). Антенна рассчитана на диапазон 2.412–2.484 ГГц, является всенаправленной и, по утверждению автора [2], имеет коэффициент усиления около 6 дБи.

Было изготовлено три варианта такой антенны (с разными длинами секций и толщиной проволоки) и в университетской лаборатории СВЧ устройств проведена экспериментальная проверка их характеристик. Измерения показали, что данный вид антенны (коллинеарная) имеет приемлемые значения КСВН (от 1 до 2 в точках резонанса) и при некотором варьировании длины секторов изделия, можно изменять резонансную частоту от 1 до 4 ГГц. Первый и второй варианты имели одинаковые размеры, но разную толщину жилы (4 и 2 мм в диаметре соответственно), третий вариант антенны имел жилу диаметром 2 мм и усеченный край. Также следует отметить, что все антенны вводились в коннектор с обоих концов, что приводило к изменению резонансных частот (результаты измерения будут приведены в табл. 1).

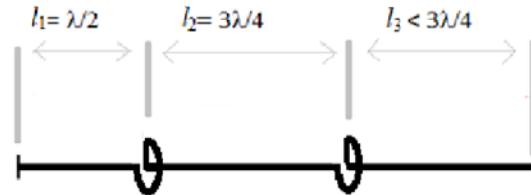


Рис. 2. Коллинеарная антenna на 2.4 ГГц

Измерения показали, что данный вид антенны (коллинеарная) имеет приемлемые значения КСВН (от 1 до 2 в точках резонанса) и при некотором варьировании длины секторов изделия, можно изменять резонансную частоту от 1 до 4 ГГц. Первый и второй варианты имели одинаковые размеры, но разную толщину жилы (4 и 2 мм в диаметре соответственно), третий вариант антенны имел жилу диаметром 2 мм и усеченный край. Также следует отметить, что все антенны вводились в коннектор с обоих концов, что приводило к изменению резонансных частот (результаты измерения будут приведены в табл. 1).

ТАБЛИЦА. Резонансные частоты измеренных антенн и их КСВН

Тип антенны	Частота резонанса, МГц	КСВН
Коллинеарная № 1	2 546	1,5
Коллинеарная № 1	3 563	1,6
Коллинеарная № 2	1 308	1,8
Коллинеарная № 2	2 702	2,0
Коллинеарная № 2 (земл.)	2 702	1,1
Коллинеарная № 3	1 481	1,9
Коллинеарная № 3	2 747	1,7
Патч-антенна	2 651	1,5
Патч-антенна	3 950	2,0

На рис. 3 представлено проведенное в лаборатории СВЧ устройство измерение КСВН антенн с помощью генератора качающейся частоты ГКЧ 53, индикатора КСВН и ослабления Я2Р-67 и двух направленных ответвителей.

Снятая экспериментально частотная зависимость КСВН для одного из вариантов коллинеарной антенны изображена на рис. 4.



Рис. 3. Общий вид установки измерения



Рис. 4. Общий вид частотной зависимости КСВН

Экспериментально также установлено, что при использовании в качестве заземления массивной металлической пластины, значительно улучшается КСВН, но само изделие становится более громоздким и тяжелым.

Второй тип изготовленной и исследованной антенны (патч-антенна) конструктивно представляет собой полоску металла на диэлектрике, расположенной на заземленной пластине (рис. 5).

Эта антenna легче и меньше коллинеарной, но в отличие от неё имеет узкую диаграмму направленности. Усиление патч-антенны варьируется от 5 до 9 dB_i и сильно зависит от диэлектрика. Известно также, что патч-антенны имеют довольно узкую полосу частот, что подтвердилось при экспериментальном исследовании (рис. 6).

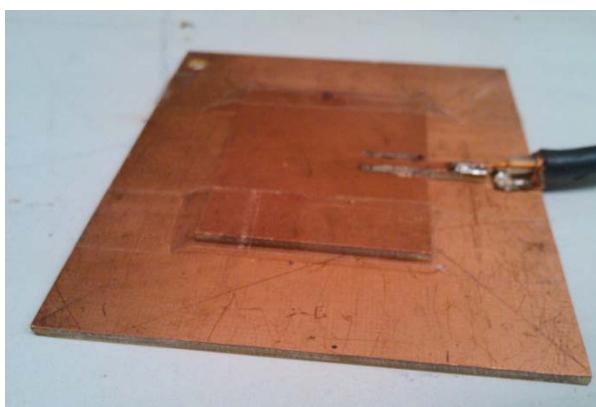


Рис. 5. Изготовленная патч-антенна



Рис. 6. Измерение патч-антенны

В таблице приведены значения частот основных резонансов всех типов изготовленных антенн и их значения КСВН.

Таким образом, были изготовлены и исследованы 2 типа антенн, работающих в СВЧ диапазоне и имеющих приемлемый КСВН. При соответствующей конструктивной доработке и оптимизации размеров этих антенн появляется реальная возможность их практического применения в качестве приемного модуля ректенного преобразователя.

Список используемых источников

1. Гавриков В. Питаемся от сотовой связи. Отладочные наборы от Powercast // Терраэлектроника. Web-Портал для разработчиков электроники [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://spb.terraelectronica.ru/news/5163?utm_campaign=UNITERA-617&utm_source=Sendsay&utm_medium=email&utm_term=terra&utm_content=IBR (дата обращения 01.03.2018).
2. Pot M. Home-brew Compact 6dBi Collinear Antenna [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://martybugs.net/wireless/collinear.cgi> (дата обращения 05.03.2018).
3. Matin M. A., Sayeed A. I. A Design Rule for Inset-fed Rectangular Microstrip Patch Antenna [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wseas.us/e-library/transactions/communications/2010/89-353.pdf> (дата обращения 06.03.2018).

УДК 621.372.413

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА НА ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ОТ ГЕОМЕТРИИ СТРУКТУРЫ

Э. Ю. Седышев, Е. Э. Тарасик

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

В данной работе рассматривается кольцевой резонатор на полосковой линии. Исследуется зависимость резонансной частоты от геометрических размеров резонатора.

СВЧ, резонатор, полосковая линия, резонатор на полосковой линии.

При синтезе объемных интегральных схем (ОИС) СВЧ возникает потребность в создании новой элементной базы. Линии и резонаторы, которые широко используются в планарных гибридных интегральных схемах

не находят применения в ОИС СВЧ. Если новые линии для ОИС имеют в качестве прообразов тысячи линий обычных планарных ИС, то с резонаторами дело обстоит иначе. Их довольно немного, а среди доминирующих – обычные шлейфы. Разработка различных конструкций резонаторов является весьма перспективной областью, так как на основе явления резонанса возможно проектирование различных функциональных узлов устройств СВЧ диапазона, резонаторы могут использоваться в устройствах частотной селекции, генерации, стабилизации, деления мощности, суммирования и т. д. [1].

Конструкций резонаторов немного, среди них выделяются плоские и объемные резонаторы [2, 3, 4]. Выбор конфигурации резонатора во многом зависит от его назначения и от типа схемы, в которой он будет использоваться. Основная характеристика резонатора – добротность – во многом определяется геометрией его структуры. Как известно, чем меньше число неоднородностей, через которые проходит волна в СВЧ-тракте, тем меньше потери мощности, соответственно, выше добротность. Любой изгиб тракта, влечет за собой отражение и переотражение волны, а это влечет за собой потерю мощности. Соответственно, для получения высокодобротных резонаторов необходимо минимизировать число нерегулярностей. Оптимальной формой для проектирования резонаторов СВЧ является эллипс.

Эллиптические структуры можно создавать на различных типах линий, причем как в объеме, так и на плоскости [5]. Предметом исследования данной работы являются эллиптические резонаторы на несимметричной полосковой линии. При этом связь резонатора с линией только гальваническая (другие виды связи будут исследоваться в дальнейших работах). В некоммерческой версии программы Компас-3D была построена пространственная модель исследуемой структуры (рис. 1).

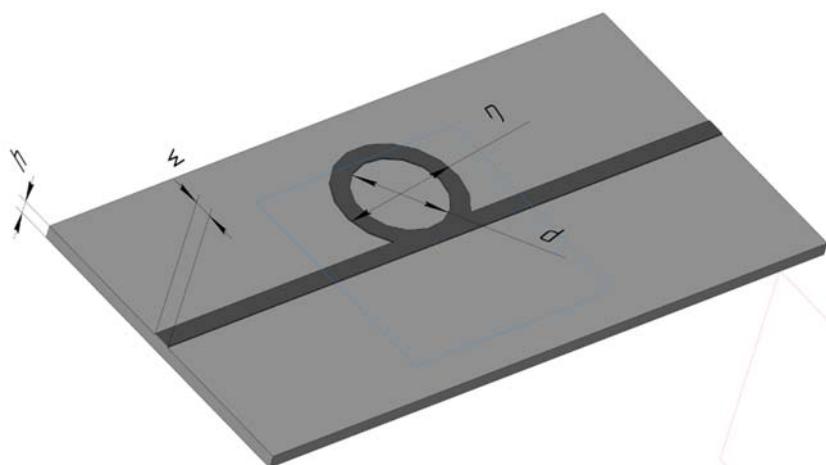


Рис. 1. 3D-модель исследуемой структуры резонатора

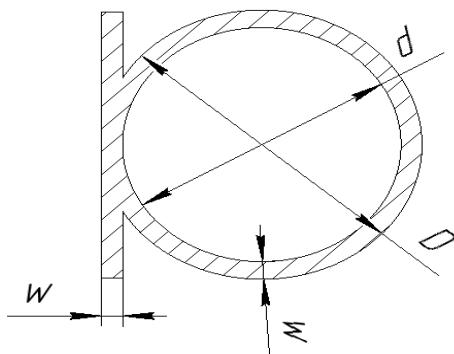


Рис. 2. Чертеж резонатора
Условие резонанса с точки зрения геометрии структуры довольно простое:

$$l = n\lambda, \text{ где } l - \text{длина окружности по средней линии}, n = 1, 2, 3 \dots,$$

(напомним читателю, что это – резонанс бегущей волны). Исходя из этого условия, были рассчитаны и изготовлены макеты [6] резонаторов на разные частоты и с разными волновыми сопротивлениями.

Проведенные эксперименты на разных частотах с резонаторами разных размеров дали обнадеживающие результаты. Первым был проведен эксперимент с включением одного (рис. 3) резонатора в тракт. В результате этого эксперимента были получены экспериментальные АЧХ в диапазоне 2–4 ГГц, снятие АЧХ проводилось с помощью индикатора КСВН и ослабления (рис. 4–6). Ярко выраженный резонанс виден на осциллограмме рис. 4.



Рис. 3. Экспериментальный макет с одним кольцом в тракте



Рис. 4. АЧХ макета с одним кольцом в тракте

Далее мы установили на основную линию два «кольца», при этом выбор расстояния был связан с отсутствием влияния резонаторов друг на друга.

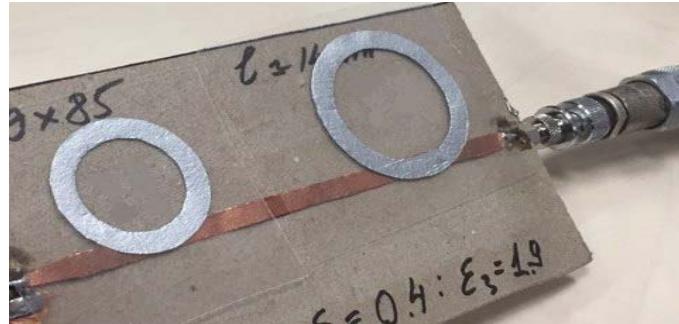


Рис. 5. Экспериментальный макет с двумя кольцами в тракте

Характеристика на индикаторе панорамного измерителя полностью оправдала наши ожидания.



Рис. 6. АЧХ макета с двумя кольцами в тракте

Сравнение расчетных результатов и результатов эксперимента представлены в таблицах 1 и 2.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение результатов для тракта с одним резонатором

Диаметр	Расчетная $f_{рез}$	Экспериментальная $f_{рез}$
$D = 30 \text{ мм}$	3,1 ГГц (воздух), 2,1 ГГц (картон)	2,5 ГГц

ТАБЛИЦА 2. Сравнение результатов для тракта с двумя резонаторами

Диаметр	Расчетная $f_{рез}$	Экспериментальная $f_{рез}$
$D = 30 \text{ мм}$	3,1 ГГц (воздух), 2,1 ГГц (картон)	3,1 ГГц
$D = 40 \text{ мм}$	2,4 ГГц (воздух), 1,6 ГГц (картон)	2,5 ГГц

Расхождение в частотах связано с изменением характеристик резонаторов при включении в тракт и требует тщательного дальнейшего исследования.

Вывод: в результате проведенного исследования удалось экспериментально доказать работоспособность предложенной конструкции резонатора, сравнить результаты эксперимента с расчетными данными. Одновременная работа двух и более резонаторов в тракте предполагает удачный синтез фильтров высокого порядка в СВЧ-диапазоне.

Список используемых источников

1. Семенов Н. А. Техническая электродинамика: учебное пособие для вузов. М. : Связь, 1973. 480 с.
2. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М. : Наука, 1985. 256 с.
3. 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, 2017. С. 426–431.
4. Маттей Г. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи: в 2 т. М. : Связь, 1971. Т. 1. 440 с.
5. Фальковский О. И. Техническая электродинамика: учебник. 2-е изд., стер. СПб. : Лань, 2009. 432 с.
6. Седышев Э. Ю. Масштабное макетирование объемных интегральных схем СВЧ-диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно методическая конференция, 20–24 февр. 2012 г. : материалы. СПб. : СПбГУТ, 2012. С. 379–382.

УДК 531.35

О ПОВЕДЕНИИ РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ СТОКСА С КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ «СКОЛЬЗКИХ СТЕНОК» В ДВУМЕРНЫХ ОБЛАСТЯХ СО СГЛАЖЕННЫМИ УГЛАМИ

Г. М. Ташиян

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

М. Ш. Бирман в работе [1] обратил внимание на то, что давление в вязкой несжимаемой жидкости постоянно, если эта жидкость двигается в выпуклом многограннике без трения о стенки под действием стационарного соленоидального поля. Этот вывод,

как отмечает автор, возможно, указывает на физическую некорректность постановки задачи. Данная работа посвящена обоснованию корректности постановки этой задачи для двумерного случая посредством предельного перехода, предварительно сгладив многоугольник изнутри с сохранением выпуклости. Отмечено, что подход, с некоторыми изменениями, работает и в трехмерном случае.

вязкая несжимаемая жидкость, система Стокса, скользкие стенки, соленоидальное поле.

1. Области и функциональные пространства. В статье используются стандартные обозначения: \mathbf{R}^2 – двумерное евклидово пространство; $\langle u, v \rangle$ – скалярное произведение векторов: $u = (u_1, u_2)$, $v = (v_1, v_2)$; $B_\rho(x)$ – открытый круг с центром в точке x и радиусом $\rho > 0$; $H^s(\Omega)$ – пространство Соболева векторных полей $u(x) = (u_1(x), u_2(x))$, $x \in \Omega$, Ω – область в \mathbf{R}^2 ; $u_n(x)$, $u_\tau(x)$ – нормальная и касательная составляющие векторного поля $u(x)$ на гладком участке границы $\partial\Omega$ области Ω ; $\|u; V\|$ – норма элемента u в нормированном пространстве V .

Пусть Ω – ограниченная область в \mathbf{R}^2 , представимая в виде объединения конечного числа областей, каждая из которых звёздна относительно своего круга. Предположим, что на границе $\partial\Omega$ имеется конечное множество T угловых точек $x^{(j)} \in \partial\Omega$, $j = 1, \dots, n$, для которых существуют круги $B_\rho(x^{(j)})$ фиксированного радиуса ρ , такие что $\bar{\Omega} \cap B_\rho(x^{(j)}) = \bar{K}(x^{(j)}, \alpha_j) \cap B_\rho(x^{(j)})$, $j = 1, \dots, n$, где $K(x^{(j)}, \alpha_j)$ – открытый угол в \mathbf{R}^2 с вершиной в точке $x^{(j)}$ и раствора $\alpha_j \in (0, \pi) \cup (\pi, 2\pi) \in (0, \pi) \cup (\pi, 2\pi)$, и $\partial\Omega \setminus T$ состоит из гладких кривых.

В дальнейшем будет введено семейство $\Omega(\varepsilon)$, $0 \leq \varepsilon \leq 1$, областей со «сглаженными» углами.

Через ω_j , $j = 1, \dots, n$, обозначим выпуклые области с гладкими границами, которые вне кругов $B_{\rho/2}(x^{(j)})$ совпадают с углами $K(x^{(j)}, \alpha_j \in (0, \pi) \cup (\pi, 2\pi))$, и определим области $\omega_j(\varepsilon) = \left\{ x : \varepsilon^{-1} (x - x^{(j)}) + x^{(j)} \in \omega_j \right\}$, ($j = 1, \dots, n$, $0 < \varepsilon \leq 1$). Определим семейство областей со сглаженными углами $\Omega(\varepsilon)$, $0 < \varepsilon \leq 1$.

Для каждой угловой точки $x^{(j)} \in T$ выполняется равенство $\Omega(\varepsilon) \cap B_\rho(x^{(j)}) = \omega_j(\varepsilon) \cap B_\rho(x^{(j)})$, $0 < \varepsilon \leq 1$, а вне кругов $B_\rho(x^{(j)})$, $j = 1, \dots, n$, справедливо соотношение $\Omega(\varepsilon) \setminus \bigcup_{j=1}^n B_\rho(x^{(j)}) = \Omega \setminus \bigcup_{j=1}^n B_\rho(x^{(j)})$. Кроме того предположим, что области $\Omega(\varepsilon)$, $0 < \varepsilon \leq 1$, представимы в виде объединения конечного

числа областей звездных относительно тех же кругов, что и область Ω . В дальнейшем считаем $\Omega(0) = \Omega$.

Далее символами G и Γ будем обозначать какую-либо область из этого семейства и ее границу.

Через $H^1(n;G)$ обозначим подпространство в $H^1(G; \mathbf{R}^2)$ векторных полей $u(x)$, у которых нормальная составляющая $u_n(x)$, $x \in \partial G$, обращается в нуль. В $H^1(n;G)$ введем скалярное произведение

$$[u, v]_G = \sum_{i,k=1}^n \int_G (\partial u_i / \partial x_k + \partial u_k / \partial x_i) (\partial v_i / \partial x_k + \partial v_k / \partial x_i) dx.$$

В пространстве $H^1(n;G)$ выражение $[u, u]_G^{1/2}$ является нормой. Это следует из неравенства Корна (например, [3])

$$\|u; H^1(G; \mathbf{R}^2)\|^2 \leq c[u, u]_G \quad (1)$$

справедливого для всех $u \in H^1(n;G)$, причем константа c – общая для всего семейства областей $\Omega(\varepsilon)$, $0 \leq \varepsilon \leq 1$.

2. Обобщенное решение системы Стокса. Для гладких полей u , v и функции p справедливы тождества:

$$\frac{1}{2}[u, v]_G = -(\Delta u, v)_G + (\operatorname{div} u, \operatorname{div} v)_G + \int_{\partial G} \langle S(u)v, v \rangle d\Gamma - \int_{\partial G} \operatorname{div} u \langle v, v \rangle d\Gamma, \quad (2)$$

$$(\nabla p, v) = -(p, \operatorname{div} v)_G + \int_{\partial G} p \langle v, v \rangle d\Gamma, \quad (3)$$

где $S(u) = \|\partial u_i / \partial x_k + \partial u_k / \partial x_i\|_{i,k=1,2}$ – тензор деформации, $d\Gamma$ – элемент длины границы. Исходя, из этих тождеств, в два этапа определяется обобщенное решение (u, p) задачи для системы Стокса со “скользкими стенками” в области G :

$$-\Delta u + \nabla p = f, \quad \operatorname{div} u = 0, \quad u_n|_{\partial G} = 0, \quad (S(u)n)|_{\partial G} = 0. \quad (4)$$

Через $J(G)$ обозначим подпространство в $H^1(n;G)$ соленоидальных полей u : $\operatorname{div} u = 0$.

Определение 1. Обобщенным векторным решением $u = (u_1, u_2)$ задачи (4) называется векторное поле $u \in J(G)$, удовлетворяющее тождеству

$$\frac{1}{2}[u, v]_G = (f, v)_G, \quad (5)$$

для всех векторных полей $v \in J(G)$.

Стандартным образом доказывается справедливость следующего утверждения.

Теорема 1. Для любого векторного поля $f \in L_2(G)$ задача (4) имеет единственное обобщенное решение u , для которого справедлива оценка

$$\|u; H^1(n; G)\| \leq c \|f; L_2(G)\|, \quad (6)$$

где константа c не зависит от значения параметра ε , $0 \leq \varepsilon \leq 1$.

Следуя работе [4], перейдем к определению давления p . Рассмотрим функционал $m(v) = (q, \operatorname{div} v)_G$, $v \in H^1(n; G)$, $q \in L_2(G)$. Этот функционал ограничен в пространстве $H^1(n; G)$. По теореме Рисса найдется элемент ψ , $\psi \in H^1(n; G)$, такой, что

$$m(v) = [\Psi, v]_G, \quad \forall v \in H^1(n; G). \quad (7)$$

Введем пространство $L'_2(G) = \{ q : q \in L_2(G), (q, 1)_G = 0 \}$ и оператор $\Pi : L'_2(G) \longrightarrow H^1(n; G)$, определяемый тождеством (7), $\Pi q = \Psi$. Отметим свойства оператора Π .

Лемма 1. 1) Оператор Π – линейный непрерывный оператор, и его норма равномерно ограничена по ε , $0 \leq \varepsilon \leq 1$.

2) Оператор Π имеет ограниченный обратный оператор $\Pi^{-1} : \operatorname{Im} \Pi \longrightarrow L'_2(G)$, норма которого равномерно ограничена относительно параметра ε , $0 \leq \varepsilon \leq 1$.

3) $\operatorname{Im} \Pi \oplus J(G) = H^1(n; G)$, где знак \oplus – ортогональная сумма в смысле скалярного произведения в $H^1(n; G)$.

Для определения давления рассмотрим функционал $l(v) = 1/2[u, v] - (f, v)$, где u – обобщенное решение задачи (4) в области G . Этот функционал обращается в нуль на $J(G)$ и непрерывен в $H^1(n; G)$. Следовательно, по теореме Рисса существует элемент $\phi \in \operatorname{Im} \Pi$, для которого выполняется тождество

$$\frac{1}{2} \|u, v\|_G - (f, v)_G = [\phi, v]_G, \quad (12)$$

для всех $v \in H^1(n; G)$. Отсюда, согласно теореме 1, следует оценка

$$\|\phi; H^1(n; G)\| \leq c \|f; L_2(G)\|, \quad (13)$$

в которой постоянная c не зависит от параметра ε . Из утверждения Леммы (1, п. 2), вытекает существование функции $p \in L'_2(G)$, для которой справедливы равенство $Pr = \phi$ и, учитывая (13), оценка

$$\| p; L_2(G) \| \leq c \| f; L_2(G) \|, \quad (14)$$

где константа c не зависит от параметра ε .

Таким образом, для всех векторных полей $v \in H^1(n; G)$ тождество (12) примет вид

$$\frac{1}{2} [u, v]_G - (p, \operatorname{div} v)_G = (f, v)_G, \quad (15)$$

которое (в случае гладкой области G) эквивалентно системе (4). Так найденная функция p – давление.

Определение 2. Обобщенным решением задачи (4) называется пара (u, p) , где u – обобщенное векторное решение задачи (4), p – давление, определяемое тождеством (15).

Из теоремы 1 и неравенства (14) следует справедливость следующего утверждения.

Теорема 2. Задача (4) имеет единственное обобщенное решение (u, p) для любого векторного поля $f \in L_2(G)$. Для этого решения справедлива оценка

$$\| u; H^1(n; G) \| + \| p; L_2(G) \| \leq c \| f; L_2(G) \|,$$

где c – постоянная.

Покажем, что эффект, отмеченный М. Ш. Бирманом, справедлив и в двумерной ситуации.

Теорема 3. Пусть область Ω – выпуклый многоугольник, $f \in L_2(\Omega)$, $\operatorname{div} f = 0$. Тогда давление постоянно.

Доказательство. Давление p определяется с помощью тождества (15). Сопоставим функции $p \in L_2(\Omega)$ решение $\varphi \in H^2(\Omega)$ задачи Неймана в выпуклом многоугольнике

$$\Delta \varphi(x) = \frac{1}{4} p(x), \quad x \in \Omega,$$

$$\partial \varphi(x)/\partial n = 0, \quad x \in \partial \Omega.$$

Это соответствие будет однозначным при условии ортогональности решения постоянным функциям. Для такой пары функций p, φ справедливо тождество

$$(p, \operatorname{div} w) = [\nabla \varphi, w], \quad (16)$$

для всех $w \in H^1(n, \Omega)$. Достаточно проверить это тождество для гладких полей w . Интегрируя по частям, получим

$$[\nabla \varphi, w] = 4 \int_{\Omega} \Delta \varphi \operatorname{div} w dx + 4 I, \quad (17)$$

где

$$I = \int_{\Gamma} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \left(\frac{\partial w_1}{\partial x_2} n_1 - \frac{\partial w_1}{\partial x_1} n_2 \right) - \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \left(\frac{\partial w_2}{\partial x_2} n_1 - \frac{\partial w_2}{\partial x_1} n_2 \right) \right) d\Gamma$$

Учтём, что вектор нормали $n = \{n_1, n_2\}$ и касательный вектор $\tau = \{n_2, -n_1\}$ постоянны вдоль отрезков, составляющих границу. Дифференцируя, справедливое на границе, тождество $\langle w, n \rangle = 0$ по касательному направлению τ , получим

$$\langle \nabla w_1, \tau \rangle n_1 + \langle \nabla w_2, \tau \rangle n_2 = 0. \quad (18)$$

На границе области, в силу краевого условия, верно равенство $\nabla \varphi = a(x) \tau$, где $a(x)$ – скалярная функция. Поэтому подынтегральную функцию в интеграле I можно представить в виде $a(x) [\langle \nabla w_1, \tau \rangle n_1 + \langle \nabla w_2, \tau \rangle n_2]$. Учитывая соотношения (17) и (18), выводим отсюда справедливость тождества (16).

Подставим в тождество (15) векторное поле $v = \nabla \varphi$. Используя равенство (16) и соленоидальность поля f , убедимся в справедливости теоремы.

3. Основной результат. Главной целью работы является доказательство следующей теоремы.

Теорема 4. Пусть $f \in L_2(\Omega)$, $(u_\varepsilon, p_\varepsilon)$ – обобщенное решение задачи (4) в области $\Omega(\varepsilon)$. Тогда

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left(\|u_\varepsilon - u_0; H^1(n; \Omega(\varepsilon))\| + \|p_\varepsilon - p_0; L_2(\Omega(\varepsilon))\| \right) = 0.$$

При доказательстве этой теоремы используем известную методику (см., например, [2]) нахождения асимптотики с оценкой остатка обобщённого решения в окрестностях угловых точек области Ω . Для этого подробно рассматривается модельная задача решения системы Стокса с граничными условиями «скользких стенок» в плоском угле. Вводится шкала весовых пространств в угле, с помощью которой можно различать решения модельной задачи. В качестве весовой функции здесь выступает степень расстояния до вершины угла. Потом конструируется шкала весовых пространств в области Ω , в которых роль веса выполняет положительная непрерывная функция, которая в окрестности каждой угловой точки области Ω совпадает со степенью расстояния до этой точки. Далее находятся весовые пространства, которым принадлежит обобщённое решение исходной задачи. Используя принадлежность обобщённого решения весовому пространству, доказывается сходимость в энергетической норме решений системы Стокса с граничными условиями «скользких стенок» в областях со сглаженными углами к обобщённому решению исходной задачи.

Список используемых источников

1. Бирман М. Ш., Три задачи сплошных сред в многогранниках // Записки научных семинаров ЛОМИ. 1992. Т. 200. С. 27–37.
2. Mazja W. G., Nazarow S. A., Plamenevski B. A., Theorie elliptischer Randwertaufgaben in singular gestorten Gebieten. Akademie Verlag Berlin. 1991. 320 s.
3. Михлин С. Г. Проблема минимума квадратичного функционала. М., 1952. 216 с.
4. Солонников В. А., Щадилов В. Е. Ободной краевой задаче стационарной системы Навье-Стокса // Труды мат. ин-та им. В. А. Стеклова. 1973. Т. 125. С. 196–210.
5. Боговский М. Е. Решение первой краевой задачи для уравнения неразрывности несжимаемой среды // Докл. АН СССР. 1979. Т. 248. № 5. С. 1037–1040.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

УДК 339.13

Приглашённый доклад

О ВЗАИМОСВЯЗИ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ И ЛОЯЛЬНОСТИ АБОНЕНТОВ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ

В. С. Резанова¹, М. Ю. Скоринов²

¹Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации

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

Исследование посвящено актуальным вопросам организации, управления и оптимизации бизнес-процессов компаний, предоставляющих услуги связи. Рассматривается применение методологии Process Mining для проведения мероприятий по оптимизации существующих бизнес-процессов. В рамках исследования выдвигается предположение о взаимосвязи качества выполнения конкретных бизнес-процессов и лояльности абонентов оператора связи и определяется возможность использования Process Mining для косвенного управления лояльностью за счёт формирования положительного клиентского опыта взаимодействия абонента и оператора связи.

Process mining, оптимизация бизнес-процессов, лояльность абонентов, оператор связи.

Актуальность управления бизнес-процессами оператора связи

Развитие технологий, включаемых современными исследователями [1, 2] в состав ключевых факторов, позволяющих говорить о наступлении четвёртой промышленной революции или Индустрии 4.0,носит, в том числе, и новые вызовы для компаний инфокоммуникационной отрасли. Применение bigdata, Internet of Things, SON и M2M фактически уже вышло из стадии pilotных проектов в тиражируемое применение, показывающее стабильные результаты для бизнеса.

Однако операционная поддержка деятельности компаний, организация бизнес-процессов, несмотря на широко используемую автоматизацию процессов за счёт применения информационных систем класса BSS/OSS от отечественных и зарубежных производителей программного обеспечения, нередко сталкивается со значительными сложностями и низкой степенью

соответствия эталонных бизнес-процессов реально исполняемым при взаимодействии с клиентами экземплярам процессов.

Почему так происходит? Одна из причин заложена в исторически сложившихся в течение первого десятилетия XXI века принципах развития крупных российских инфокоммуникационных компаний в виде опережающего роста за счёт политики слияний и поглощений вместо естественного расширения, зависящего непосредственно от результатов конкурентной борьбы. Все операторы, входящие в настоящий момент в «большую четверку» – ПАО «МТС», ПАО «Вымпелком» (торговая марка Билайн), ПАО «Мегафон», ПАО «Ростелеком» – являлись в указанный период активными игроками на рынке поглощений, вкладывая значительные средства в покупку региональных компаний сотовой и фиксированной связи. При этом присоединение приобретённых компаний в области процессных информационных систем чаще всего происходило по принципу «зонтичного» объединения, когда унаследованные системы BSS/OSS-контура оставались в эксплуатации, передавая в федеральную систему минимальный набор отчётных данных, необходимых для функционирования всей компании в целом.

Второй причиной непрозрачности операционной деятельности компаний-оператора связи является практика распределения ответственности за детализацию бизнес-процессов. В теории, формализация и последующая автоматизация бизнес-процессов основана на постоянном улучшении и оптимизации процессов за счёт применения механизма обратной связи (рис.1).



Рис. 1. Принцип постоянного улучшения бизнес-процессов

Однако на практике, формализация сквозных бизнес-процессов, которые являются ключевыми с точки зрения взаимодействия компании-оператора связи и конечного абонента, как потенциального, так и существующего, во всех компаниях разделяется между крупными структурными направлениями – Поддержка продаж, Обслуживание клиентов, Развитие инфраструктуры, Эксплуатация сети и т. д. В результате подобного разделения, принципы и правила автоматизации отрезков сквозного бизнес-процесса, проходящего в зоне ответственности конкретного направления, могут значительно отличаться от применяемых принципов и правил в других направлениях, обеспечивая сквозное взаимодействие только на уровне использования интеграционной шины. В результате, общая картина деятельности компании может быть определена только на уровне соблюдения заранее заданных KPI (*key performance indicator* – ключевые показатели эффективности), без возможности простого механизма определения причин отклонения значений от заданных показателей.

И, наконец, третьей причиной существующих сложностей с качеством операционной деятельности компании на уровне сквозных процессов, являются применяемые до сих пор принципы моделирования и оптимизации бизнес-процессов в рамках систем, относящихся к BSS/OSS-контуру. В основе этих принципов лежит экспертная оценка ключевых сотрудников, участвующих в процессе, получаемая в ходе проведения различных аудитов и интервью. Т. е. фактически до настоящего момента вся исходная информация добывается на верbalном уровне, риск ошибок «человеческого фактора» очень большой. В результате подобного аудита и оптимизации процесс может начинать работать хуже, приводя к отрицательному клиентскому опыту, что непосредственно влияет на лояльность абонентов к оператору связи [3].

Одним из возможных решений сложившейся ситуации с автоматизацией бизнес-процессов является методология Process Mining, позволяющая выполнять анализ экземпляров бизнес-процессов на основе журналов событий, генерируемых информационными системами, обеспечивающими автоматизацию деятельности предприятия [4], т. е., в случае операторов связи – системами BSS/OSS-контура.

Анализ бизнес-процессов с помощью методологии Process Mining

Основная идея анализа процессов – выявление, отслеживание и улучшение реальных бизнес-процессов за счёт извлечения знаний из журналов событий. Сформулировано шесть руководящих принципов [5], реализация которых позволяет снизить число возможных ошибок при проведении анализа:

1. Информация о событиях рассматривается как информация первостепенной важности.
2. Анализ должен строиться на основе целей, сформулированных до извлечения журналов событий из информационной системы.
3. Методы анализа процессов должны поддерживать возможность анализа ситуаций параллельного выполнения операций, выбора развития процесса по одному из взаимоисключающих вариантов и другие базовые конструкции управления потоком работ.
4. События должны быть сопоставлены с элементами модели.
5. Модели должны рассматриваться как целенаправленная абстракция реальности.
6. Анализ процессов должен представлять собой постоянную деятельность.

Главной ценностью применения методологии Process Mining является автоматизированное выявление течения конкретных экземпляров бизнес-процесса и их последующее графическое представление. Непосредственный анализ по методологии Process Mining выполняется в четыре этапа:

1. Получение журнала событий. События упорядочены и описывают один исполнительный проход процесса. В журналах хранится информация о временных отметках и показателях процесса.
2. Восстановление процессов с использованием методов распознавания процессов (вероятностный подход, альфа-алгоритм, эвристический алгоритм и т. д.).
3. Проверка полученной по протоколу событий модели на соответствие с эталонной моделью процесса, принятой на предприятии
4. Представление доработанной модели, отражающей фактические бизнес-процессы в компании. Преобразованная модель бизнес-процессов уже позволяет делать прогнозы на основе актуальных данных, оценивать риски и выявлять проблемные места в операционной деятельности компаний.

Основными алгоритмами, применяемыми в методологии Process Mining, являются вероятностный (позволяет извлекать наиболее часто повторяющуюся цепочку действий в наборе экземпляров процессов и построить направленный граф, отражающий поведение усреднённого процесса), альфа-алгоритм (позволяет сгруппировать все извлечённые из журнала события попарно по 4 группам отношений – следования, причинной связи, независимости и параллельности – и построить на основе комбинации одноцветную сеть Петри), эвристический (модифицирует альфа-алгоритм с целью упрощения графического представления восстановленного процесса, исключая из рассмотрения дублированные и параллельные задачи), генетический (позволяет с высокой вероятностью определять дублируемые задачи за счёт применения генетических операторов crossover и mutate при

оценке и ранжировании построенных моделей процессов), нечёткий (даёт возможность упростить очень сложные или слабо структурированные модели за счёт оценки параметров связности и значимости выявленных зависимостей между событиями). При этом только два последних алгоритма могут с высокой вероятностью успеха распознавать все типовые конструкции, в особенности – дублируемые задачи [5].

Выявленная с применением методологии Process Mining модель представляет различные возможности для последующего анализа:

- обнаружение ошибок или излишней гибкости автоматизации процесса по сравнению с эталонной моделью (рис. 2);
- наличие и количество дублируемых задач и внутренних циклов в ходе выполнения одного экземпляра процесса;
- учёт характеристик длительности исполнения различных экземпляров процесса и загруженности выявленных маршрутов для определения необходимого количества сотрудников;
- и т. д.

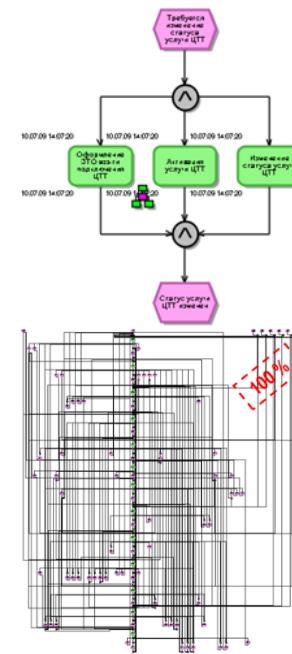


Рис. 2. Модель эталонного (вверху) и реальных (внизу) бизнес-процессов, восстановленных из ERP-системы оператора связи

Практика применения Process Mining операторами связи

Успешным примером использования Process Mining является опыт компании Vodafone. Vodafone – один из крупнейших операторов связи, обслуживающий более 400 миллионов абонентов в 26 странах мира – в 2017 г. осуществил проект оптимизации процесса закупки оборудования, как одного из ключевых процессов, непосредственно влияющих на среднее время вывода услуг на рынок и качество их предоставления абонентам. Основной задачей, которую необходимо было решить, стала оценка фактически исполненных экземпляров процесса в сравнении с эталонными моделями. Для решения был выбран инструмент Celonis Process Mining.

В ходе проекта были проанализированы журналы событий нескольких систем, в том числе SAP ERP, Ariba и SAP SRM. Производился поиск ошибок исполнения процесса, отклонения от стандартного потока, «узких мест», увеличивающие длительность или стоимость процесса. Из указанных систем была получена и обработана информация о 800 тысячах закупок,

5 миллионах счетов, 40 миллионах позиций оборудования. В результате были выявлены три основные причины отклонений от эталона: низкая автоматизация процесса, некорректное занесение информации в системы, недостаточное использование данных от профессиональных сообществ.

Эффектом от использования Celonis Process Mining стало:

- обеспечение 100 % прозрачности процесса;
- рост до 85 % заказов, исполненных корректно с первого раза;
- сокращение расходов на 11 %;
- сокращение Time-to-market на 20 %.

Применение Celonis Process Mining позволило Vodafone успешно оптимизировать процесс закупки, сократить время предоставления услуг абонентам, повысить удовлетворенность клиентов, а также сохранить лидерство на рынке телекоммуникационных услуг [7].

Перспективы применения Process Mining

Как было сказано выше, управление клиентским опытом является важной задачей для повышения лояльности абонентов оператора связи. Помимо приведённых выше вариантов возможного использования, позволяющего выявить ошибки автоматизации или исполнения разработанных процедур и инструкций сотрудниками оператора связи, применение методологии Process Mining может оказаться перспективным в части создания положительного клиентского опыта при взаимодействии с клиентами, подпадающими под различные исключения из типовых процессов продаж и обслуживания.

Применение дополнительных механизмов кластеризации абонентской базы по признаку вовлечения в экземпляры бизнес-процессов, имеющих наиболее значительные отклонения от заложенных в информационные системы OSS/BSS-контура эталонных правил, позволит выявить бизнес-архитекторам новые группы, для которых может потребоваться разработка уникальных процессов. С учётом того, что нарушения в ходе исполнения бизнес-процессов (увеличение срока обслуживания, некорректное или не-правомерное предоставление дополнительных сервисов и опций, перерывы связи или недоступность ранее заказанных услуг) приводят к повышению риска оттока абонента или схожей по характеристикам группы абонентов, и важности борьбы с оттоком [8], поскольку снижение оттока напрямую связано с повышением доходов компаний, нет сомнений в том, что разработка уникальных процессов для специфических групп абонентов на основе выявленной и агрегированной средствами Process Mining специфики работы с такими группами, является значительным конкурентным преимуществом в области предоставления услуг.

Список используемых источников

1. Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Дрожжинов В. И. Куприяновская Ю. В., Иванов М. О. Интернет Вещей на промышленных предприятиях // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 12. С. 69–78.
2. Куприяновский В. П., Куприяновская Ю. В., Синягов Д. А., Добрынин А. П., Черных К. Ю. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 1. С. 4–11.
3. Акишин В. А., Кисляков С. В., Феноменов М. А. Функциональная архитектура СЕМ-комплекса для внедрения в IT-ландшафт крупного оператора связи // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10, № 10. С. 12–16.
4. Wil van der Aalst. Process Mining. Data Science in Action. Second Edition [eBook] // Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-662-49851-4.
5. The Process Mining Manifesto. [Электронный ресурс] // IEEE Task Force on Process Mining, 2012. URL: http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/doku.php?id=shared:process_mining_manifesto (дата обращения 30.03.2018).
6. Patrick Charra. The Power of Process Mining [Электронный ресурс] // TM Forum Inform, 2017. URL: <https://inform.tmforum.org/data-analytics-and-ai/2017/03/power-process-mining/> (дата обращения 21.03.2018).
7. Janine Kanters. Global Telecom Giant Vodafone gains 100 % transparency [Электронный ресурс] // Celonis. URL: <https://www.celonis.com/blog/global-telecom-giant-vodafone-gains-100-transparency/> (дата обращения 16.03.2018).
8. Fred Reichheld. Prescription for cutting costs: Loyal relationships [Электронный ресурс] // Bain & Company, Inc. URL: http://www.bain.com/Images/BB_Prescription_cutting_costs.pdf (дата обращения 02.02.2018).

Статья представлена научным руководителем, доктором технических наук, профессором Б. С. Гольдштейном.

УДК 330.341.1

THE TRANSITION FROM THE ECONOMY OF MATERIAL RESOURCES TO KNOWLEDGE ECONOMY

Tsvetan Iliev

University of agribusiness and rural development, Bulgaria

Social and economic reality in the beginning of 21st century can be treated as unique. This attitude is due to all phenomena and processes accompanying human civilization development nowadays. Fundamental factors predetermining relationships between economic enti-

ties in processes of production, barter and income distribution are liable to changes. New conditions show that land and assets equipment of production are not enough to guarantee growth of social wealth. That is why knowledge is considered in the paper as current production foundation.

material resources, institutions, knowledge cities, knowledge regions, knowledge economy.

The orientation of economic development to the all-round penetration of knowledge in business processes can be defined as a challenge to the industrial society and its production principles. We think that the signs of change could be outlined in the following directions:

- *annexation to the traditional industrial factors of production – land, labor and capital of knowledge;*
- *transition from mass industrial production to demascision of production, markets and society;*
- *transition from vertically positioned public and economic structures to horizontal networks;*
- *transformation of the production of products with a physical medium into products that can easily be digitized and multiplied technologically, causing structural changes in both the national and global economy.*

These changes do not exhaust the extensive series of transformations, but only identify the directions in which they could be reasonably devised. The dissemination of changes does not occur evenly at the global level and uniquely in the manufacturing sphere.

There are also changes in institutional terms. Old institutions become dysfunctional under the new conditions. The family, political structures and the social culture are changing. Every new socio-economic system needs the appropriate cultural prerequisites to make its development possible.

Historically, the early beginnings of production intellectualization could be noticed in the 1950s. This is the period when the economic structure of the developed countries (US, UK, etc.) shows a shift towards the employment increase in the services sector at the cost of a decrease in industrial and agricultural production. This change is considered to be the starting point of the transition from the industrial production based on work in the assembly line to the economy of mental potential.

Then, for the first time, researchers began using the term "new economy". The new is marked by the passage to the use of computer, albeit in its very large and functionally imperfect form, from the state administration activities to business. An indicative in this respect is F. Machlup's study in 1962, which found that the knowledge production in the US in 1950s grew faster than the country's GDP [1].

The event that we could define as a catalyst for science-intensive production worldwide is the launch of the first artificial satellite in 1957. It marks

the beginning of the era of space exploration and the competition between the leading countries in this regard – the United States and the former Soviet Union. Systems theory, software programming and project management progressed in the field of science. This raises the beginning of a substantial flow of knowledge into production.

The advance of production stands imposes a relevant workforce because new technologies rely on creative thinking and knowledge rather than on the physical power inherent in the agrarian and industrial era. In addition, the new economy has imposed a change in the point of view for the workplace. If industrial production is associated with workplaces arranged in production lines in workshops and factories, the new conditions reject this need. A model of work at home is established without interrupting the production process in the company where the worker is employed.

Moreover, the employer – employee relationship is also developing. In the industrial way of production there is a clearly regulated interaction. The knowledge economy provides an opportunity for unincorporation of both parties, as well as engaging with several employers at the same time. According to R. Reich, the new conditions will empty the term "employee". Business units will be assessed on their access to information and technology and on the possibilities of their most profitable use [2].

The changes in the economic sphere influenced by the deployment of the process of intellectually determined production have led to changes in the scientific field. Scientific frontiers are being destroyed, giving the interdisciplinary nature of research and the resulting flows of new knowledge [3]. Since the middle of the last century, scientific discoveries have been made in such areas as conductive polymers, composite materials, energy, medicine, microfluids, cloning, high molecular chemistry, optics, nanotechnology, etc. Significant progress has been made in the field of technology regarding the tools that researchers now have [4].

Scientific advances and the differentiation of the field of research cause, in turn, changes in the production complex. From machines for manufacturing products they turn to machines for the production of more machines [5].

It could be said that something similar is also happening with the production of tools for forming new knowledge. We believe that this is the most important form of capital for countries today. In the new era computers, software and the Internet give scientists access to resources that facilitate modern communication, exchange and collaboration. An element of the new reality is today's natural practice to build international and multinational work teams in science and business. This makes the ideas generation a more efficient process and allows the application of different methods and tools, despite the time and space differences between the participants. As a result, we can predict that **in the future people will create more powerful means of generating knowledge.**

However, this process does not stop here. His next development is in the production of new means through the knowledge gained [6].

The combination of more workforce in the field of science, advanced technologies, new opportunities for communication with an ever-expanding knowledge base alters the boundaries of science as a whole. Extensive research is ongoing in areas such as medicine and exhaustible energy resources [7].

In the age of industrial production, research is inherent only to scientists. Today, an increasing share of them is done at business organization level. This process is the most serious manifestation in large corporations. As a result, modern scientific studies offer new discoveries that make people face a number of moral issues. An example in this direction is the widely discussed problem with cloning of organisms globally, as well as in Bulgaria.

Despite the controversy over the impact of scientific discoveries on the development of worldwide socio – economic processes, we should emphasize the fact that the direction of knowledge movement is only ahead. The process boundaries, as well as discoveries that will turn into practical and lucrative products and services, remain unclear. It is clear that the findings have a considerable effect on the social development. In case the new technologies are added to the capital factor, they become a major development accelerator. Therefore, breakthroughs in science and technology should not be seen as isolated processes. Total benefits to society are greater when discoveries are combined and inset.

Developing the tools for generating new knowledge is a step-by-step process. Each stage is based on what has been achieved in the previous one and is a prerequisite for the realization of the next one. This creates the relevant conditions for the development of production and the improvement of public welfare [8]. According to R. Reich, wealth in the modern world is expressed through the accumulation of production opportunities and technological advances [2].

On this basis, we can emphasize that the transformation of roles and limits leads to the transformation of the knowledge infrastructure. This process takes place not only in developed countries but also among developing countries, giving certain conditionality to the global differentiation of countries in terms of production and income, leaders and developing. The modern development of countries, such as China, India, Ireland and others, is a confirmation of what has been said. Therefore, we believe that **it is necessary to identify the determinants that distort both the global layers of the world economic map and the organizational processes in the business units.**

References

1. Machlup, F. The Production and Spreading of Knowledge in the United States, 1962. Quoted by: Bakardjieva, M. The Information Society – a New Paradigm. – Sociological problems, №. 2, Sofia, 1994, p. 102–111.

2. Reich, R. The Work of the Nations (Preparing Ourselves for 21st Century Capitalism), IM "St. Kl. Ohridski ", Sofia, 1992.
3. Giddens, A. The third way. "Window", Sofia, 1999, p. 133–135.
4. Ohmae, K. The End of National State: The Rise of Regional Economies, London: Harper Collins, 1995. Cit. by: Nedyalkova, A., Z. Bowman, D. Filipov, 2005. Globalization, regionalism and anti-globalization. "Albatross", Sofia, p. 10–12.
5. Atkinson, R. D., R. Coduri. The 2002 State New Economy Index, Washington: Progressive Policy Institute, 2002, p. 27–33.
6. Clark, P. B., J. J. Polak. International Liquidity and the Role of the SDR in the International Monetary System. IMF Working Paper 02/217, 2002 pp. 5–10, 17–24.
7. Feuling, B. A. China's Competition for Capacity. – Industry week, April 6, 2009. <http://www.industryweek.com>
8. Tarrow, L. Fate loves the brave. Vesela Lutskanova, Sofia, 2008, pp. 137–180, 267–275.

УДК 004.91

МОДЕЛЬ BLOCKCHAIN СЕРВИСОВ

Ю. В. Арзуманян, М. Б. Вольфсон, А. А. Захаров, А. Д. Сотников

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

Дальнейшее развитие технологии Blockchain неизбежно приведёт к массовому появлению компаний, предоставляющих публичные сервисы защищённой фиксации в Интернете различного рода документов. Описывается модель информационного взаимодействия участников бизнес процессов, приводится обобщённый формат записей, удовлетворяющих требованиям защиты персональных данных, рассматриваются критерии выбора Blockchain сетей.

технология Blockchain, модель информационного взаимодействия, формат записей, отвечающих требованиям защиты персональных данных, критерии выбора сетей Blockchain.

В многочисленных публикациях, посвящённых защищённой фиксации в Интернете различного рода документов (в [1] содержатся ссылки примерно на 200 ресурсов по технологии Blockchain 3.0), можно найти общие характеристики систем и областей применения. По мере приближения к массовой практической реализации таких услуг весьма актуальным становится более подробное описание модели, раскрывающей взаимодействие потребителей и провайдеров блокчейн сервисов (БЧС).

Прежде, чем рассматривать БЧС целесообразно определить форматы электронной версии как самого фиксируемого документа, так и соответствующей ему Blockchain записи (рис. 1). Приведённые на рис. 1 форматы учитывают ограничения на размер записей в Blockchain сети, а также требования по защите персональных данных.

Формат электронной версии документа								
Персональные (идентификационные) данные			Основные данные			Дополнительные данные		
Фамилия	Имя	Отчество	Место рождения	Дата рождения	Дополнительные сведения (фотография, биометрические данные и т.п.)	Полное наименование выдавшей документ организации	Краткое наименование выдавшей документ организации	Номер/серия
						Найменование документа	Дата выдачи	Дополнительные сведения, включающие в себя приложения, сканированные изображения бумажной версии документа и пр.
								Цифровая подпись выдавшей документ организации

Формат Blockchain записи		
Основные данные		
Цифровая подпись блока персональных данных	Полное наименование выдавшей документ организации	Номер/серия
	Краткое наименование выдавшей документ организации	Цифровая подпись блока дополнительных данных
	Найменование документа	
	Дата выдачи	

Рис. 1. Форматы файлов

Согласно представленной в [2] сетевой модели БЧС участниками бизнес процессов являются: владельцы документов (Владельцы), выдавшие эти документы организации (Организации), провайдеры БЧС (Провайдеры), любые имеющие доступ к Интернету лица (*Anonymous*), а также Blockchain сети. На рис. 2 изображена диаграмма взаимодействия всех вышеперечисленных участников.

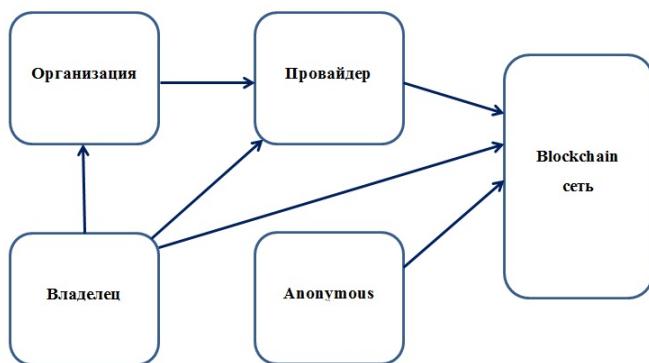


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия участников

Модель подразумевает следующее действия участников бизнес процесса.

Владелец-Организация. Владелец запрашивает выдавшую документ Организацию предоставить электронную версию и оплачивает связанные с этим расходы. В свою очередь Организация предаёт Владельцу требуемое и формирует файл для записи в Blockchain сеть.

Организация-Провайдер. Организация предоставляет Провайдеру файл для записи в Blockchain сети, а также необходимые для проверки цифровой подписи открытые ключи. Провайдер обеспечивает Организации программное обеспечение или web-сервис для формирования и проверки файла записи в Blockchain сети, а также файлов корректирующих и аннулирующих записей. Корректирующая запись используется при изменении (исправлении ошибок) документа, а аннулирующая – при утрате документом актуальности (например, в случае водительских прав – при лишении владельца права управления транспортным средством).

Владелец-Провайдер. Владелец документа делает запрос Провайдеру на размещение записи в Blockchain сетях. Провайдер может предоставлять Владельцу выбор сетей, где будет размещена соответствующая запись. Поскольку практически во всех действующих публичных Blockchain сетях взимается комиссия за размещение транзакций, стоимость предоставляемой Провайдером услуги будет определяться количеством и составом задействованных сетей. Кроме того, Провайдер предоставляет программное обеспечение (приложения, плагины к браузерам и т. п.) или web-сервисы для поиска, сортировки и проверки корректности записей в Blockchain сетях.

Провайдер-Blockchain сеть. Провайдер помещает полученную от Организации ассоциированную с документом запись в выбранных Blockchain сетях. В обязанности провайдера входит размещение корректирующих и аннулирующих записей по мере их предоставления Организацией.

Anonymous/Владелец-Blockchain сеть. С помощью свободно распространяемого Провайдером программного обеспечения или через его web-сервисы Anonymous/Владелец могут осуществлять поиск, сортировку и проверку корректности как самих записей, так и электронных версий документа, если таковые имеются.

Нетрудно заметить, что модель Blockchain сервиса на рис. 2 применима не только к документам физических (B2C и G2C), но и юридических лиц (B2B и G2B). В этом случае роль Владельца выполняет Компания. Реквизиты Компании не нужно скрывать и блок персональных (идентификационных) данных (рис. 1) может быть удалён, а в блок основных данных добавлено поле с обозначением Владельца, т. е. Компании. Для сохранения размера записи вместо названия Компании можно использовать её ИНН.

Важными критериями при выборе Blockchain сетей являются уровень надёжности (доверия) к сети и стоимость самой записи. Очевидной мерой

уровня доверия может служить объём капитализации. В таблице приведены данные (<https://bitinfocharts.com/ru/bitcoin>) на момент написания статьи для 10 ведущих Blockchain сетей.

ТАБЛИЦА. Капитализация Blockchain сетей

Рейтинг	Blockchain сеть	Капитализация, млрд USD
1	Биткоин (BTC)	230,3
2	Эфириум (ETH)	69,2
3	Биткоин Cash (BCH)	46,8
4	Лайткоин (LTC)	14,5
5	Дэш (DASH)	8,8
6	Монеро (XMR)	5,2
7	Биткоин Gold (BTG)	4,4
8	Эфириум Классик (ETC)	2,8
9	Зеткэш (ZEC)	1,6
10	Догикоин (DOGE)	1,1

Высокая волатильность криптовалют и юридическая неопределенность их существования позволяют сделать вывод о целесообразности размещения записей в нескольких Blockchain сетях в зависимости от объема планируемых на это средств Владельца.

При определении стоимости записи в той или иной Blockchain сети главную роль играет величина комиссии, которую необходимо внести для включения записи в блок. В качестве примера оценим величину комиссии для записи в Blockchain сеть биткоина. В этой сети значение комиссии определяет посылающая транзакцию сторона, в нашем случае – Провайдер. Майнеры при включении транзакции в блок учитывают размер комиссии и, естественно, в первую очередь выбирают транзакции с наибольшей величиной комиссии. В <https://bitcoinfees.earn.com/#fees> можно найти актуальные значения комиссии, обеспечивающие включение записи в ближайший блок. В момент написания статьи такая комиссия составляла приблизительно 900 Satoshis (0,000009 BTC) за байт. Для записи в предлагаемом формате (рис. 1) длинной в 600 байт комиссия составит $600 \times 0,000009 = 0,0054$ BTC или около 76 USD.

В заключении необходимо отметить, что неизбежное распространение технологии Blockchain, её внедрение в рамках программ цифровой экономики в ближайшее время приведёт к принятию юридических норм, узако-

нивающих национальные криптовалюты и существенно изменяющих процессы информационного взаимодействия и, в частности, электронного документооборота во всех сферах жизни общества. Разнообразные области применения в ближайшее время настойчиво потребуют детальной проработки моделей информационного взаимодействия и построения соответствующих бизнес-моделей, от корректности и обоснованности которых будут зависеть как успешность внедрения, так и общие темпы развития Blockchain технологии.

Список используемых источников

1. Мелани Свои. Блокчейн: Схема новой экономики: пер. с англ. М. : Олимп–Бизнес, 2017. 240 с., ил.
2. Арзумян Ю. В., Вольфсон М. Б., Захаров А. А., Сотников А. Д. BLOCKCHAIN – пути развития // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т. 3. СПб. : СПбГУТ, 2017. С. 43–47.

УДК 338.1

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ЛИЗИНГА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ

Н. Н. Белянина, А. В. Голубева, И. Б. Щербаков

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

На российском рынке действуют большое количество лизинговых компаний, сдающих в финансовую аренду различное имущество (транспорт, оборудование, технику, недвижимость). Упростить выбор лизингодателя поможет рассмотренная в статье система критерии, ориентированная на минимизацию рисков для лизингополучателя с целью дальнейшего сотрудничества.

лизинг, критерии лизинга, стоимость лизинга, удорожание стоимости лизинга, лизинговые компании.

Лизинг – финансовый инструмент, позволяющий приобрести необходимые транспортные средства, и при этом избежать единовременных затрат и отчуждения денежных средств из оборота.

Вопросы, связанные с лизингом транспортных средств, актуальны для предприятий связи, поскольку позволяют использовать дополнительные ресурсы в коммерческой и управлеченческой деятельности, производя

оплату стоимости транспортных средств не сразу, а частями в течение срока договора лизинга.

В настоящее время на российском рынке функционирует большое количество лизинговых компаний, которые предлагают транспортные средства в лизинг. Каждая из них активно рекламирует свои преимущества, стараясь привлечь к себе как можно больше клиентов, предлагая при этом свои условия лизинга. При принятии решения о выборе наиболее выгодных условий лизинга транспортного средства необходимо оценить все параметры лизинговой сделки, выбрать наиболее важные и оценить предложение по лизингу транспортного средства с учётом этих условий.

Сравнить условия лизинга транспортных средств несложно, если знать основные параметры предложений лизинговых компаний и понимать, какие условия договора лизинга наиболее важны для компании.

Одним из основных параметров сравнения условий лизинга транспортных средств является стоимость лизинга. Под стоимостью лизинга можно понимать, как общую сумму платежей по договору лизинга, так и размер удорожания по договору лизинга автомобилей.

Удорожание по лизингу – это отношение общей суммы договора лизинга к стоимости лизингового имущества (автомобиля). Удорожание по договору лизинга считается в процентах за весь срок лизинга, а также в среднем за один год.

При сравнении условий лизинга транспортных средств с условиями кредитования часто сравнивают процент удорожания по лизингу и процент по кредиту. Однако, сравнение этих двух показателей является не корректным, так как процент по кредиту начисляется на остаток задолженности, а удорожание по лизингу – это отношение общей суммы платежей к стоимости предмета лизинга, которое весьма далеко от эффективной ставки по лизингу – процента, который начисляется на остаток задолженности клиента по лизинговому имуществу.

Дать определение понятию «ставки по лизингу» не просто, так как их существует несколько. Ряд экономистов понимают под ней обычную кредитную ставку, которая может составлять 10–12 или более процентов годовых. С точки зрения этой оценки ставка по лизингу является аналогом ставки по кредиту.

Но есть и другая точка зрения, где определение ставки по лизингу часто увязывают со ставкой удорожания имущества по лизинговой сделке [1]. Экономисты высчитывают данную ставку, исходя из разницы между действительной стоимостью приобретенного имущества и той, в которую обошлось имущество по лизинговой сделке. По сути, речь идет о величине переплаты за имущество при получении банковского кредита.

Однозначного механизма расчета ставки по лизингу не существует. Так одни специалисты включают в формулу ее расчета все платежи (авансы,

задатки, а также первоначальный платеж по кредиту), другие же эти платежи исключают, в результате чего ставка удорожания кредита существенно снижается, и лизинговая сделка становится значительно выгоднее получения обычного кредита [2].

Несмотря на различные точки зрения при сравнении условий лизинга транспортных средств с условиями их кредитования сравнивать процент удорожания по лизингу и процент по кредиту не корректно, т. к. процент по кредиту начисляется на остаток задолженности, а удорожание по лизингу – это процент, который начисляется на остаток задолженности клиента по лизинговому имуществу.

Помимо удорожания существенным параметром при сравнении условия лизинга автомобилей является размер первоначального взноса (аванса) по договору лизинга. Первоначальный взнос по договору лизинга автомобилей зависит от ликвидности предмета лизинга. Так, по новым автомобилям первоначальный взнос меньше, чем по технике, бывшей в употреблении, а также и финансового состояния клиента.

Стоимость лизинга наиболее сильно зависит от выбранного графика платежей. Перед выбором графика платежей предприятие должно четко рассчитать свои экономические показатели, составить прогноз движения денежных средств с учетом лизинговых платежей. Если это будет сделано, то будет понятно, какой график платежей выбрать – равномерный с большим общим удорожанием, но меньшей нагрузкой по ежемесячным платежам, либо убывающий, где большая нагрузка по платежам приходится на начальные периоды, и, соответственно, общее удорожание будет меньше.

Также при сравнении условий лизинга автомобилей необходимо учитывать и другие критерии:

возможность досрочного погашения лизинговых платежей. Это опция, которую обязательно надо внимательно изучить при заключении договора лизинга. Дело в том, что у лизингодателей здесь нет единой политики или конкретных единообразных правил. Некоторые компании (в том числе довольно крупные и известные) требуют от лизингополучателя полной выплаты всех платежей, включая проценты, независимо от того, когда осуществляется досрочное погашение. Другие лизингодатели «идут навстречу» клиенту, разрешая ему выплатить при досрочном погашении «всего лишь» половину процентных платежей за будущие периоды;

наличие в договоре фиксированного графика выкупной стоимости, определяющего сумму досрочного выкупа автомобиля в каждом месяце действия договора лизинга;

размер комиссии за заключение договора лизинга (комиссия может составлять до 2 % от стоимости автомобиля и быть включена в график либо уплачиваться отдельно);

выкупная стоимость автомобиля (может включаться в график платежей по лизингу либо оплачиваться по отдельному договору купли-продажи, который заключается по окончании срока лизинга);

срок оформления сделки – срок с момента подачи полного пакета документов до заключения договора лизинга автомобиля. Может составлять от одного дня до двух недель;

включение цены страховки в стоимость договора лизинга. Здесь следует определить, не является ли цена страхования в лизинговой компании выше рыночной;

необходимость информации о дополнительных сборах и комиссиях на этапе коммерческого предложения. Они могут быть не указаны в графике платежей;

срочность кредитования самой лизинговой компании. Если компания использует краткосрочные кредиты для финансирования 3–5-летних лизинговых сделок, это создает риски для лизингополучателя;

возможность предварительной проверки клиента службой безопасности лизинговой компании. В некоторых компаниях указанная проверка проводится на основании минимального пакета документов (как правило, это заявка на лизинг с подписанным согласием на проверку, паспорта учредителей и руководителя, свидетельства ИНН и ОГРН).

При принятии решения о выборе наиболее выгодных условий лизинга автомобилей необходимо оценить критерии лизинговой сделки, выбрать наиболее важные и уже тогда принять окончательное предложение по лизингу автомобиля с учётом рассмотренных условий.

Список используемых источников

1. Газман В. Д. Неординарный лизинг : учеб. пособие. М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. 527 с. ISBN 978-5-7598-1192-3.
2. Газман В. Д. Преодоление стереотипов в лизинге // Вопросы экономики. 2017. № 2. С. 136–152.

УДК 338.47

УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМИ ПРОЕКТАМИ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Н. Н. Белянина, А. В. Голубева, И. Б. Щербаков

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

Для научно-исследовательских проектов в инфокоммуникациях, необходима разработка бизнес-процессов, упорядочивающих их выполнение, так как подобного рода деятельность является по большей части творческой. При этом необходимо добиваться баланса между стандартизацией и гибкостью, а иными словами, между порядком и творчеством.

Целью работы является исследование бизнес-процессов для управления научно-исследовательскими проектами в инфокоммуникациях. Рассматриваются возможности снижения рисков, связанных с возможностью повторного использования достигнутых результатов и эффективности исполнения проектов и повышения результативности руководителей высшего звена.

Предлагается использовать следующий принцип управления бизнес-процессами – соблюдение баланса между стандартизацией и пространства для творчества на основе модели СММI.

бизнес-процесс, научно-исследовательские проекты, веха, точка принятия решения.

В настоящее время темпы перемен на инфокоммуникационном рынке настолько велики, что необходимо постоянно обеспечивать высокую адаптивность существующих бизнес-процессов, и осуществлять их совершенствование и модернизацию. Крупные компании, работающие на этом рынке, давно осознали, что совмещение системы эксплуатационной поддержки OSS (англ. *Operation Support System*) и системы поддержки бизнеса BSS (англ. *Business Support System*) позволяет проследить функционирование компаний на всех уровнях, а значит комплексно и более эффективно управлять своей деятельностью.

В инфокоммуникационной компании можно выделить три основных типа бизнес-процессов: управляющие – для управления системой (корпоративное управление и стратегический менеджмент); операционные – составляющие ядро компании и являющиеся основным источником доходов (прием заявок от заказчиков и открытие счета в филиале банка); поддерживающие – обслуживающие основную деятельность компании (бухгалтерский учет, техническая поддержка, колл-центр, кадровая служба).

Вышеуказанные типы бизнес-процессов представлены на рис. 1.



Рис. 1. Основные типы бизнес-процессов компании и связи между ними

Методологии анализа и проектирования построения информационных систем OSS/BSS нового поколения находятся в рамках проекта Frameworkx, который ранее именовался NGOSS (англ. *New Generation Operations Systems and Software*). Базис концепции Frameworkx показан на рис. 2. В него входят:

- еTOM (англ. *Enhanced Telecom Operations Map*) – расширенная карта бизнес-процессов, которая описывает состав бизнес-процессов компании, осуществляющей свою деятельность на инфокоммуникационном рынке;
- SID (англ. *Shared Information and Data Model*) – информационная модель, определяющая подход к описанию и использованию данных, задействованных в бизнес-процессах компании;
- ТАМ (англ. *Telecom Application Map*) – карта приложений, описывающая типовую структуру компонентов информационной среды;
- ТНА (англ. *Technology Neutral Architecture and Contract Interface Definitions*) – технологически нейтральная архитектура интеграции и определения интерфейсов, определяющие принципы взаимодействия и интеграции приложений, данных и бизнес-процессов в распределенной среде.

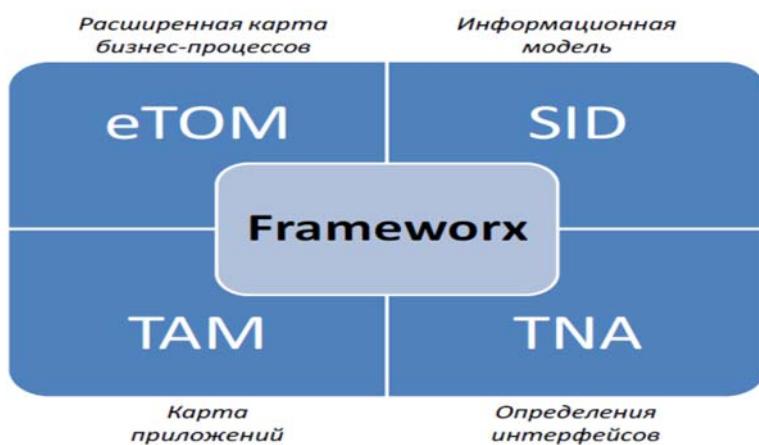


Рис. 2. Методология анализа и проектирования информационных систем OSS/BSS

Как видно из рис. 2, бизнес-процессы описываются в одном из основных компонентов еТОМ, что является моделью операций компании, действующей на инфокоммуникационном рынке. Обозначенный подход к построению структуры бизнес-процессов организации сформулирован в [1].

В основе модели еТОМ находится иерархическая декомпозиция процессов (рис. 3), которая состоит из 4-х уровней.



Рис. 3. Нулевой уровень иерархии декомпозиции бизнес-процессов еТОМ

Блок «Стратегия, инфраструктура и продукт» (англ. *Strategy, Infrastructure & Product*) охватывает процессы планирования и управления жизненным циклом продуктов, операционные процессы (англ. *Operations*) – базовые процессы операционного управления, а управление предприятием (англ. *Enterprise Management*), в свою очередь – процессы поддержки деятельности предприятия.

Рассмотрим декомпозицию блока «Стратегия, инфраструктура и продукт», внутри которого как раз и описываются бизнес-процессы в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (НИОКР) компаний (рис. 4), осуществляющей свою деятельность в сфере инфокоммуникаций.



Рис. 4. Первый уровень иерархии декомпозиции блока
«Стратегия, инфраструктура и продукт»

В терминах модели еТОМ «Услуга» – это бизнес-ориентированное предложение клиенту, включающее цену и описание ценности этого предложения на языке бизнеса, а не в технических терминах. Под сервисами понимают технические составляющие услуги (например, хостинг приложений, локальная сеть и т. д.). Одна услуга может состоять из нескольких сервисов, а сервис может присутствовать в различных услугах. Например, сервис «хостинг приложений» и администрирование конкретного сервера используется для предоставления услуг поддержки различных бизнес-приложений.

Элемент сервиса или услуги (аппаратный программный или сетевой) называется в еТОМ ресурсом. Это некоторая неделимая часть, на базе которой формируются сервисы и услуги. Ресурсы могут быть нематериальными – например, пул телефонных номеров и может входить в состав различных сервисов и услуг.

Блоки первого уровня «Разработка и управление услугами» и «Разработка и управление ресурсами» детализируются еще парой уровней – вторым и третьим. Однако модель еТОМ несет слишком глобальный характер, чтобы опускаться до непосредственного выполнения проектных работ.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские проекты в инфокоммуникациях можно подразделить на следующие виды:

- научно-технические исследования;
- разработка программного обеспечения;
- разработка опытной аппаратуры;
- комбинированные.

В зависимости от того, является ли заказчиком само предприятие, содержащее исследовательскую группу, или сторонняя организация, проекты можно разделить на внутренние или внешние.

Обычно такую сложную многофакторную дисциплину как управление проектами расщепляют на следующие дисциплины:

- управление требованиями;
- управление конфигурацией;
- управление изменениями;
- управление качеством;
- управление выпуском;
- трассировка (прослеживаемость артефактов проекта);
- контроллинг.

Перечисленные дисциплины представляют собой подпроцессы научно-исследовательских проектов.

Такое деление согласуется с требованиями методологии комплексной модели производительности и зрелости (англ. *Capability Maturity Model Integration* (CMMI)) [2].

CMMI – набор моделей (методологий) совершенствования процессов в организациях разных размеров и видов деятельности, содержит набор рекомендаций в виде практик, реализация которых, позволяет достигать цели, необходимые для полной реализации определенных областей деятельности.

Бизнес-процессы проектов НИОКР должны быть, по возможности, как можно проще [3], поэтому предлагается использовать всего две крупные фазы: подготовка и выполнение, как показано на рис. 5.

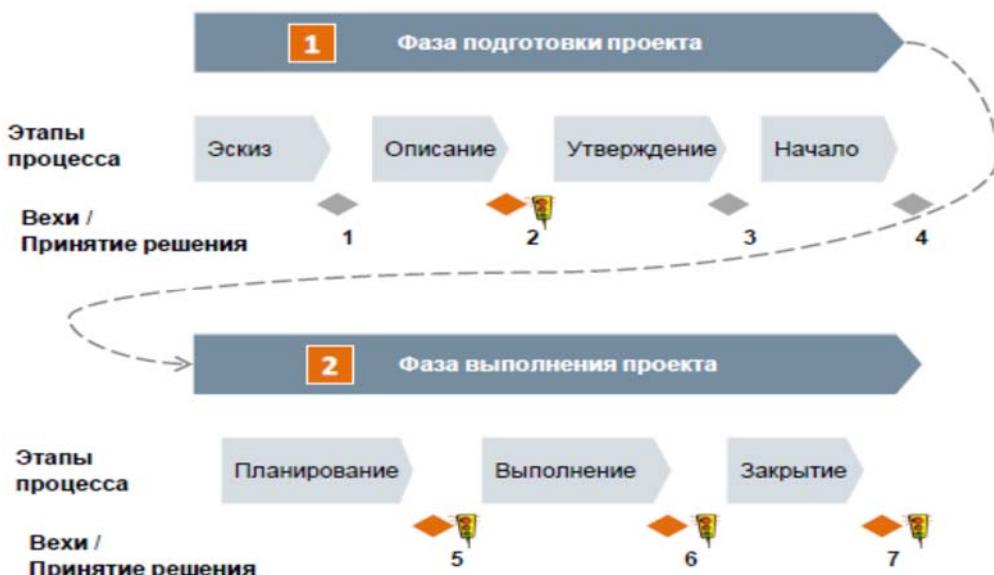


Рис. 5. Фазы и этапы проекта НИОКР в инфокоммуникациях

Этап планирования, предшествующий этапу выполнения, на самом деле включает завершающие работы по организации бизнес-процессов проекта, а не проектирование будущего прототипа, как может показаться на первый взгляд. При этом завершение каждого этапа является важным событием проекта и отмечается вехой или точкой принятия решения, связанной с менеджментом качества в проекте [4].

Сутью точки принятия решения является ответ на вопрос: «Учитывая существующие сложности и риски, нужно ли сделать что-то еще, чтобы гарантировать успешное продолжение проекта?»

Представленная таблица дает характеристику вех и точек принятия решения проекта с описанием материалов, которые должны быть сгенерированы по итогам соответствующих этапов.

Преимущества управления научно-исследовательскими проектами в сфере инфокоммуникаций с использованием бизнес-процессов для руководителя проекта заключается в прозрачности состояния проекта и возможности его оценки в любой момент времени.

ТАБЛИЦА. Характеристика вех и точек принятия решения проекта

Этап	Результаты	Инструменты
Эскиз	– Краткое описание проекта	
Описание	– Оценка рисков, бюджета и объема работ – Определение категории проекта – Проектное предложение – Отчет о состоянии проекта	
Утверждение	– Получение заказа (внешний проект) или одобрение высших руководителей (внутренний)	
Начало	– Черновик подробного плана управления проектом (включает также план управления качеством, выпуском и проч.)	
Планирование	– Согласование подробного плана управления проектом – Спецификация требований – Требования заинтересованных лиц – Отчет о состоянии проекта	GForge, Jira, Redmine, ClearQuest, Team Foundation Server
Выполнение	– Передача результатов проекта заказчику – Отчет о состоянии проекта	GForge, Jira, Redmine, ClearQuest, Team Foundation Server
Закрытие	– Приемка заказчиком – Архивация материалов проекта – Финальный отчет о состоянии проекта	GForge, Jira, Redmine, ClearQuest, Team Foundation Server

Список используемых источников

1. Enhanced Telecom Operations Map (eTOM). The business process framework. For the information and communications services industry. TMF Approved version 4.0. March 2004.
2. CMMI Product Team. CMMI for Development, Version 1.3 – Improving processes for developing better products and services: Technical report (CMU/SEI-2010-TR-033). Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010.
3. Громов А. И., Фляйшман А., Шмидт В. Управление бизнес-процессами: современные методы : монография / под ред. А. И. Громова. М. : Издательство Юрайт, 2018. 367 с. (Серия : Актуальные монографии). ISBN 978-5-534-03094-5.
4. Белянина Н. Н., Голубева А. В., Щербаков И. Б. Разработка модели бизнес-процессов реализации научно-исследовательских проектов в инфокоммуникациях // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб. : СПбГУТ, 2017. Т.4. С. 13–18.

УДК 330.322.1; 331.103

КРАУД-ТЕХНОЛОГИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

М. Б. Вольфсон

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

В условиях развития цифровой экономики и усиления конкуренции практически во всех сферах деятельности, чтобы успешно конкурировать на рынке, компании вынуждены прибегать к нестандартным методам, используя новые бизнес-модели. Крауд-технологии – это набор эффективных инструментов, использующих весь человеческий потенциал, как для решения задач бизнеса, так и для решения различных социальных задач. В статье рассматриваются виды, сферы применения и роль крауд-технологий в условиях перехода к цифровой экономике.

краудфандинг, краудсорсинг, краудинвестинг, крауд-технологии, краудмаркетинг, краудрекрутинг.

В условиях становления и развития цифровой экономики важным источником экономического роста становится население страны в целом и каждый гражданин в частности. В первую очередь это касается интеллектуального и творческого потенциала, который в силу многих причин зачастую не может быть реализован.

Крауд-технологии (англ. *crowd* – «толпа») – это набор эффективных инструментов, работающих по принципу использования личных ресурсов граждан для производства какого-либо продукта, разработки и внедрения услуги или решения различных социальных задач. Они позволяют привлекать и использовать внешние ресурсы и идеи от внешней аудитории, создавать уникальные инновации, совершенствовать бизнес-процессы, сокращать время, силы и издержки создания, востребованных потребителем продуктов и решения проблем.

В России опыт применения этих технологий пока недооценен. Однако мировая практика свидетельствует об их инновационной привлекательности в формирующихся современных экономических реалиях развития бизнеса в условиях перехода к цифровой экономике.

Ускорение научно-технологического прогресса отразилось в расширении разнообразия механизмов финансирования и инвестирования. В результате постепенно сформировалась технология краудфандинг, связанная с привлечением потребительских инвестиций для реализации проектов различной направленности.

Краудфандинг – это способ финансирования проекта или предприятия за счет получения денежных вкладов от большого числа людей. Он возник после финансового кризиса 2008 г. в ответ на трудности, с которыми сталкивались предприятия, пытающиеся получить финансирование на ранней стадии своего развития.

Среди целей краудфандинга можно выделить [1]:

- демократизация процесса поддержки культуры и искусства, а также генерирование дополнительного дохода для индустрии развлечений;
- поддержка инновационных решений и стартапов;
- создание прозрачного и эффективного механизма для народного финансирования проектов.

Среди ключевых факторов, влияющих на развитие краудфандинга можно выделить:

- нормативная база, создающая условия прозрачности и скорости внедрения технологии на финансовых рынках;
- широкое проникновение на рынок социальных сетей и Интернет использование;
- активное сотрудничество такими предпринимательскими структурами как бизнес-инкубаторы и бизнес-акселераторы, с университетами и др.

Все эти факторы необходимы для появления доверия, необходимого для финансирования компаний и проектов через Интернет.

Краудфандинг реализуется посредством специализированных краудфандинговых платформ. На сегодняшний день в России существует более 10 таких платформ, наиболее крупными являются Планета, BoomStarter, Круги и др.

Согласно данным, предоставленным площадкой Planeta.ru, суммарный объем краудфандинговых сборов в России растет более чем на 200 % ежегодно. Средняя сумма взноса выросла до 1,5 тыс. руб. Planeta.ru за пять лет собрала свыше 660 млн руб. и запустила более 8 тыс. проектов. Причем каждому третьему проекту удалось собрать необходимую сумму. Boomstarter за это же время собрал 330 млн руб. на 1,5 тыс. проектов. Доля успешных – 38 %.

Объемы средств, собираемых через зарубежные и отечественные платформы, несопоставимы. Например, сборы на самой популярной в мире платформе Kickstarter уже перевалили за \$3 млрд, а число успешно завершившихся проектов составляет на ней более 126 тыс.

Спонсирование производится либо без вознаграждения (модель *donation-based*) или за нефинансовое вознаграждение (модель *reward-based*).

Для крупных проектов, требующих больших инвестиций, существует такая разновидность краудфандинга, как **краудинвестинг**.

Принципиальное отличие краудинвестинга от краудфандинга заключается в том, что в случае успешного реализации проекта микроинвесторы получают возврат вложенных средств с процентами (модели *equity-based* и *royalty-based*). Когда владелец стартапа сможет разместить акции на бирже, все инвесторы имеют право их покупки, а также могут участвовать в акционерных собраниях общества.

Как показало исследование, проведенное EarlyIQ, CrowdFund Professional Association и CrowdFund Capital Advisors в США, около 58 % граждан страны с годовым доходом более \$25 000, готовы поддерживать два-три стартапа ежегодно, инвестируя около \$2000 в каждый. Среди американцев, зарабатывающих в год более \$75 000, доля потенциальных краудинвесторов еще выше – 68 %.

К наиболее известным российским платформам в данной сфере можно отнести StartTrack, Симекс, Поток, Aktivo и др.

Еще одной формой краудфандинга является **краудлending**.

Это альтернатива банкам и микрофинансовым организациям, позволяющая получать кредиты физическим лицам от физических лиц (модель *debt-based*). С помощью интернет-сервисов кредитор и заемщик могут найти друг друга и условиться обо всех тонкостях договора финансирования. Диапазон ставок обычно колеблется от 8 до 35 % в год, а срок предоставления не превышает двух лет.

Особенностью краундлendingа является то, что в роли кредитора выступает не финансовая организация, а физическое лицо или группа лиц, но договор займа заключается с системой за процент от суммы кредита.

За прошедшие пять лет сегмент краудлendingа проделал большой путь: хотя его объем еще несопоставим с общемировым, темп роста в 400 % за год является впечатляющим.

По данным отечественной P2P платформы Город Денег, с ее помощью бизнес получил займов на общую сумму более 1,3 млрд рублей. При строгом отборе на площадке просрочка составляет 4,5–5 %. Другая площадка «Поток» помогла бизнесу получить свыше 490 млн рублей, инвесторами стали более 13 тыс. человек.

В настоящее время основными сферами применения краудфандинга являются: благотворительность, съемки фильмов, производство музыки, – разработка программного обеспечения, издательская деятельность, розничная торговля и электронная коммерция, производство и инжиниринг, общественное и социальное предпринимательство.

Сравнительный бизнес-анализ моделей краудфандинга приведен в таблице.

Но не только в финансовой сфере нашли свое применение крауд-технологии. Прогрессивной технологией современного менеджмента, его действенным инструментом стал краудсорсинг.

ТАБЛИЦА. Сравнение бизнес-моделей краудфандинга

Бизнес-модель	Особенности
Donation-based	<ul style="list-style-type: none">– Пожертвования небольших сумм осуществляются без денежных компенсаций.– Отсутствие рисков.– Сложность привлечения существенного объема финансирования.
Reward-based	<ul style="list-style-type: none">– Доноры получают материальное (нефинансовое) вознаграждение до или после приобретения товара или услуги.– Низкий уровень риска.– Потенциальный доход не велик.– Сложность привлечения инвестиций, если товар не имеет массового спроса.
Equity-based	<ul style="list-style-type: none">– В качестве вознаграждения инвестор получает часть собственности, акции предприятия, дивиденды или право голосования на общих собраниях акционеров.– Можно привлечь сравнительно большое количество инвесторов.– Возможная потеря инвестиций.
Royalty-based	<ul style="list-style-type: none">– Кроме нефинансовых бонусов и различных поощрений инвестор получает долю от доходов или прибыли финансируемого проекта.– Можно привлечь сравнительно большое количество инвесторов.– Возможная потеря инвестиций.
Lending-based (Debt-based)	<ul style="list-style-type: none">– Инвесторы получают долговой инструмент с указанием графика возврата средств и фиксированной процентной ставки.– Предварительно определенная норма прибыли, согласованная между кредитором и заемщиком.– Высокая степень риска с ограниченными потенциальными доходами, требующая бизнес, уже генерирующий денежный поток.– Возможно кредитование как физических, так и юридических лиц (P2P-кредитование, P2B-кредитование).

Краудсорсинг – это эффективный механизм, направленный на решение имеющихся проблем путем инновационной деятельности круга лиц с целью применения их накопленных знаний, опыта и творческого потенциала для выполнения субподрядной работы.

Краудсорсинг основан на одной простой идеи: коллективный разум более продуктивен, чем отдельный, даже самый гениальный человек [2].

Среди сфер применения краудсорсинга можно выделить:

Краудкастинг (*Crowdcasting*) – соревновательное мероприятие, при котором краудсорсер предлагает широкой аудитории проблему или конкретную задачу, которую нужно выполнить, вознаграждая того, кто первым решает ее или делает это лучше.

Совместная работа (*Crowd collaboration*) – синергия большого количества людей, направленная на создание продукта или для решения задач,

направленных на благо общества. В отличие от краудкастинга, между участниками толпы есть общение, в то время как краудсорсер (инициатор процесса) в процесс не вовлекается. Финансовое вознаграждение, как правило, отсутствует.

Краудконтент (*Crowdcontent*) – создание, поиск или анализ медиа контента разного рода. В отличие от краудкастинга, это не соревнование: каждый человек работает индивидуально и, в конце концов, индивидуальные результаты каждого объединяются.

«Мнение толпы» (*Crowdopinion*) – получение отзывов пользователей о теме или продукте. Анкетирование, опросы и голосование людей активно используются при проведении социологических и маркетинговых исследований, оценки новых продуктов и услуг, и позволяют охватить широкую аудиторию в очень короткий промежуток времени.

Краудмаркетинг (*Crowd marketing*) – размещение рекомендаций с упоминанием названия компании или бренда, а также продвигаемого сайта в ответ на реальные вопросы пользователей на сервисах вопросов и ответов, форумах, блогах, социальных сетях и других ресурсах с UGC-контентом.

Краудрекрутинг (*Crowd recruiting*) – способ отбора наиболее перспективных носителей профессиональных компетенций, необходимых конкретной компании на основе показателей их работы в краудсорсинговом проекте, т.е. через наблюдения и оценки деятельности участников в модельной ситуации, имитирующих рабочий процесс.

В 2012 г. с помощью технологии краудрекрутинга ГК «Росатом» отобрало себе 100 молодых специалистов со всей страны.

Краудсорсинг активно используют и крупные компании для оптимизации своих внутренних бизнес-процессов. Так в ПАО «Сбербанк» с 2012 г. возможности краудсорсинговых платформ используются для совместной работы более двухсот тысяч сотрудников и множества профессиональных сообществ. Менеджмент обращается к сообществам при принятии управленических решений, поиске идей, оптимизации деятельности, разработке инструкций и документации. В тех случаях, когда проект не подразумевает публичность, он размещается на специальной площадке для внутрибанковских проектов.

Краудсорсинг активно применяется и в государственном секторе, позволяя органам власти принимать более эффективные управленческие решения с учетом мнений населения через привлечение к решению затрагивающих его интересы задач путем предоставления возможности высказывать предложения, обсуждать и оценивать эти предложения.

Таким образом, в современном мире крауд-технологии стали мощным аккумулятором ресурсов, которые предприниматели могут применять на благо своих проектов.

Список используемых источников

1. Чуланова О.Л. Современные крауд – технологии: краудсорсинг, краудфандинг, краудинвестинг, краудлендинг // Материалы Афанасьевских чтений. 2017. N 1 (18). С. 64–79.
2. Хау Дж. Краудсорсинг: Коллективный разум как инструмент развития бизнеса: пер. с англ. М. : Альпина Паблишер, 2012. 288 с.

УДК 004.051

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ PROCESS-MINING ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ

А. Б. Гольдштейн¹, А. О. Ражева¹, В. С. Резанова², М. Ю. Скоринов¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

²Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации

В статье рассмотрено использование Process Mining, или глубокого анализа процессов, для проведения мероприятий по оптимизации бизнес-процессов в компании. Сформированы требования к журналу событий – исходным данным для имплементации Process Mining. Методы Process Mining позволяют избежать необходимости привлечения экспертов для оптимизации, что затем значительно сказывается на стоимости услуги для потребителя.

Process mining, оптимизация, бизнес-процессы, глубокий анализ процессов, журналы событий.

Сфера телекоммуникаций, являясь высококонкурентной и динамичной средой, ставит все новые вызовы перед участниками рынка. Вызовы эти касаются не только технологий, но и мероприятий, направленных на удержание пользователей, повышение их лояльности. В этой связи возникают требования по исследованию и оптимизации бизнес-процессов оператора связи или разработчика OSS/BSS решений.

Бизнес-процесс в самом общем смысле – это стандартизированный метод преобразования набора некоторых входных значений в выходные, которые клиент считает ценными, и за которые он платит, т. е. все процессы, лежащие в плоскости операционной деятельности и бизнеса [1].

При оценке эффективности бизнес-процессов компаний возникают следующие вопросы:

- есть ли отличие моделей бизнес-процессов от их реализации;
- какие узкие места есть в реализуемом бизнес-процессе;
- при каких условиях происходит отклонение бизнес-процесса;
- можно ли предсказать проблемы (ошибки, отклонения, снижение производительности, и др.) для решаемых кейсов;
- можно ли усовершенствовать процесс, компанию, устройства.

Для решения этих проблем можно использовать услуги консалтинга, экспертной оценки, методы Business Intelligence. Однако все чаще в качестве подхода к разрешению подобных задач называют Process Mining (PM) или анализ бизнес-процессов с помощью журналов событий [1].

Под журналом событий будем подразумевать упорядоченный по определенному принципу список или перечень событий, произошедших в компании в рамках реализации одного или нескольких внутренних, или внешних бизнес-процессов.

Ключевыми на пути к Process Mining стали технологии больших данных (*Big Data*) и искусственного интеллекта (AI). PM не нужно путать с Data Mining. Хотя в основе лежат похожие алгоритмы, Data Mining, как и BI системы, не является ориентированным на процессы инструментом [2].

Возможности PM основаны на предположении, что в некоторую базу данных информационной системы возможно последовательно записывать информацию о событиях (*Activity*), являющихся элементами процесса, и ассоциировать их с частной реализацией родительского процесса (*Case*) в автоматическом режиме.

Первая задача, решаемая при анализе журналов событий: обнаружение бизнес-процесса (*Discovering Process*) (рис. 1). На этом этапе не требуется опорная модель бизнес-процесса – та, что подготовлена аналитиками для реализации продукта, сервиса или услуги [1].

Полученные в результате обнаружения бизнес-процесса сведения позволяют визуализировать представление реальной системы с помощью теории графов, сетей Петри, теории конечных автоматов, BPMN и др. Для этого используются программные продукты: ProMTools, Celonis, Disco, PMLAB, Aprimore, Minit, bupaR и другие. Постоянное увеличение числа инструментов для PM и их усовершенствование подчеркивает актуальность данной темы [3].

Обнаруженная модель предоставляет массу возможностей, вот некоторые из задач, которые могут быть решены после обнаружения бизнес-процесса.

Во-первых, обнаружение ошибок. Если последовательность событий, выявленная PM, не может быть сопоставлена с опорной моделью, это сигнализирует о наличии проблем в системе. Важно учитывать наличие петель в системе.

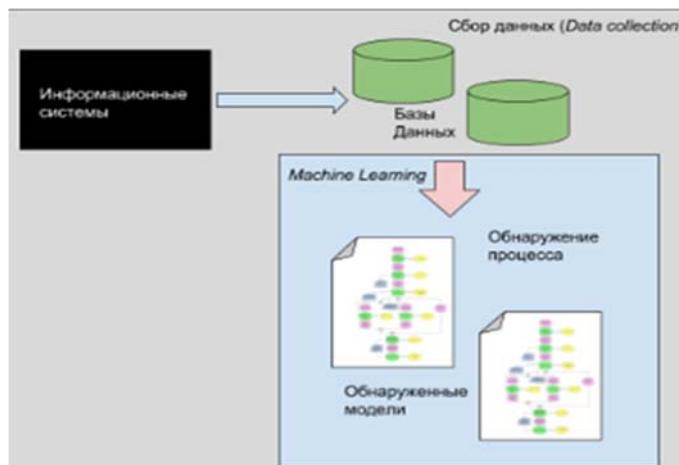


Рис. 1. Схема обнаружения бизнес-процесса

Во-вторых, помимо отображения элементов и переходов, в модель могут быть также включены задержки, она может быть дополнена частотой использования условного маршрута. Эти данные могут быть затем использованы для организации лучшей балансировки процесса.

Итак, с помощью РМ возможно определить расхождение опорной системы и фактической с позиций логики, производительности, частоты использования, мы можем обогатить модель дополнительными характеристиками, использовать ее для имитационного моделирования [1].

Далее РМ может быть использован для построения предиктивных моделей, назначение которых состоит в прогнозировании и оценке процессов, а также последующей автоматической выработке рекомендаций.

Требования для реализации РМ:

1. Ведение журналов событий должно быть автоматическим и регулироваться едиными стандартами.
2. Process Mining должен быть направленным, отвечать на поставленный вопрос.
3. Процессы могут быть определены и рассмотрены на разных уровнях декомпозиции.
4. Необходим правильный выбор языка моделирования (например, BPMN предлагает 50 различных элементов представления, сети Петри – 3) [3].

Рассмотрим на примере, каждую операцию в рамках предоставления услуг пользователям или поддержки процессов, будь то: обращение к оператору связи; регистрацию заявки на подключение или замену номера; все это можно разбить на множество атомарных операций, являющихся частью единственного бизнес-процесса. Каждую атомарную операцию назовем Событием или Activity.

Каждое из этих событий находится в прошедшем относительно текущего момента времени, следовательно, определено и ему может быть присвоена Временная метка (*Timestamp*).

Далее необходимо эти операции объединить в последовательности в рамках единственного бизнес-процесса. Для этого используется Идентификатор Процесса или CaseID. Идентификатор процесса должен присваиваться автоматически при регистрации события в журнале, так как одно и то же событие может повторяться несколько раз при реализации одного или нескольких процессов. К примеру, оформление отказа в обслуживание может возникать при любом обращении, т.е. при реализации разных бизнес-процессов.

Набор записей вида: CaseID1 – $\langle a, b, c, d \rangle$ называется треком и как раз означает, что в рамках выполнения заявки с номером CaseID1, произошли события a, b, c и d . [4]

Обобщенная структура журнала событий представлена на рис. 2.



Рис. 2. Обобщенная структура журнала событий

Дополнительные поля, указанные на обобщенной структуре, означают следующее. При автоматизации бизнес-процесса указывается, какие данные будут попадать в журнал событий. При этом мы можем аккумулировать и анализировать средствами РМ не только указанные данные: CaseID, Activity, Timestamp.

При добавлении в журнал событий поля Источник (*Initiator*) в результате РМ можно обнаружить схему социальных или структурных взаимодействий в рамках реализации бизнес-процесса.

При добавлении в журнал событий поля Стоимость услуги, можно обнаружить стоимость услуги для компании или клиента, определяемую, как совокупность стоимостных характеристик при реализации сквозного бизнес-процесса.

Таким образом, применение Process Mining не ограничено обнаружением модели бизнес-процесса. Обнаруженные модели уже сами по себе позволяют ответить на некоторые вопросы и стать триггером для дальнейшей оптимизации. Если же это не так, журнал событий может быть отфильтрован или адаптирован с использованием модели. К примеру, из рассмотрения могут быть исключены редко повторяющиеся события [3].

В телекоммуникациях РМ широко используется такой компанией как Orange Caribbean. Компания взаимодействует с пользователями через точки продаж, веб, мобильное приложение, CRM, социальные сети, мобильное самообслуживание. Эти процессы и процессы бэк-офиса исследуются средствами sOftbridge, которые, в свою очередь, используют Big Data для анализа процессов, инициализированных по всем каналам взаимодействия. Не консistentные процессы выявляются в режиме реального времени.

Так, согласно докладу компании, на TM Forum Live! 2017, вероятность отказов в системе заказов снижена с 4,87 процентов до менее чем 0,2 процентов. Кроме того, сокращено время доставки покупки с 33 минут до менее чем 9 минут, а число жалоб в колл-центры уменьшено вдвое.

Нет сомнений в том, что, когда компания получает актуальную информацию о процессах в компании, она получает нечто большее – актуальное представления о пользовательском опыте, которое на сегодняшний день является ключевым драйвером в области предоставления услуг [4].

Этот опыт необходимо применить компаниям-операторам и разработчикам OSS/BSS решений.

Список используемых источников

1. Wil van der Aalst. Process Mining. Data Science in Action. Second Edition [eBook] // Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-662-49851-4.
2. Fluxicon Process Laboratories. Flux Capacitor, the company weblog of Fluxicon [Электронный ресурс] // URL: <http://fluxicon.com/blog/> (дата обращения 28.01.2018).
3. The Process Mining Manifesto [Электронный ресурс] // IEEE Task Force on Process Mining, 2012. URL: Http://Www.Win.Tue.Nl/Ieeetfpm/Doku.Php?Id=Shared:Process_Mining_Manifesto (дата обращения 01.03.2018).
4. Patrick Charra. The Power of Process Mining [Электронный ресурс] // TM Forum Inform, 2017. URL: <https://inform.tmforum.org/data-analytics-and-ai/2017/03/power-process-mining/> (дата обращения 28.02.2018).

УДК 336.1.

ПРОБЛЕМЫ ПЕНСИОННОЙ СИСТЕМЫ В БОЛГАРИИ

П. П. Димитрова

Высшая школа агробизнеса и развития регионов, Пловдив, Болгария

Социальное обеспечение является одним из элементов социальной политики страны. Независимо от усилий политиков, в последние годы в пенсионной системе были значительные проблемы. Бедность и старение населения являются явлениями, с кото-

рыми нужно бороться всем правительствам. В этом докладе основное внимание уделяется ключевым вопросам пенсионной системы и возможным решениям.

пенсионная система, финансовый дефицит, проблемы.

В целом, проблемы в системе социального обеспечения не может быть решена раз и навсегда, потому что эта система находится под влиянием экономических, демографических и политических факторов. Наиболее распространенные проблемы можно свести к нескольким:

– Существует тенденция неудовлетворительного финансового вклада самозанятых¹ [1]. Большинство из них обеспеченный на минимальной месячной суммы² [3]. Почти нет практики этих лиц, чтобы обеспечить на максимальных доходах, которые в течение нескольких лет оставались 2600 лева.

– Самозанятые лица обязаны обеспечать себе, для фонда Пенсии, для универсального пенсионного фонда и нужно сделать взносы для медицинского обеспечивания. Взносы в другие фонды не являются обязательными. Таким образом, в данном случае подчеркивает неудовлетворительный вклад самозанятых лиц для финансирования фонда „Пенсий“. Частный пред-приниматель около 9–10 % всех обеспеченных лиц. Примерно 55 % из них обеспечивают всех рисков и 45 % только для пенсий.

Необходимо рассмотреть, как уточнить критерии в отношении налогооблагаемого дохода, с тем, чтобы избежать влияния «серевой экономики». С другой стороны, необходимо обеспечить выплату определенной суммы пенсии в случае наступления случая «выхода на пенсию.»

– Другой проблемой является рост числа пенсионеров и сокращения числа работающих. В этом случае оказывается, что отношение работника к пенсионеру постоянно снижается. До 15–20 лет назад 5 рабочих платят за одного пенсионера, а в 2016 г. 100 работников платить 86 пенсионеров, т. е. отношение 1.16 : 1. Обеспокоенность в связи с этим еще больше, потому что это отношение зависимости (доля пенсионеров к численности работников), как ожидается, продолжит ухудшаться. По оценкам актуарного доклада, подготовленного представителями Института, в 2060 г. один работник будет платить за одного пенсионера.

Каковы возможные решения? Оказывается, что старение не является проблемой только нашей страны. Можно говорить о старении во всем мире,

¹ Самозанятые – индивидуальные предприниматели, партнеры в коммерческих компаниях, владеющих ООО, физические лица – члены некорпорированных объединений, зарегистрированных фермеров или другие деятельности возникает со дня начала или возобновления работы деятельность и продолжалась до его прекращения или расторжения.

² К 2018 г. минимальная месячная сумма для самозанятых дифференцируется в зависимости от налогооблагаемого дохода. Для 2018 был принят для всех, минимальной месячной суммы равна 510 лева, так как в настоящее время минимальный размер оплаты труда. По-видимому, в будущем будет продолжать эту тенденцию.

даже «беспрецедентно долгий продолжительности жизни» в сочетании с низким уровнем рождаемости – это бомба замедленного действия.

Кроме того, молодые люди в пожилом возрасте включены в рынок труда в связи с ростом потребности в образовании. Спрос на рынке труда ИТ-специалистов, финансистов, бухгалтеров, специалистов по маркетингу, стоматологов, врачей и других. влечет за собой специализированные навыки и знания, которые не могут быть приобретены в средней школе. В связи с этим, выход на пенсию для женщин в более раннем возрасте, и меньше опыта в компании. Так получается, что экономически выгоднее, пожилые люди стремятся оставаться на рабочем месте, чем раньше выйти на пенсию.

Во-вторых, следует предусмотреть ряд мер по оптимизации системы здравоохранения. Инвестирование в здоровье людей улучшит производительность труда, а рабочая сила останется на рабочем месте после определенного возраста.

Далее, увеличение возраста отдельных лиц приведет к необходимости ухода за ними на полдня. Медицинское обслуживание этих лиц, осуществляющих уход, должно быть включено в сферу обеспечивания. В этом случае доход во фонде социального обеспечивания будет увеличиваться. Статистика показывает, что многие люди получают денежные помошьи и льготы из-за плохого состояния здоровья, а также из-за несчастных случаев на работе. Меры работодателей также должны быть направлены на более высокую профилактику несчастных случаев на производстве.

С другой стороны, сокращение возможностей найти работу с определенной профессиональной квалификацией также помогает использовать помошьи по безработице (расходы на финансирование) и даже прочный выход с рынка труда. Последний помогает снизить доходную часть фондов.

Общей проблемой среди молодежи является работа на неполный рабочий день, часто выходящая из рабочих мест и длительные периоды безработицы. Причинами являются: недостаточная квалификация, отсутствие опыта и несоответствие между умениями, которые работодатели требуют, с одной стороны, и умениями молодых людей – с другой. Решения связаны с «хорошо работающими программами» для непрерывной переподготовки, скоординированными программами денежных помошьих, прогрессивными налоговыми системами.

Влияние так называемого „серая экономика“, т. е. работа без контракта или наиболее распространенного случая – работа с обеспечением на минимальный обеспечительный доход (если у человека зарплата во много раз выше минимального обеспечительного дохода) автоматически приводит к снижению количества помошьи по болезни и т. д. обеспечительных рисков и низкой пенсии.

Как негативная тенденция наблюдается рост в общем объеме выданных пенсий по инвалидности. Это объясняется тем фактом, что до сих пор действовал более либеральный режим для утверждения пенсий. Специально для этого типа пенсионных заявителей, которые не могут претендовать на пенсию – необходимый опыт и возраст. Необходимо строго выполнять актуарные расчеты. В настоящее время на пенсию лиц, которые не внесли взносы в универсальный пенсионный фонд. С другой стороны, они имеют особый режим выхода на пенсию – работа в системе Министерства обороны, Министерства внутренних дел специализированных служб. Для этих лиц устанавливается отсутствие адекватности между взносами и пенсионным обеспечением, которые должны получать, т. е. вклады ниже суммы.

Таким образом, можно сказать, – нормативные изменения, будущие ограничения и любые другие меры, принимаемые в системе не должны быть направлены только изолированный на первую столп системы³ [3]. Это пенсионная система должна рассматриваться в полном объеме, со всеми тремя столпами.

Можно найти резервы для достижения баланса. Расходы должны строго контролироваться, и должен быть периодический общий мониторинг системы. Необходимо ограничить незаконный отток средств (так называемые поддельные больничные листы, заключение трудовых договоров для лиц, которые фактически не работают с целью получения будущих пособий по беременности и родам и т. д.), ограничить ранняя схема выхода на пенсию. Улучшение системы также будет происходить с более быстрым обслуживанием подразделений Национального социального института, а также введение более высоких налоговых льгот для работодателей, например, которые предоставили работу молодым матерям или одиноким матерям, инвалидам и т. д. Нет необходимости ограничивать меры, а также стимулы.

К декабрю 2017 г. экономисты обсуждали реформу второго столпа пенсионной системы. По мнению эксперта Йордана Христоскова [1], реформы состоят в том, чтобы блокировать дыры в бюджете фондов. Единая стратегия реформы не была принята. Это приводит к серьезному искажению пенсионной системы. Конфликты возникают между новыми и старыми пенсионерами (благодаря новым формулам индексации пенсий), между работниками частного сектора и государственными служащими.

Ожидания эксперта заключаются в том, что после 2040 г. произойдет кризис с выплатой пенсий.

³ В Болгарии пенсионная система включает в себя 3 столпа: обязательное государственное социальное обеспечение, обязательное дополнительное пенсионное обеспечение и добровольное пенсионное обеспечение.

Меры, принятые к настоящему моменту для улучшения краткосрочной и среднесрочной финансовой стабильности пенсионной системы в Болгарии:

- сумма вклада в Фонд „Пенсий“ увеличивается на один процентный пункт за последние 2 года. Это способствует дополнительному 200 млн левов в фонде. Вклад на предстоящие годы будет продолжать расти;
- увеличивается требуемый возраст выхода на пенсию и возраст выхода на пенсию для всех категорий труда;
- пенсии обновляются с 1 июля каждого года;
- максимальная сумма полученной пенсии не превышает 35 % от максимального обеспечительного дохода;
- коэффициент замещения валового дохода составил 53 %, а коэффициент чистого дохода – 42,2 %.

В заключение можно сказать, что эти меры вряд ли решают все проблемы.

Но, по крайней мере, это начало целенаправленной социальной политики.

Список используемых источников

1. Христосков, Й. Има сериозно изкривяване на пенсионната реформа: URL: <https://www.investor.bg/ikonomika-i-politika/332/a/iordan-hristoskov-ima-seriozno-izkriviavane-na-'pensionnata-sistema-248673/> (дата обращения 01.01.2018).
2. Пенсионен фонд „Доверие“ URL: www.doverie.com (дата обращения 05.01.2018).
3. Кодекс за социално осигуряване. URL: www.nsi.bg (дата обращения 05.01.2018).

УДК 658.56

SCOR-МОДЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Е. В. Дутлова, В. В. Макаров

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

Роль SCOR-модели заключается в определении международного межотраслевого стандарта управления цепями поставок. Раскрываются возможности развития системы менеджмента качества российских предприятий на основе инструментария SCOR-модели. Эталонные модели процессов не только предоставляют общее описание

бизнес-процессов, но и устанавливают базис для измерения. Они предоставляют стандартные определения ключевых показателей эффективности, чтобы предприятия использовали одинаковые показатели при сравнении своих бизнесов. Таким образом, эталонные модели процессов являются отправными точками совершенствования системы менеджмента качества.

эталонная модель, SCOR-модель, архитектура SCOR, система менеджмента качества.

Широкое применение эталонных моделей процессов вызвано тем, что они дают много преимуществ и предоставляют специалистам-практикам универсальный язык, позволяющий использовать единую терминологию, гарантирующую взаимопонимание. Модель также используется для поддержки коммуникации между партнерами цепочек поставок и повышения эффективности управления цепочками поставок, а также деятельности, связанной с совершенствованием цепочек поставок.

Структура SCOR-модели Совета по цепям поставок является несомненно самым известным примером структуры бизнес-процессов. Данная модель была разработана совместно с американским Советом по цепям поставок и компанией в области инфокоммуникационных технологий IBM. Совет по цепям поставок (SCC) был учрежден как некоммерческий консорциум в 1996 г. Сегодня это всемирная организация с более, чем 700 членов. Совет проводит встречи, которые позволяют компаниям собираться вместе, чтобы обсудить проблемы цепочки поставок и возможности совершенствования системы менеджмента качества в этой области. Вдобавок он работает над структурой стандартной цепочки поставок или эталонной моделью.

Цепочка поставок связана с цепочкой ценностей Майкла Портера [1].

Построение эффективной цепи поставок – сложная задача для отечественных предприятий. В этой связи представляется целесообразным изучить технологии построения цепей поставок, успешно применяемых передовыми мировыми компаниями. В качестве аналогии можно привести использование международных стандартов серии ISO 9000 для формирования системы менеджмента качества, соответствующей мировым стандартам [2].

SCOR состоит из трех уровней, как показано на рис. SCOR определяет цепочку поставок как интегрированные процессы Plan (план), Source (источник), Make (производство), Delivery (поставка) и Return (возвращение) [3].

Справочное руководство SCOR определяет каждый подпроцесс 2 и 3 уровня, а также указывает, какие процессы планирования и вспомогательные процессы обычно связаны с каждым процессом или подпроцессом. SCC не определяет четвертый уровень, оставляя спецификацию деятельности

четвертого уровня отдельным компаниям. Другими словами, SCOR определяет архитектуру цепочки поставок и все высокоуровневые процессы и оставляет техническую реализацию процессов 3 уровня отдельным членам.

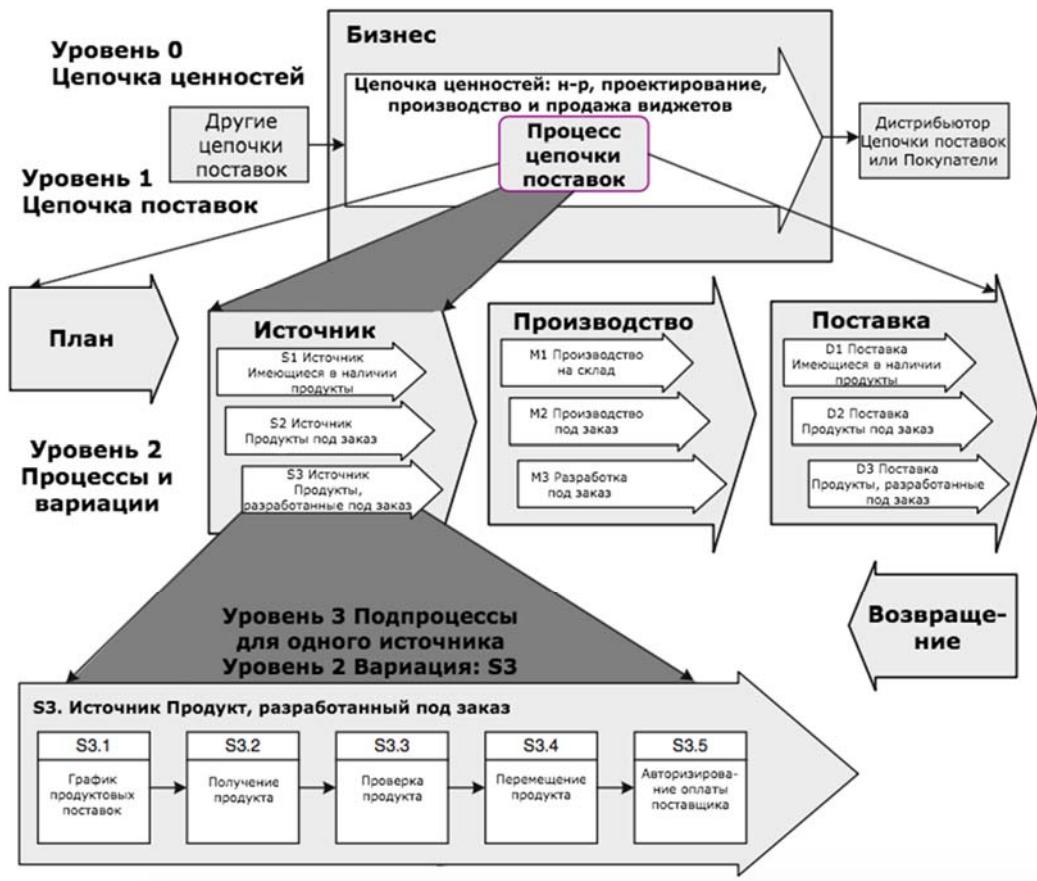


Рисунок. Три уровня архитектуры SCOR

Подобным образом справочное руководство SCOR определяет систему показателей для каждого процесса в структуре SCOR.

SCOR предоставляет:

- Стандартные описания отдельных элементов, из которых состоят процессы цепочек поставок.
- Стандартные описания ключевых показателей эффективности.
- Описания передового опыта, связанного с каждым элементом процесса.
- Определение функциональности программного обеспечения, которая обеспечивает применение передового опыта.

Таким образом, используя SCOR, компания может быстро охарактеризовать свою архитектуру цепочки поставок и выбрать систему показателей, соответствующую ее отрасли и стратегии. Несколько организаций, которые отслеживают стандарты, работают с Советом по цепям поставок и могут

предоставить общие стандарты для показателей SCOR для конкретных отраслей. Таким образом, компания может не только создать архитектуру, но также получить информацию для определения, где ее существующие процессы, как некоторые элементы системы менеджмента качества, являются высококачественными или несовершенными.

Использование референтных моделей как эталонных схем организации бизнеса доказало свою эффективность при решении самых разнообразных управленческих проблем. Референтную модель можно рассматривать как обобщенную модель организации того или иного бизнес-процесса, созданную для определенного типа предприятий и апробированную на практике. Такие модели позволяют менеджменту предприятий построить систему управления конкретным объектом, опираясь на систематизированные знания и передовой опыт, накопленные в данной сфере. SCOR-модель является эталонной моделью, стандартом по улучшению системы менеджмента качества поставок. В своем роде она также является ответвлением всеобъемлющего менеджмента качества только в определенной сфере. Взгляд на данный стандарт помогает скоординировать процессы компании, применить системный подход, определить систему показателей для улучшения бизнес-процессов компании. Это в конечном итоге помогает улучшить систему менеджмента качества.

Список используемых источников

1. Портер М. Конкуренция / Пер с англ. М. : Вильямс, 2001.
2. Макаров В. В, Блатова Т. А. Информационно-коммуникационные технологии как индикатор развития экономики знаний // Российский гуманитарный журнал. 2014. Т. 3. №4. С. 275–281.
3. SCOR overview. Version 10.0. [Электронный ресурс]. URL: www.supply-chain.org.

УДК 004.91

РЫНОК ЭЛЕКТРОННЫХ ЦИФРОВЫХ ПОДПИСЕЙ

М. А. Егорова

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

Российский рынок электронных цифровых подписей активно развивается благодаря совершенствованию законодательства, повышению надежности процедуры

их выпуска. Расширение сфер применения и удобств пользователей делает этот рынок весьма перспективным.

электронная подпись, электронная цифровая подпись, цифровая подпись.

Одним из активно развивающихся направлений информационных технологий является рынок электронных цифровых подписей (ЭЦП). Применение электронных подписей позволяет фирмам подключаться к электронной отчетности и электронному документообороту, упрощая работу с информацией, позволяя избавиться от бумажной рутины и традиционного подписания отдельных документов. Их распространение обусловлено еще и тем, что во многих случаях цифровые подписи надежнее, сделанных вручную или проставляемых печатью, так как их достаточно сложно подделать, зато можно проверить целостность документа и отсутствие в нем правок на пути между отправителем и получателем. К электронной отчетности подключаются все больше российских организаций.

Электронная подпись представляет собой отдельный реквизит в электронном документе – аналог уникального образца автографа человека, либо печати на бумажном документе. Основное назначение электронной подписи – подтвердить неизменность содержащейся в документе информации и принадлежность подписи ее владельцу. Она придает юридическую силу документам на электронных носителях и возможность их применения в любых правоотношениях, если нет прямого запрета законодательства на их использование.

По сути, электронная подпись – это последовательность символов, образующихся в результате математического преобразования, которая присоединяется к электронному документу. Алгоритм формирования электронной подписи базируется на отечественных стандартах. Первый стандарт, определяющий процедуру выработки и использования электронной цифровой подписи разработан в 1994 г. Главным управлением безопасности связи ФАПСИ – ГОСТ Р 34.10-94. В 2002 г. был заменен на стандарт ГОСТ Р 34.10-2001, определивший термины «электронная цифровая подпись» и «цифровая подпись» синонимами. На сегодняшний день алгоритм формирования и проверки электронной цифровой подписи устанавливает стандарт ГОСТ Р 34.10-2012 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи».

Механизм создания ЭЦП связан с преобразованием информации с помощью специальных программ. Он увязывает воедино процесс подписания и проверку электронной подписи (ЭП). Ключ ЭП – это некий шифр для создания ЭП и возможности проверки ее подлинности. По сути, ЭП состоит

из трех основных элементов: закрытый ключ, с помощью которого генерируется электронная подпись и подписывается электронный документ; открытый ключ (ключ проверки электронной подписи) – электронный или бумажный вид документа с серийным номером, подтверждающий принадлежность электронной подписи ее владельцу, и специальная программа для шифрования ЭП. Сертификат ЭП чаще хранится на специальной флешке (*eToken*, *RuToken*), защищенной пин-кодом и процесс подписания электронного документа сводится к двум действиям – вставить флешку в компьютер и нажать кнопку «подписать». Пользователь цифрового документа, получивший его от контрагента, может убедиться в его подлинности, проверив ЭП по трем параметрам: срок действия; отсутствие ключа в списке отзывающихся сертификатов; выдача аккредитованным удостоверяющим центром.

Законодательное регулирование рынка электронных цифровых подписей все время совершенствуется. Первый закон о правилах пользования электронной подписью принят в 2002 г. № 1-ФЗ «Об электронной цифровой подписи». Отсутствие в нем четких определений приводило к разнотечениям. Каждая информационная система требовала индивидуальной ЭП. Использование сразу несколько ЭЦП серьезно усложняло процесс обмена электронными документами.

В 2011 г. его сменил доработанный Федеральный закон №63-ФЗ «Об электронной подписи», который регламентирует область и порядок использования электронных подписей при совершении гражданско-правовых сделок и оказании государственных и муниципальных услуг, регулирует выдачу и использование сертификатов ключа подписи, проверку подлинности подписей, аккредитацию, полномочия и функции удостоверяющих центров.

В законе конкретизировано понятие электронной подписи как информации в электронной форме для определения лица, подписывающего информацию, которая может быть присоединена к любой другой (подписываемой) информации в электронной форме [1].

Законом четко разграничены виды электронных подписей: простые – подтверждают факт отправления электронного сообщения конкретным лицом, не позволяя проверить документ на предмет наличия изменений с момента подписания; усиленные неквалифицированные – защищены от подделки криптографическими средствами – позволяют определить автора и обнаружить факт внесения изменений после подписания электронных документов; усиленные квалифицированные – создаются средствами криптозащиты, сертифицированными ФСБ РФ, подтверждают авторство документа, защиту от изменений, контроль целостности документа и его шифровку при передаче по открытым каналам связи.

Выбор вида электронной подписи зависит от требований к электронным документам. Неформализованные документы без жесткой регламентации со стороны государства (техническая документация, договора, письма) могут быть подписаны простой электронной подписью, которая не требует при своем создании сертификата, а юридическую силу им придает соглашение об обмене, где прописаны все требования к реквизитам. Для межкорпоративного электронного документооборота, требующего обязательного заверения печатью, сдачи отчетности в государственные органы необходима усиленная квалифицированная электронная подпись.

Квалифицированные ЭП являются аналогом собственоручной подписи и печати на бумажном документе. С 2012 г. они выдаются исключительно аккредитованными удостоверяющими центрами (УЦ) на платной основе. Аккредитацию УЦ осуществляет Минкомсвязь России. Оно же ведет реестры аккредитованных УЦ и тех центров, аккредитация которых приостановлена, либо досрочно прекращена, устанавливает требования к работе аккредитованных удостоверяющих центров и ведет их проверку. УЦ хранят открытые ключи и информацию о пользователях в виде цифровых сертификатов, ведут реестры о выдаче, прекращении действия либо аннулировании ЭП, поэтому информация о статусе сертификата ключа проверки подписи всегда доступна.

В настоящее время наблюдается устойчивый рост удостоверяющих центров. В 2011 г. их было 284, а на начало 2018 г. в Минкомсвязи России зарегистрировано уже 467 удостоверяющих центра, из них почти четверть находятся в Москве. По всей стране открываются новые центры, но при этом большое количество закрывается по причине многочисленных нарушений и ненадлежащего исполнения обязательств. Так, за 2016 год 58 УЦ прекратили свою деятельность, либо закончилась их аккредитация.

Рынок электронных подписей можно отнести к рынку монополистической конкуренции. Цены на услуги определяются балансом спроса и предложения и нормативно не регламентируются. Для входа на этот рынок стоят довольно крупные барьеры: от приобретения лицензии до высоких требований государственных контролирующих органов. Так, минимальная цена приобретения лицензий и сертификатов ФСБ РФ и Минкомсвязи начинается от 300 тыс. рублей. Для попадания на этот рынок фирмам-новичкам требуется немалый собственный капитал (не менее 100 млн руб.). На сегодня, крупнейшим игроком на рынке цифровых электронных подписей выступает компания «Крипто-Про» с 82 % долей рынка, она работает как сертифицированный удостоверяющий центр со своим программным продуктом производства криптосредств. На втором месте находится ОАО «Инфотекс» с 11 % долей рынка и широкой линейкой продуктов,

включая криптобиблиотеки собственной разработки и возможности построения защищенных сетей. Остальные компании занимают незначительные доли рынка.

Сфера применения электронных подписей постоянно расширяется. Потребителями на рынке ЭЦП являются индивидуальные предприниматели, юридические и физические лица практически в тех же областях, где требуется обычная подпись: в документообороте между организациями, между бизнесом и госструктурами, в коммуникациях с участием физических лиц.

Индивидуальным предпринимателям цифровые подписи позволяют организовать внутренний и внешний электронный документооборот, от организационно-распорядительного, кадрового оборота до регулярной сдачи отчетности в госорганы и участия в тендерных торгах. Во внутреннем документообороте ЭП применяют для защиты от изменений, визирования и утверждения электронных документов в рамках внутренних процессов (подписание должностных инструкций, приказов, заявлений и др.). Во внешнем документообороте ЭП позволяет принимать и отправлять документы между организациями в виде товарных накладных, актов выполненных работ, бухгалтерских документов.

Для юридических лиц сертификат ЭП, выпущенный надежным удостоверяющим центром, придает документам юридическую значимость, равнозначен печати и может применяться в электронной отчетности. Компании, сдающие НДС и другие поквартальные отчеты в государственные контролирующие органы (ФНС, ПФР, Росстат и ФСС) становятся активными пользователями ЭЦП. Около 80 % российских юридических лиц передают свои отчеты именно в электронном виде. Существуют ЭЦП, адаптированные к работе с базами данных по банкротствам юридических лиц и фактам, касающимся их деятельности.

Для физических лиц ЭП также актуальны. Любой гражданин РФ может приобрести электронную подпись и заверять документы и заявления, получать услуги госорганов на порталах gosuslugi.ru, zakupki.gov.ru, nalog.ru, отправлять документы на поступление в ВУЗ, подписывать трудовой договор о дистанционной работе, обращаться в ПФР, получать информацию о штрафах в ГИБДД и т. п. Система доступа к электронному государству и предоставляемая услуга получения ЭП достаточно удобны для граждан. Не нужны ни дополнительное программное обеспечение, ни сертификат. А использование ЭЦП при оказании госуслуг экономит как время граждан, так и средства государства за счет автоматизации процедуры обработки документов и сокращения штата сотрудников. Этот рынок находится в стадии своего становления.

В банковской сфере также используют ЭП. При авторизации в системах «банк-клиент» задействованы соответствующие механизмы удостоверения личности пользователя финансового продукта и с их помощью клиент может подписывать платежные поручения.

На сегодня без цифровых подписей невозможно участие коммерческих организаций в электронных торгах, а также различных аукционах. Наличие в документе электронной подписи гарантирует реальность предложений поставщиков и заказчиков и подтверждает, что документ направлен от имени участника электронной торговой площадки (ЭТП), а содержащиеся в нем сведения подлинные и достоверные. Большинством ЭТП реализован механизм подтверждения работоспособности ЭП и проверка подлинности ключа электронной подписи УЦ осуществляется на рабочем компьютере участника ЭТП [2]. Помимо прочего, документы, подписанные электронной подписью, относятся к письменным доказательствам, поэтому могут использоваться в суде при возникновении конфликтных ситуаций между организациями.

Количество выданных ЭП стремительно растет вместе с расширением области их использования. Законодательство регламентирует все новые направления применения ЭЦП: перевод электронных торгов на специально выделенные федеральные торговые площадки (Сбербанк-АСТ, РТС-тендер или ЭТП ММВБ «Госзакупки»). С 1 февраля 2017 г. информация о ценных бумагах, размещаемая на специализированных сайтах агентств, должна подписываться квалифицированной ЭП. Появилась услуга усиленной квалифицированной ЭП для врачей и медицинских учреждений для оформления электронного больничного, что обеспечит возможность перехода на новый порядок взаимодействия с ФСС. Использование электронных учетных документов в бухгалтерии (счета-фактуры) и упорядочение их предоставления приведет к еще большему вовлечению электронных документов в документооборот и росту рынка ЭЦП.

Дальнейшее развитие рынка электронных цифровых подписей связано с созданием единого пространства доверия электронной подписи, предусматривающего унификацию процедур и механизмов создания и выдачи ключей и сертификатов усиленной квалифицированной ЭП, что приведет к повышению доверия и еще большему распространению современных технологий электронного документооборота среди граждан и юридических лиц.

Список используемых источников

1. Федеральный закон от 06.04.2011 N 63-ФЗ (ред. от 23.06.2016) «Об электронной подписи» (с изм. и доп., вступ. в силу с 31.12.2017). URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Регламент организации электронного документооборота и использования электронной подписи. URL: <https://www.b2b-center.ru/help>.

УДК 004.738.5:334.7

МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ОСНОВЕ ДОМЕННОЙ МОДЕЛИ

Г. Р. Катасонова, А. Д. Сотников, Е. В. Стригина

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

Предлагается для формального описания компетенций совместно использовать две известные модели – доменную модель инфокоммуникаций и объектную модель. Такой подход обладает новизной и позволяет строить количественные модели компетенций, которые необходимы для обоснованного формирования образовательных программ, их объективного сравнения и оценки, организации управленческих процессов в образовательных системах.

цифровая экономика, образование, компетенции, доменная модель, объектная модель, инфокоммуникации.

В программе «Цифровая экономика Российской Федерации» указывается на необходимость формирования нового типа компетенций, названных «цифровыми компетенциями», которые, по мнению авторов программы, должны представлять самые передовые навыки и умения участников. В то же время вопрос о четком, формализованном, представлении и описании компетенций и об их внутренней структуре – составе и взаимоотношениях элементов – остается открытым и ограничивается невнятным описанием некоторых «способностей» и «качеств», носящих личностно-психологический характер и не позволяющих эффективно оперировать ими в управлении образовательным процессом

Сегодня в педагогическом сообществе значительное внимание уделяется технологиям и методикам образовательных процессов, справедливо отмечая их влияние на эффективность и результаты деятельности вузов [1]. Тем не менее, такой взгляд «изнутри» не позволяет заметить и подвергнуть исследованию существенные характеристики образовательной системы в целом. Несмотря на высокую технологичность, образование по-прежнему, в значительной степени обосновано, рассматривается как творческий процесс в большей степени напоминающий искусство, нежели науку. Это не позволяет использовать современные формальные методы анализа деятельности и точно оценивать ее результаты. В связи с этим, предлагается рассматривать образовательную систему как частный случай производственной системы и использовать известные формализованные модели и методики для задач анализа и совершенствования подобных систем.

Образовательная система (ОС) не является автономной системой. Она есть часть общества, которое изменяется (развивается и совершенствуется, а возможно и деградирует), меняя тем самым цели и первоочередные задачи ОС [2]. Именно поэтому ОС не является фиксированной, неизменной системой. Какой бы совершенной она не была, она должна меняться вместе с обществом и мы, действительно, наблюдаем достаточно, а порой избыточно, динамичные изменения. Что же может меняться в образовательной системе? Во-первых, ее цели, которые определяются «внешними» по отношению к ОС обстоятельствами. Во-вторых, внутренние характеристики и свойства ОС, а именно элементный состав и структура ОС, и процессы, протекающие в системе и обеспечивающие взаимодействие элементов для достижения цели. Пользуясь системной методологией, можно в качестве первоочередной задачи определить структурные характеристики ОС, а затем рассматривать процессы, связанные с целенаправленным функционированием ОС.

Рассмотрим ОС как производственную систему [3], целью которой является создание продукта (результата деятельности) с заданными свойствами. В таком случае правомерно говорить о требованиях к исходным материалам (сырью), производственным процессам и инструментальным средствам. Также очевидными становятся требования к качеству результирующего продукта. Важно то, что все перечисленные сущности могут и должны быть формально описаны и количественно измеримы, как и сама система в целом вне зависимости от прикладной области и специфики ее применения [4]. При подобном подходе становится естественным и правомерным использование известных методов организации и управления деятельностью, начиная от бизнес-планов до реинжиниринга бизнес-процессов и использования информационных систем [5].

Принципиальной трудностью при таком подходе является то, что образовательная деятельность связана не с материальными объектами, а с информационными и когнитивными сущностями, оперировать которыми сегодня достаточно непривычно. Такие категории как знания, умения, навыки не лучшим образом вписываются в современные нотации бизнес-процессов. Даже компетентностный подход не снимает большинства вопросов, до тех пор, пока не определены внутренняя структура и состав сущности «компетенция» [6], которая рассматривается как фундаментальная характеристика результирующего продукта производственной деятельности ОС.

Решением проблемы является использование доменной модели инфокоммуникаций [7], которая успешно применяется при анализе сложных инфокоммуникационных систем [8]. Эта модель позволяет с общих позиций рассматривать физические, информационные и когнитивные сущности, которые встречаются как в образовательной деятельности, так и в других об-

ластях [9, 10]. ОС обеспечивает передачу и усвоение сущностей когнитивного домена от одного субъекта к другому. Эта передача происходит через объекты информационного и физического доменов. На границе каждого из доменов происходит преобразование тезаурусов этих сущностей с определенными потерями и искажениями. Доменная модель позволяет сосредоточиться на главных вопросах – восприятия, усвоения и осмысливания знаний учеником. Здесь ключевыми являются процессы на границе информационного и когнитивного домена где реализуется интерфейс между информационной средой и учеником. Именно здесь начинается процесс восприятия информации. Вопросы генерации, доставки и представления знаний также успешно рассматриваются данной моделью со строгих позиций, допускающих количественную оценку и обоснованные выводы о преимуществах и недостатках конкретной реализации ОС, в частности о ее конкурентных преимуществах перед другими ОС [11].

В управлеченческих системах принятие решения, на основе созданного на основе информационного представления В КД является ключевым действием ради которого выполняется сбор, накопление, обработка и представление информации из ИД В КД. Для образовательных систем справедливо утверждение, что «основным» является накопление информационных представлений для последующего использования в деятельности субъекта обучения его «компетенций». Таким образом, компетенции, в упрощенном виде, представляют комбинацию накопленных в процессе обучения «знаний» – информационных представлений и алгоритмов деятельности – «умений», которые посредством личностных способностей к принятию решения воплощаются в компетенциях.

Оценка результата деятельности ОС, выполняемая на основе компетентностной модели, предполагает, что у компетенций не только присутствуют, но должны быть достаточно точно определены их характеристики, обладающие ценностью. Это в свою очередь требует, чтобы были выявлены структурные компоненты и соответствующие свойства компетенций. Данная проблема решается с использованием известной объектной модели, инкапсулирующей статические и динамические свойства (атрибуты и методы) объекта. При этом в компетенции выделяются атрибуты, соотнесенные с фактологическими данными, традиционно трактуемыми как «знания», и алгоритмическими или процессно-ориентированными «умениями» и «навыками». Наследование как свойство объектной модели также является чрезвычайно полезным особенно с позиций практического конструирования компетенций в реальных ОС. Наследование позволяет также формализовать и автоматизировать ряд технологических процедур.

Обоснованной представляется попытка соединить знания, умения, навыки с одной стороны и компетенции с другой, определив, как они соот-

носятся друг с другом. Она основывается на том, что в результатах образовательной деятельности, как при традиционном, так и при компетентностном подходе, можно уверенно выделить две компоненты – статическую, включающую фактологические сведения, и алгоритмическую – определяющую действия. Это позволяет с единых позиций рассматривать компетенции и знания, умения, навыки [12, 13].

Таким образом, в динамичном мире образовательные системы, обладающие высокой инерционностью, могут быть эффективно исследованы с использованием двух моделей – дескриптивной доменной модели инфокоммуникаций и конструктивной объектной модели. Анализ ОС в таком исследовании выполняется с применением формальных методик и соответствующих количественных оценок, позволяющих сделать обоснованный вывод о достоинствах и недостатках конкретных ОС и их соответствии установленным целям.

Используя совместно упомянутые модели можно выполнить анализ компетенций образовательной программы по двум направлениям. Во-первых, выявить те профессиональные области в которых локализуется программа и для них определить какие сущности к каким из трех доменов относятся. Упрощенно, сущности когнитивного домена в большей степени будут соотноситься с категориями «знать» [14], сущности информационного домена с категориями «уметь», а сущности физического домена с инструментальными навыками наподобие «использовать». На самом деле, ситуация несколько сложнее, поскольку может показаться, что умение находить корни квадратного уравнения – это «алгоритмическое умение» (информационный домен), а умение пользоваться вольтметром – это практический навык (физический домен). Однако второе умение состоит из корректной последовательности действий (включение прибора, калибровка, подготовка и проведение измерений, анализ результатов и оценка погрешности), т. е. также является алгоритмическим только выполняемым с объектами ФД в отличие от нахождения корней которое выполняется с уравнением – сущностью ИД. Во-вторых, выявить те элементы компетенций, которые связаны непосредственно с изучаемыми сущностями (предприятие, проекты, риски) и те элементы, которые обеспечивают активное использование этих сущностей (разработка, анализ, оценка).

Рассмотренный подход к анализу структурных характеристик компетентности позволяет конструировать востребованные рынком «цифровые» компетенции как сущности популярной объектной модели, рассматривая при этом образовательную систему с использованием доменной модели инфокоммуникаций как «производственную систему» цель которой – создать продукт с заданными свойствами (набором компетенций), структурные и, как следствие, количественные характеристики которого могут быть заданы формально и определены количественно.

Список используемых источников

1. Катасонова Г. Р. Организационные модели функционирования вузов с учетом формирования целей обучения // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 483.
2. Абрамян Г. В., Катасонова Г. Р. Проблемы перехода к подготовке академических бакалавров по направлению подготовки «Бизнес-информатика» в условиях модернизации образовательных стандартов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 2 т. Т. 2. 2015. С. 1435-1439.
3. Сотников А. Д., Арзуманян М. Ю. Сервис-ориентированная модель описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия // Проблемы современной экономики. 2009. № 2. С. 125–129.
4. Сотников А. Д. Структурно-функциональная организация услуг телемедицины в прикладных инфокоммуникационных системах. СПб. : СПбГУТ, 2007. 124 с.
5. Katasonova G. The use of technology in teaching students metamodeling information technology management // Инновационные информационные технологии. 2014. № 1. С. 210–214.
6. Sotnikov A. D., Rogozinsky G. G. The multi domain infocommunication model as the basis of an auditory interfaces development for multimedia informational systems // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т.11. № 5. С. 77–82.
7. Сотников А. Д., Катасонова Г. Р. Проектирование модели образовательной деятельности на основе доменной, объектной и сервисной моделей // Современные научно-исследовательские технологии. 2018. № 2. С. 159–163.
8. Сотников А. Д., Арзуманян М. Ю. Мониторинг «информатизации» предприятий в процессе перехода к информационной экономике // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 2008. № 6. С. 252–254.
9. Сотников А.Д. Инфокоммуникационные системы и их модели для здравоохранения // Информационно-управляющие системы. 2008. № 3. С. 46–53.
10. Сотников А.Д. Принципы анализа прикладных инфокоммуникационных систем в здравоохранении // Труды учебных заведений связи. 2004. № 171. С. 174–183.
11. Сотников А. Д., Арзуманян М. Ю. Конкурентные преимущества предприятий в информационной экономике // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2010. № 4 (102). С. 100–105.
12. Катасонова Г. Р., Абрамян Г. В. Формирование профессиональных компетенций в процессе обучения информационным технологиям бакалавров управленических специальностей // "ИТО–Саратов – 2012". Саратовский ИПКиПРО. 2012. С. 232–234.
13. Сотников А. Д., Катасонова Г. Р., Стригина Е. В. Анализ современной системы образования на основе доменной модели инфокоммуникаций // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–26. С. 5930–5934.
14. Сотников А. Д., Катасонова Г. Р., Стригина Е. В. Модели когнитивных взаимодействий в сервис-ориентированных системах // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 118.

УДК 330.1, 338.1

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ РАЗМЕРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. В. Кваша

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

Совершенствование информационных технологий, а также развитие коммуникаций в направлении цифровизации существенным образом влияет на эффективные размеры первичной экономической системы, то есть предприятия. Этап становления инфокоммуникационных технологий характеризовался только вспомогательной ролью информационной поддержки «ручных» бизнес-процессов, что обуславливало достаточно высокий уровень трансформационных, а также внутренних и внешних трансакционных издержек. В результате трансакции в большей степени интернализировались, что обуславливало рентабельность масштабных бизнес-систем. Развитие инфокоммуникаций привело к появлению сквозных цифровых технологий, что обеспечило переход большинства бизнес-процессов в электронный вид, а, следовательно, снижение трансакционных издержек и сокращение эффективного размера предприятия.

цифровизация, эффективность, размер предприятия, трансформационные и трансакционные издержки, сетецентрическая бизнес-система.

В настоящее время, как в обществе в целом, так и в узких кругах теоретиков и практиков экономики, произошло осознание необходимости инновационного развития страны и перехода к так называемой модели новой экономики. Необходимость данного перехода объективно обусловлена тем, что, начиная с последней трети 20-го столетия научно-технологическое развитие происходит по экспоненте с революционными по скорости и масштабам технологическими сдвигами.

Радикальная смена технологических укладов, в настоящий момент связанная с революционным развитием ИКТ, влечет за собой необходимость различных трансформаций в экономических системах всех уровней: от макросистем до микроэкономической единицы, то есть предприятия. Одним из основных параметров, подвергающихся максимальной трансформации в условиях революционного развития информационных технологий, а также совершенствования коммуникаций в направлении цифровизации являются оптимальные границы предприятия, как первичной экономической системы.

Экономической теорией выработано два основных подхода в области определения оптимальных границ предприятия: неоклассический (или технологический) и неоинституциональный. В рамках первого подхода содержание предприятия сводится к технологическому процессу: предприятие представляется, как производственная функция, которая преобразует ресурсы в готовый продукт. В результате данный подход определяет оптимальные границы предприятия эффектом экономии от масштаба, который заключается в снижении предельных издержек на производство единицы продукта при росте объемов производства. Данное снижение объясняется тем, что рост масштаба предприятия (производства) приводит в действие следующие факторы: снижает совокупные удельные издержки за счет падения удельных постоянных издержек; повышает эффективность от разделения труда; повышает доступность высококвалифицированных управленческих кадров; повышает доступность передовых технологий, за счет возможности финансирования собственных разработок и/или приобретения инноваций.

Совокупное действие указанных положительных факторов роста масштабов предприятия обеспечивает сокращение предельных издержек. В то же время в результате действия закона уменьшения предельной производительности предельные издержки не убывают монотонно при неограниченном увеличении объема производства, так как эффект от применения более технологичного оборудования и углубления специализации исчерпывается, а управленческие функции реализуются все хуже, так как руководители с трудом справляются с возрастающей нагрузкой. Это приводит к тому, что реализация экономии от масштаба наталкивается на неизбежные ограничения: до определенного момента эффект масштаба снижает средние издержки, в определенной точке они стабилизируются, после чего начинают увеличиваться.

Таким образом, в рамках технологического подхода границы предприятия определяют форма и расположение кривых средних затрат длительного периода, а размер предприятия достигает эффективной величины при полном исчерпании экономии от масштаба.

В рамках неоинституционального подхода, расширяющего и дополняющего неоклассический, объектом анализа признается не производственная функция, а акт экономического взаимодействия – трансакция. При этом оптимальные границы, размер, оргструктура организаций определяются на основе анализа затрат, связанных с экономическим взаимодействием, которые определяются как трансакционные издержки. Впервые факт того, что деятельность рынка предполагает некоторые затраты, которые можно сократить, создав фирму и предоставив предпринимателю право направлять ресурсы, отметил один из основоположников неоинституционализма Р. Коуз, в статье «Природа фирмы» [1]. Трансакционные издержки в наиболее общей

форме были определены К. Дж. Эрроу, как издержки эксплуатации экономической системы [2].

Неоинституциональный подход обуславливает увеличение размеров организации экономией на трансакционных издержках, возникающих, когда экономическое взаимодействие между контрагентами происходит на открытом рынке (издержки по поиску информации о контрагентах, издержки на поиск и проверку информацию о продуктах, юридические издержки и т.п.). при этом предприятие увеличивается, когда дополнительные трансакции перестают быть обменными трансакциями, координируемыми механизмом цен, а организуются предпринимателем. Включение трансакций в состав внутрифирменных взаимодействий определяется как интернализация.

При этом эффект от интернализации трансакций также имеет ограничения, подобно снижению эффекта экономии от масштаба в неоклассическом подходе. Р. Коуз определял причины данного явления сокращением эффективности предпринимательской функции, которое обуславливалось тем, что с увеличением количества внутренних трансакций предпринимателю все сложнее будет размещать производственные ресурсы в местах, где они будут обладать наибольшей ценностью и издержки осуществления внутренних взаимодействий будут нарастать с большей интенсивностью [1].

Таким образом, в точке, где предельные издержки внутренних трансакций будут равны предельным издержкам осуществления трансакций на открытом рынке, и будет определяться оптимальный размер предприятия. При этом внешние (по отношению к предприятию) трансакционные издержки расширяют эффективные границы предприятия, в то время как внутренние трансакционные издержки, напротив, сужают эти границы.

Автоматизация промышленности, начавшаяся в конце XX века, носила преимущественно локальный характер, когда каждое предприятие или подразделения внутри одного предприятия использовали собственную (проприетарную) систему управления (или их сочетание), которые были несовместимы с другими системами [3]. Принципом традиционной парадигмы закрытых бизнес моделей, реализуемой на протяжении второй половины 20-го столетия (как наследия первой и второй промышленных революций), являлась реализация централизованных (платформенно-центристических) бизнес-систем [4].

Таким образом, степень развития инфокоммуникаций обуславливала лишь вспомогательную роль информационной поддержки «ручных» бизнес-процессов (как технологических, так и административных), что определяло высокий уровень, как трансформационных издержек, так и издержек взаимодействия между бизнес-процессами и бизнес-системами, то есть

внутренних и внешних трансакционных издержек. Это, в свою очередь, обуславливало увеличение целевых размеров предприятия. В условиях действия парадигмы закрытых бизнес-моделей реально конкурировать на рынке могли только крупные обратно вертикально-интегрированные предприятия, обладающие большим объемом ресурсов и мощной научно-исследовательской базой. Рынки, на которых функционировали такие предприятия, характеризовались не эффективными олигополистической и монополистической структурами.

Существенным недостатком «закрытости» бизнес моделей является неэффективное (излишнее) потребление ресурсов. Крупные обратно-интегрированные предприятия характеризуются «связыванием» ресурсов в объеме, существенно превышающий уровень их средней потребности. Иными словами, причина неэффективности закрытых систем заключается в неравномерной нагрузке на ресурсы – объемы владения изолированным ресурсом определяются с учетом разовых пиковых нагрузок, в то время как существенную часть времени нагрузки близки к нулевым [5].

Развитие облачных технологий и цифровых платформ, а также информационный «взрыв», вырвавшийся из разных каналов данных, обеспечили появление открытых информационных систем и глобальных промышленных сетей (выходящих за границы отдельного предприятия и взаимодействующих между собой). Развитие инфокоммуникаций на данном этапе приводит к появлению таких сквозных цифровых технологий, что обеспечивает переход большинства бизнес-процессов в электронный вид, а также появление таких явлений, как цифровое производство, экономика «совместного использования» (*shared economy*), коллективное потребление, «уберизация» экономики, модель облачных вычислений, распределенные сети, децентрализация управления и т. д. Технологической основой для перехода к новой экономической парадигме являются киберфизические системы, Интернет вещей и облачные вычисления [4]. Предполагается переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть вещей и услуг.

Таким образом, современное развитие инфокоммуникаций обеспечивает возможность построения открытых сетецентрических (или, как их еще называют, облачных) бизнес-систем с распределенной структурой. Сетецентрическая бизнес модель представляет собой новый уровень организации производства и управления цепочкой создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла выпускаемой продукции. Экономика «совместного использования» позволяет обеспечить до 100 % эффективности использова-

ния ресурсов, за счет нивелирования излишнего потребления с учетом разовых пиковых нагрузок. В экономическом плане отсутствие необходимости «связывания» ресурсов в объеме, существенно превышающий уровень их средней потребности приводит у общему снижению уровня постоянных затрат вплоть до их полного перехода в переменные. В данных условиях неоклассическая концепция экономии от масштаба теряет свою актуальность, происходит снижение как трансформационных, так и трансакционных издержек и сокращение эффективного размера предприятия.

Список используемых источников

1. Коуз Р. Г. Природа фирмы. В кн. Вехи экономической мысли. Теория фирмы. СПб. : Экономическая школа, 2000.
2. Arrow K. J. The Organization of Economic Activity: Issues Pertinent to the Choice of Market versus Nonmarket Allocation // The Analysis and Evaluation of Public Expenditure. Vol. 1. Washington: U.S. Government Printing Office. 1969. PP. 47–64.
3. Четвертая технологическая революция – J&P опубликовали исследование о Промышленном Интернете. [2017]. Режим доступа: <http://d-russia.ru/chetvertaya-tekhnologicheskaya-revoluciya-jp-opublikovali-issledovanie-o-promyshlennom-internete.html/amp>
4. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику, мир в целом. М. : Альпина нон-фикшн, 2014. 410 с.
5. Герасимов А. Неэффективной современной экономике поможет открытость. «Ваш партнер-консультант». 2015. № 41 (9607) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eg-online.ru/article/295135/>

УДК 338.242.2; 338.242.4

МОДЕЛЬ ГАЗОВОГО РЫНКА

В. И. Котов

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

В статье обсуждаются результаты моделирования газового рынка, состоящего из десяти поставщиков и десяти потребителей, подключенных к некоторой условной газотранспортной системе. Рассматриваются два сценария взаимодействия игроков: свободная ценовая конкуренция и единое планирование поставок при заданном спросе. С помощью имитационного моделирования дается оценка синергетического выигрыша при втором сценарии.

рынок газа, ценовая конкуренция, синергия, согласованный оптимум.

Добываемый в России природный газ поступает в единую систему газоснабжения (ЕСГ) России. ЕСГ принадлежит «Газпрому» и является крупнейшей в мире системой транспортировки газа. Она представляет собой технологический комплекс, включающий в себя объекты добычи, переработки, транспортировки, хранения и распределения газа. ЕСГ обеспечивает непрерывную поставку газа от скважины до конечного потребителя. Протяженность газотранспортной системы России по состоянию на начало 2015 г. составляет 170,7 тыс. км. При транспортировке газа используются 250 компрессорных станций с общей мощностью газоперекачивающих агрегатов 46,1 млн кВт [1].

Тариф на транспортировку газа по магистральным газопроводам ОАО «Газпром» для независимых производителей устанавливается Федеральной службой по тарифам РФ. С 1 августа 2006 года действует методика дифференцированного образования тарифа, в соответствии с которой ставка складывается из двух частей: первая – плата за работу по перемещению 1 тыс. куб. м газа на 100 км, вторая – плата за пользование магистральными газопроводами, в рублях за 1 тыс. куб. м, определяется в зависимости от мест входа и выхода газа в газотранспортную систему [1].

В рыночных условиях взаимодействие поставщиков и потребителей газа, подключенных к ЕСГ, можно рассматривать в двух сценариях. Первый – это свободная ценовая конкуренция, когда поставщики независимо друг от друга предлагают свои цены на определенный период времени, а потребители (покупатели) выбирают поставщиков так, чтобы минимизировать расходы при удовлетворении своих потребностей в газе. В этом случае поставщики, предложившие более высокие цены, могут оказаться в проигрыше по сравнению с другими, т.к. не смогут реализовать весь добытый газ.

Во втором сценарии можно так спланировать все поставки (предложение) газа, чтобы удовлетворить спрос на него при дифференцированных ценах и при ограниченном бюджете закупок потребителей. В этом случае поставщики могут суммарно выиграть по сравнению с первым сценарием, т. е. координация их объемов поставок в рамках того же диапазона варьируемых цен может дать своеобразный синергетический эффект [2]. Подробнее о создании экономической модели картелей можно прочесть в [3].

Для сравнения двух сценариев была разработана компьютерная динамическая модель некоторой условной газотранспортной системы, к которой подключены десять поставщиков и десять потребителей газа. Параметры и условия моделирования были следующими:

1. Каждый потребитель имеет ограниченный бюджет закупок C_{max} , максимальный объем закупок D_{max} и, как следствие, максимальную цену закупок P_{max} . По цене выше максимальной производится закупка в рамках бюджета, если не удалось купить по более низким ценам.

2. У каждого потребителя могут быть ограничения пропускной способности маршрута от каждого поставщика. Спрос потребителя оценивается с учетом ограничений пропускной способности, которая варьировалась от 80 % до 100 % от требуемого объема.

3. Каждый поставщик характеризуется максимальным объемом производства S_{max} и минимальной ценой продаж P_{min} , ниже которой продажи становятся нерентабельными. Учитываются удельные затраты на произведенный объем продукции. Для каждого поставщика были учтены транспортные расходы на доставку единицы объема газа с учетом расстояний до потребителя.

4. Горизонт планирования был выбран равным 30-ти периодам.

5. Цены в каждом периоде планирования первоначально задает поставщик. Для покупателей все цены ранжируются от меньшей цены к большей. Вначале закупается более дешевый товар.

6. Модель сбалансирована – все, что произведено, будет куплено. При выборе исходных параметров спроса и предложения возможна некоторая доля неудовлетворенного спроса, или доля нереализованного потенциала производства.

7. При имитационном моделировании использовалось равномерное распределение варьируемых цен (табл. 1). В качестве целевых функций были выбраны: прибыль каждого поставщика и средневзвешенная цена газа на рынке. Всего было 2000 прогонов модели (табл. 2, см. ниже).

ТАБЛИЦА 1. Результаты имитационного моделирования
(цены и объемы в условных единицах)

Параметры	Среднее	Макс	Мин	СТО	К-т вар., %
<i>Поставщик 1</i>					
Всего объем продаж 1	14 915	15 000	12 449	466	3,1
Всего выручка 1	547 645	854 543	174 724	236 583	43,2
Всего прибыль 1	313 410	619 543	-60 276	237 099	75,7
Доля рынка	9,5 %				
<i>Поставщик 2</i>					
Всего объем продаж 2	16 891	17 000	13 723	598	3,5
Всего выручка 2	600 264	994 927	221 195	246 586	41,1
Всего прибыль 2	231 356	624 927	-148 805	247 491	107,0
Доля рынка	10,8 %				
<i>Поставщик 3</i>					
Всего объем продаж 3	17 129	18 000	9 697	2 292	13,4

Параметры	Среднее	Макс	Мин	СТО	К-т вар., %
Всего выручка З	639 018	1 022 126	232 968	239 931	37,5
Всего прибыль З	267 731	642 126	-147 032	241 777	90,3
<i>Доля рынка</i>	<i>11,4 %</i>				
и т. д. до 10-го поставщика					
<i>Всего по 10-ти поставщикам</i>					
Суммарный объем производства	154 245	159 000	150 697	2 296	1,5
Суммарный объем продаж	154 245	159 000	150 697	2 296	1,5
Суммарная выручка	5 435 265	6 597 732	4 187 093	643 504	11,8
Суммарная прибыль	1 859 081	3 048 364	585 287	655 295	35,2
<i>Средняя рентабельность продаж</i>	<i>34,2 %</i>				
<i>Средневзвешенная цена</i>	<i>35,24</i>				

В результате анализа результатов имитационного моделирования конкурентной игры 10-ти поставщиков и 10-ти потребителей в 30-ти периодах планирования была получена оценка синергетического выигрыша поставщиков при втором сценарии взаимодействия. В этом случае объемы поставок газа выбирались так, чтобы получить максимальную суммарную прибыль, которую необходимо распределить между всеми поставщиками пропорционально вкладу каждого. По сравнению с первым сценарием, когда каждый поставщик стремится максимизировать только свой выигрыш, синергетический эффект может составить от 40,4 % до 45,6 % от суммарной прибыли всех поставщиков.

По сути, на данном примере мы оценили, насколько использование принципа «согласованного оптимума» [2] выгоднее, чем стратегия «каждый за себя». Иначе говоря, плановая система распределения поставок газа выгоднее конкурентной рыночной системы.

На основе данной модели можно путем масштабирования построить модель реальной ЕСГ с учетом действующего числа поставщиков и потребителей, а также с учетом существующей топологии газотранспортной системы в РФ.

ТАБЛИЦА 2. Распределение объемов поставок газа и его стоимости в одном периоде (условные единицы)

Потре- битель	Поставщик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всего
1	<i>Объем</i>	—	—	—	—	16 000	—	1 800	—	7 200	—	25 000
	<i>Стоимость</i>	—	—	—	—	192 339	—	31 965	—	127 293	—	351 597
2	<i>Объем</i>	—	—	—	—	—	—	3 360	—	10 800	840	15 000
	<i>Стоимость</i>	—	—	—	—	—	—	59 668	—	190 940	15 930	266 538
3	<i>Объем</i>	929	103	—	—	—	—	10 840	0	—	4 128	16 000
	<i>Стоимость</i>	26 320	3 114	—	—	—	—	192 500	11	—	78 287	300 231
4	<i>Объем</i>	6 271	696	—	—	—	—	—	1	—	5 032	12 000
	<i>Стоимость</i>	177 709	21 040	—	—	—	—	—	44	—	95 431	294 223
5	<i>Объем</i>	7 800	10 200	—	—	—	—	—	—	—	—	18 000
	<i>Стоимость</i>	221 031	308 347	—	—	—	—	—	—	—	—	529 378
6	<i>Объем</i>	—	6 001	—	720	—	3 199	—	80	—	—	10 000
	<i>Стоимость</i>	—	181 411	—	33 266	—	102 684	—	4 380	—	—	321 741
7	<i>Объем</i>	—	—	—	2 879	—	11 801	—	319	—	—	14 999
	<i>Стоимость</i>	—	—	—	133 063	—	378 767	—	17 470	—	—	529 301
8	<i>Объем</i>	—	—	—	13 401	—	—	—	16 081	—	—	29 482
	<i>Стоимость</i>	—	—	—	619 311	—	—	—	880 689	—	—	1 500 000
9	<i>Объем</i>	—	—	8 347	—	—	—	—	519	—	—	8 866
	<i>Стоимость</i>	—	—	457 276	—	—	—	—	28 405	—	—	485 681
10	<i>Объем</i>	—	—	4 381	—	—	—	—	—	—	—	4 381
	<i>Стоимость</i>	—	—	240 000	—	—	—	—	—	—	—	240 000
Всего	<i>Объем</i>	15 000	17 000	12 728	17 000	16 000	15 000	16 000	17 000	18 000	10 000	153 728
	<i>Стоимость</i>	425 059	513 912	697 276	785 640	192 339	481 451	284 133	930 999	318 233	189 648	4 818 691
Цена	P	28,34	30,23	54,78	46,21	12,02	32,10	17,76	54,76	17,68	18,96	

Список используемых источников

1. <http://www.gazprom.ru/about/production/transportation/>
2. Волгин Л. Н. Принцип согласованного оптимума. М.: «Советское радио», 1977. 144 с.
3. Пахомова Н. В., Рихтер К. К. Экономика отраслевых рынков и политика государства: учебник. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2009. 815 с.

УДК 338.242

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОБЛЕМЫ УСКОРЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

А. В. Мешков, А. А. Симонина

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

В статье рассматриваются различные определения цифровой экономики и предлагаются собственное определение этого понятия в широком и узком смысле. Обосновывается концепция, согласно которой цифровая экономика является новой, четвертой фазой развития экономики. Особое внимание уделяется вопросу кардинального снижения трансакционных издержек за счет цифровизации и на основе этого ускорения экономического роста.

цифровая экономика, трансакционные издержки, посредники, экономический рост.

Понятие «цифровая экономика» появилось в 90-е годы XX века. Термин «цифровая экономика» впервые начал широко использовать Дон Тапскотт, автор книги «Digital Economy» (в русском переводе «Электронно-цифровое общество»), изданной в 1994 г. [1].

Наряду с этим термином используются так же «Электронная экономика», «новый технологический уклад мира», «API экономика», «креативная экономика».

В Европе чаще употребляется термин «цифровая экономика», а в США «API экономика».

По определению Всемирного банка цифровая экономика – система экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий. В «Стратегии развития информационного общества РФ до 2030 г. дано следующее определение: цифровая экономика – это деятельность, в которой ключевыми факторами производства являются данные, представленные

в цифровом виде, а их обработка и использование в больших объемах позволяют по сравнению с традиционными формами хозяйствования существенно повысить эффективность, качество и производительность в различных видах производства, при хранении, продаже, доставки и потреблении товаров и услуг» [2]. Существует еще целый ряд определений этого понятия.

Авторы данной статьи полагают, что следует определять цифровую экономику в узком и широком смысле.

В узком смысле цифровая экономика – это сектор экономики, охватывающий производство, распределение, обмен и потребление цифровых (электронных) товаров и услуг. Главными элементами этого сектора являются электронная коммерция, электронный банкинг, электронные платежи, интернет-реклама, интернет-игры, телемедицина, дистанционное обучение и т. п. Доля цифрового сектора в ВВП развитых стран с 2010 по 2016 год выросла с 4,3 % до 5,5 % (табл.). В странах «большой двадцатки» этот показатель увеличился за 5 лет с 4,1 % до 5,3 %. Мировым лидером по доле цифрового сектора в ВВП является Великобритания – 12,4 %. По прогнозам консалтинговой компании Accenture использование цифровых технологий должно добавить в 2020 г. 1,36 трлн долларов или 2,3 % в общем объеме ВВП десяти ведущих мировых экономик. ВВП развитых стран вырастет за счет цифрового сектора на 1,8 %, в ВВП развивающихся стран на 3,4 %. Объем «цифровой экономики» к 2035 году может достичь, по прогнозам, 16 трлн долларов.

В России доля цифрового сектора ВВП составляет 2,8 % или 75 млрд долл. (по данным *Boston Consulting Group*).

Большая часть – 63 млрд долл. – приходится на сферу потребления (интернет-торговля, услуги, поиск онлайн и покупка офлайн). С 2010 по 2016 год доля интернет-торговли во всех продажах выросла с 1,7 % (12 млрд долл.) до 3,2 % (43 млрд долл.). Экспорт ИТ – технологий составил 7 млрд долл. Межотраслевой эффект цифровизации с 2010 по 2016 год увеличился в 5,5 % раз с 5 до 27,7 трлн рублей. Такой эффект получен от внедрения платформ электронных торгов, роста трансакций по банковским картам, онлайн-рекламы. В соответствии со «стратегией развития информационного

ТАБЛИЦА. Рост доли цифрового сектора экономики с 2010 по 2016 год (доля «цифровой экономики» в ВВП, %)

Страна	2010	2016
Великобритания	8,3	12,4
Южная Корея	7,3	8
Китай	5,5	8,9
Индия	4,1	5,6
Япония	4,7	5,6
США	4,7	5,4
Германия	3,0	4,0
Италия	2,1	3,5
Франция	2,9	3,4
Россия	1,9	2,8
ЮАР	1,9	2,5
Бразилия	2,2	2,4

общества», принятой в 2017 г. доля цифрового сектора экономики в ВВП должна быть увеличена до 5,6 % ВВП. Но способен ли этот сектор стать драйвером экономического роста? Если за счет «цифровой экономики» ВВП вырастет за 6 лет на 2,8 %, то это прибавка к годовому экономическому росту 0,5 %. В 2017 году ВВП России вырос на 1,5 %. Прогноз Минэкономразвития на ближайшие 3 года – рост 2,0–2,2 %. Значит даже удвоение масштабов цифрового сектора не позволит решить задачу достижения среднемировых темпов экономического роста, которые составляют в среднем 3,2 % в год.

Однако значительно больший экономический эффект может дать цифровизация экономики в целом. Но здесь речь идет уже о цифровой экономике в широком смысле. Опираясь на работы Дона Тапскотта, автора термина Digital Economy, мы предлагаем следующее определение цифровой экономики в широком смысле этого понятия. Цифровая экономика – это четвертая фаза развития экономики (1 фаза – аграрная экономика, 2 фаза – индустриальная, 3 фаза – экономика услуг). Для этой фазы характерно то, что хозяйственная деятельность на основе цифровых компьютерных технологий приводит к радикальному снижению трансакционных издержек и появлению новых форм бизнес-моделей, исключающих посредников и обеспечивающих прямое взаимодействие производителя и потребителя.

Цифровую революцию, начавшуюся в конце XX в. по своим масштабам и последствиям можно сравнить с промышленной революцией конца XVIII – середины XIX в. Промышленная революция, как известно, заключалась в переходе от мануфактуры к фабрике, от ручного труда к крупному машинному производству, что обеспечило резкое снижение издержек производства на единицу выпуска и на основе этого высокий и устойчивый экономический рост. Цифровая революция так же обеспечивает скачкообразный рост производительности труда, но не только и не столько за счет снижения издержек производства, а за счет радикального снижения трансакционных издержек. Кроме того, если промышленный переворот затрагивал только сферу производства, то цифровизация затрагивает все сферы экономики и в первую очередь постпроизводственные – распределение, обмен и потребление. На смену традиционной экономике, представляющей четырехфазную систему: производство – распределение – обмен – потребление постепенно приходит двухфазная экономика, из которой цифровые технологии вытесняют посредническую деятельность и обеспечивают прямое, непосредственное взаимодействие производителей и потребителей товаров и услуг.

Остановимся подробней на этих двух аспектах цифровой революции. Издержки производства связаны с изменением физических свойств блага, а трансакционные издержки связаны с изменением правовых характеристи-

стик. Д. Норт и Э. Уоллис определили трансакционные издержки для покупателей, как все издержки, которые не входят в цену, уплачиваемую продавцу, а для продавца – как издержки, которых не было бы продавай он товар самому себе [3]. Количественно потери бизнеса от существования такого рода издержек измеряются несколькими процентами ВВП. Например, в Нидерландах только издержки, которые вынужден нести бизнес для соответствия требованиям регулирования, связанного со сбором/предоставлением/ раскрытием информации оцениваются в 3,6 % ВВП. Поэтому снижение трансакционных издержек должно привести к заметному экономическому росту.

Основным видом трансакционных издержек являются издержки на поиск информации о ценах и других характеристиках товаров и продавцов (месте продажи, условиях, качестве товара и т. д.). Использование поисковых систем в интернете и других цифровых технологий способствует значительному снижению таких издержек.

Другим видом трансакционных издержек являются издержки измерения. Они высоки для опытных благ, качество которых можно оценить только в процессе потребления (автомобили, бытовая техника) и для доверительных благ, качество которых сложно измерить как до, так и в процессе потребления (медицинские, образовательные услуги).

Ранее для измерения качества опытных благ требовалось создавать особые институты в виде специальных агентов, имеющих все необходимое измерительное оборудование. Но с развитием интернета рядовой потребитель в состоянии сам сделать выводы, прочитав многочисленные отзывы более опытных потребителей. Что же касается такого доверительного блага, как высшее образование, то качество его можно оценить в первую очередь по успешности выпускников, их карьерному росту. Если раннее собрать такую информацию по всем выпускникам было крайне затруднительно, то развитие социальных сетей позволяет успешно решить эту задачу.

Очень значительно снижают цифровые технологии трансакционные издержки на ведение переговоров и заключение контрактов. Так раннее процесс переговоров перед подписанием контрактов требовал значительных ресурсов и времени, в частности командировочных расходов. Теперь же все переговоры можно провести по интернету, подготовить и подписать документы в электронном виде.

Теперь рассмотрим издержки оппортунистического поведения, которое в частности, заключается в том, что продавец либо предоставляет покупателю не полную информацию, скрывая худшие характеристики объекта сделки и предоставляя лишь лучшее, либо предоставляет заведомо ложную информацию. В результате это приводит к ухудшающемуся отбору т. е. в конкуренции побеждают самые нечестные игроки. Однако тотальная цифровизация позволяет решить и эту проблему. В ближайшем будущем без

особого труда можно будет найти любую информацию о ком угодно. В условиях полной информационной прозрачности, во – первых, становится невозможным что – либо скрыть, а во – вторых невозможно предоставить заведомо ложную информацию, поскольку любой факт легко проверяется. Репутация экономического субъекта становится как никогда уязвимой, и от этого еще более ценной. Оппортунистическое поведение становится экономически невыгодным. В конкуренции побеждает не тот поставщик, который скрывает и искажает информацию, а тот, кто имеет безупречную репутацию в Сети.

Второй особенностью цифровой экономики, как новой фазы развития хозяйства, является то, что на основе радикального снижения трансакционных издержек возникают принципиально новые модели бизнеса, обеспечивающие прямую связь поставщика и потребителя и упраздняющие ненужных теперь посредников. За счет этого высвобождаются значительные ресурсы для ускорения экономического роста.

Деятельность посредников в традиционной экономике Дон Тапскотт назвал «усилением слабых сигналов». В цифровой экономике она уже не нужна, или нужна в значительно меньших масштабах, поскольку каждый способен усиливать свой сигнал и улавливать довольно слабые сигналы. В цифровую эпоху каждый производитель может сам выходить на потенциальных клиентов, обеспечивая на своем сайте продажу производимой им продукции. Потребители же получают возможность самостоятельно заказывать билеты, бронировать жилье, приобретать товары на серверах транспортных компаний, гостиниц или электронных магазинов. Туристские агентства, сети различной торговли, риэлтерские фирмы и прочие посредники становятся все менее необходимы и в будущем должны будут искать иные социальные ниши. Сейчас мир полон ожиданий, что технология блокчейн полностью устранит необходимость посреднических услуг.

На базе цифровых технологий появляются принудительно новые бизнес-модели, самые успешные из которых Uber, Spotify, Netflix, Airbnb.

Uber – крупнейший в мире сервис в сфере таксомоторных перевозок. С помощью мобильных приложений Uber автоматизировал работу, которую обычно выполняют диспетчеры. Эксперты дали название такой модели бизнеса «уберизация». Под «уберизацией экономики» понимается не платформа, а глубокий уровень трансформации экономики и общества, касающийся взаимодействия потребителя и поставщика.

Бизнес-модели, основанные на диджитализации (оцифровка всех видов информации) и ориентированные на постоянно находящихся в Сети пользователей позволяют быстро создавать и развивать рынки, увеличивать прибыль, обеспечивать высокие темпы экономического роста. Всего за четыре

года сеть в управлении сервиса гостеприимства Airbnb достигла такого размера, сколько гостиничных номеров компания Hilton Hotels создала более, чем за 90 лет.

В заключении отметим, что авторы далеки от представления о «прекрасном цифровом мире», в котором будут решены все сегодняшние проблемы. Цифровизация экономики порождает новые риски и проблемы, среди которых отметим: угрозу «цифровому суверенитету» страны и пересмотр роли государства в трансграничном «цифровом мире»; нарушение частной жизни/ потенциальное наблюдение за гражданами, рост безработицы среди работников низкой и средней квалификации, особенно в сфере посреднических услуг; появление новых видов оппортунистического поведения: «пиратство» в сфере медиа, распространение вредоносного контента, незаконное использование чужих ресурсов для «майнинга» криптовалют.

Список используемых источников

1. Тапскотт Д. Электронно – цифровое общество: Плюсы и минусы эпохи сетевого интеллекта. М. : Релфбук, 1999. 432 с.
2. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы // www.kremlin.ru/acts/bank/4919
3. Институциональная экономика: Новая институциональная экономическая теория / Под ред. А. А. Азуана. М.; 2011. 447с.

УДК 330.88

ЗНАНИЯ СПЕЦИАЛИСТА КАК ВИД СОБСТВЕННОСТИ

М. А. Радюк

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

В данной статье привлекается внимание к невещественному виду собственности в форме информационной системы специалиста и обосновывается введение такого понятия, а владельцем (собственником) указанного вида собственности определяется наёмный работник, так как анализ и исследование процессов, вызванных развитием телекоммуникаций, привели, через системное восприятие этих процессов, к пониманию возрастающей роли специальных знаний в современном информационно-коммуникационном обществе.

современные экономические отношения, невещественная собственность, собственник специальных знаний, информационная система специалиста, арендный характер.

В XXI веке комплекс экономических наук в России объективно испытал давление ряда факторов. Здесь и освоение категорий, которые в условиях трансформации отношений на переходе от плановой к рыночной экономике приобрели иные оценочные значения. А главное: вместо собственника-монополиста государства, наряду с колхозной, кооперативной собственностью, парадигма отношений собственности в рыночной экономике получила конституционное признание, смысл которого – все виды собственности равны. В частности, следствием данного принципа стало освоение участия в экономике РФ интеллектуальной собственности и, естественно, обращение ведущих экономистов к теоретическим и прикладным результатам этого участия. Отрасль телекоммуникации вышла на одну из важнейших позиций в современной экономике. К настоящему времени стало ясно, что влияние внутриотраслевого развития оказали и продолжают оказывать, выходящее за рамки отрасли. Анализ и исследование процессов, вызванных развитием телекоммуникаций, привели, через системное восприятие этих процессов, к характеристике современного общества как информационно-коммуникационное. «В связи с этим начинают говорить о переходе от традиционной экономики к экономике, основанной на знаниях, или к экономике знаний, которая имеет определенные особенности. Основным источником роста в этой экономике являются нематериальные ресурсы» [1]. Внимание к нематериальным ресурсам вызвало необходимость в понятиях «экономика знаний», «интеллектуальная организация». Но «определения термина «экономика знаний», которое являлось бы универсальным и всеобъемлющим, не существует» [2]. В то же время «процессы изменений в организациях – это постоянно протекающие изменения одной или более внутренних составляющих организации, относящиеся к целям, задачам, структуре, технологиям, персоналу, вызванные изменениями во внешней и внутренней среде» [3].

Внимание к названным процессам привело к новым подходам. Для экономистов стало актуальным рассматривать предприятие, организацию, фирму как некое договорное объединение собственников ресурсов. Возникло два отчетливых вектора исследований:

1) какие активы остаются в организации, когда работники расходятся по домам;

2) какие активы, уходят с работниками, то есть именно они являются собственниками этих активов. Именно вторая позиция является темой, предметом и целью нашего исследования. Перспектива такого исследования обусловлена:

а) расширением количества собственников, участвующих в извлечении прибыли из своей собственности;

б) институциализацией отношений собственников, то есть установлением с точки зрения экономических наук принципов и правил, обеспечивающих социально-экономическую справедливость таких отношений.

Миссия экономических наук – участвовать в решении макро и микроэкономических задач, в том числе критически перерабатывая известные теории [4], выдвигая гипотезы, формируя концепции.

По мере того как развиваются теории интеллектуального капитала, человеческого капитала, институциональной экономики, представляется ясным, что есть нечто, отличное от человека, носителя этого «нечто», являющегося предметом спроса-предложения на рынке. Назовем это «нечто» информационной системой человека (ИСЧ) и признаем ИСЧ фактом и фактором современных экономических отношений, особенно трудовых отношений. Перспектива термина ИСЧ определяется, в частности, тем, что возникает реальная возможность создания каталога параметров той или иной профессиональной должности и функции. В основе такого каталога может быть перечень необходимых и обязательных свойств той информационной системы конкретного человека, которая выступает предметом тех или иных рыночных отношений. Наша тема имеет институциональный характер. С учётом того, что в ст. 34 конституции РФ говорится: «Каждый имеет право на свободное использование своих способностей и имущества для предпринимательской и иной не запрещенной законом экономической деятельности», а также того, что ст. 257 действующего Налогового кодекса РФ предписывает не относить к нематериальным активам интеллектуальные и деловые качества работников организации, их квалификацию и способность к труду, становится ясно, какой преградой для вложения средств в интеллектуальную капитализацию организации является отсутствие признания такого понятия, как информационная система человека. Наличие же этого термина, в условиях анализа реальных экономических отношений с точки зрения собственников ресурсов, вложившихся в дело, позволяет оценить, что происходит с арендоуемой работодателем ИСЧ – ИСС (информационная система специалиста) наёмного работника и реальными характеристиками наёмного работника, сформированными в результате деятельности работодателя по изменению качества ИСЧ наёмного работника.

Выбор терминов, характеризующих предмет сдачи в аренду собственником своей ИСЧ-ИСС и принимаемой в аренду собственником предприятия, организации фирмы и т. п.; – этот выбор обусловлен современными характеристиками, которые определяют общество первой четверти XXI века как общество постиндустриальное, инфокоммуникационное.

Для современной экономики безальтернативно понимание, что рыночная экономика стремится к стандартным и точным характеристикам, прозрачному отражению деятельности в соответствии с международными стандартами. Следовательно, точность определений сравнима с точностью

измерительных приборов. ИСЧ – продуктовая категория, позволяющая свести в систему профессиональные параметры, функционально востребована на рынке труда. Итак, терминология современных социально-экономических отношений требует учёта новых нюансов, которые учтены в терминах ИСЧ–ИСС. Учтём, что и нормативная, и позитивная экономика не противоречат друг другу, когда понимают, что предприятие третьего тысячелетия будет испытывать трудности даже не при самом высокотехнологичном производстве товаров и услуг, если ИСЧ (ИСС) работающих сотрудников не будет удовлетворять профессиональным, в том числе конкурентным параметрам.

Определить, что такое «информационная система человека» для рынка труда – действительно актуально. Наука, не располагая общепризнанным определением, что такое сама информация, допускает функциональное определение ИСЧ в качестве понятия. Но может считать термин «информация» понятием, а ИСЧ сформулировать как аксиому. Могут быть и иные подходы. Цель актуализации – внимание к разработке термина «информационная система человека».

Введение в характеристику отношений того, кто сдаёт рабочее место, и того, кто заполняет своей ИСС рабочее место, является проблемой, которую современная экономическая наука пока не может решить. В чём корень преткновения?

Мы видим проблему в том, что глубокоуважаемый институт собственности не признаёт юридически профессиональные знания работника в качестве субъекта, владельца своих знаний. С экономической точки зрения наша концепция основывается на оценке и движении собственника ИСС с целью получить от сдаваемой в аренду ИСС дохода.

Установление истинного взаимоотношений событий, экономистами определяется как аренда ИСС. Согласие с этой точкой зрения вводит в отношения, которые пока характеризуются как отношения работодателя-работника, совершенно в новые параметры. Во-первых, тот, кто сдаёт в аренду свою собственность, остаётся обладателем прав на эту собственность. Приведём простой пример: человек сдал в найм свою квартиру. Есть ли у нанимателя право что-либо диктовать хозяину квартиры? Вопрос риторический, ответ, конечно, нет. Однако, если мы вместо термина «аренда» будем пользоваться термином «продажа», то работодатель будет воспринимать нанятого работника как купленную собственность, а не как полученную в аренду. Итожа наше размышления, мы отчетливо видим проблему, которая стала вызовом комплексу современных общественных наук: экономических, социальных, философских. Проблема формулируется так: что остается в организации, когда наёмный работник её покидает, а что уходит из организации вместе с уходом работника? Понятие продажи даёт один ответ, но понятие аренды – совершенно другой. В одном случае все права

на собственность, которую мы обозначаем ИСЧ-ИСС, организация воспринимает как своё право, в другом случае собственник ИСЧ-ИСС даёт только ограниченное право организации на пользование своими профессиональными знаниями, умениями и навыками. И это справедливо. Тот, кто по современной терминологии, сдаёт в аренду свою ИСЧ-ИСС, кто называется наёмный работник, продаёт организации своё время. Он должен находится, например, на территории организации некоторое количество часов. Такое понимание ничем не отличается от приобретенного организацией станка. Станок стоит, пока его не запустят в действие. А дальше возникает идея о договоре о совместной деятельности, которую можно осуществить, только договорившись о распределении прибыли (дохода) с собственником ИСЧ-ИСС, который как бы управляет этим станком. Не менее очевидно, что экономические отношения, в которые вступают два собственника, должны быть застрахованы, но в современных экономических отношениях эта очевидность вызвала практическую сложность: что является предметом страхования? Вопрос, на который мы сейчас обращаем внимание, подтверждает важность и актуальность темы, заявленной в заголовке данной статьи. Цель же данной статьи – привлечь внимание к проблеме, ставшей вызовом комплексу экономических и, шире, общественно-социальных наук. «В перспективе возможно усиление восприятия понятия «ИСЧ – собственность» через логическое соглашение: собственность ~ имущество → ИСЧ с признаками имущества. И если передать такое имущество по наследству нельзя, то это не значит, что для производства нельзя найти методику, учитывающую ИСЧ в своих активах» [5] в форме ИСС.

Список используемых источников

1. Макаров В. В., Гусев В. И., Воронин А. Г. Методологическая парадигма исследования интеллектуального капитала в условиях информационного общества // Российский гуманитарный журнал. 2012. Т. 1. №1. С. 78–83.
2. Макаров В. В., Блатова Т. А. Информационно-коммуникационные технологии как индикатор развития экономики знаний // Российский гуманитарный журнал. 2014. Т. 3. №4. С. 275–281.
3. Макаров В. В., Долгов Д. В. Проектно-ориентированное управление инновационными изменениями в организациях; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «С.-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов». СПб., 2004. С. 28.
4. Экономика труда: (социально-трудовые отношения): учебник / Под. ред. Н. А. Волгина, Ю. Г. Одегова. М. : Экзамен, 2004. С. 12–62.
5. Радюк М. А. Характер трудовых отношений: новые тенденции / 59 Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов, СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. СПб., 2005. С. 78–79.

*Статья представлена заведующим кафедрой,
доктором экономических наук, профессором В. В. Макаровым.*

ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

УДК 32.019.5

Приглашённый доклад

«СТАЛИН» В ЭЛЕКТРОННОМ ОБЩЕСТВЕ: СОВЕТСКАЯ ТЕНЬ В РУССКОМ ИНТЕРНЕТЕ

Р. В. Болгов¹, Ю. Г. Дунаева¹, Д. В. Кацы², И. В. Чернов¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет

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

В работе рассматривается роль социальных медиа в формировании политического тренда на примере образа Сталина. На основе методов семантического, лингвистического, контент-анализа и метода «понимающего текста» анализируется содержание постов и слоганов в социальных медиа (Facebook, Twitter, ВКонтакте, ВКонтакте-Новости, ВКонтакте-Будущее, YouTube, Instagram) и формулируется вывод о создании «виртуального Сталина», не имеющего ничего общего со своим историческим персонажем.

социальные медиа, виртуальный персонаж, DDOS-атака, постправда, кликбэйк.

На примере образа Сталина (концепты, метафоры, фреймы, инфографика и видеоряд и т. д.) [1] мы выявляем роль социальных медиа в изменении сознания людей и формировании социально-политического тренда. Акторами изученных социальных медиа являются как государственные учреждения (архивы, университеты, академические объединения), так и бизнес-структуры (издательства, видеоканалы), общественные организации (молодежные движения, студенческие дискуссионные клубы), так и персоны (авторы блогов, чатов, групп и интернет-бесед).

Теоретическую основу исследования составляет литература об электронном обществе [2]. Целью исследования стало выявление ключевых концептуальных метафор, используемых пользователями социальных сетей, о Сталине и сталинизме. Особенностью исследования стало оперирование терминами «постпамять» и «постправда», которые свидетельствуют о том, что с живым феноменом, без приставки «пост-», нам уже не придется иметь дела.

Современный этап развития гуманитарного знания характеризуется: интеграцией политической мифологии и стиранием границ между реальным и придуманным знанием с помощью чатов, постов, видео, лайков и эмотиконов-сердечек. Два направления в трактовке советского лидера по кличке Кобо, Сосо, Рябой лидируют в социальных медиа – апологетика (начатая Н. С. Хрущевым на XX въезде КПСС) и разоблачение (начатое Л. Д. Троцким в 30-е годы XX века) [3].

Социальные медиа основаны на рекламной бизнес-модели, следовательно, задача – получить *кликбэйк* (как можно больше заставлять нас кликать, скроллить и комментировать), пусть этот процесс и продолжается бездумно, автоматически. Человеку становится неважно, что станет со всей политической системой страны, его волнует только внимание к его точке зрения, его странице, его чату, его постам. Мы видим последовательное движение к популизму на страницах Facebook, Twitter, ВКонтакте, Instagram и т. д. даже у серьезных научных сообществ, маститым ученых, академических объединений. Дискурса о долгосрочных эффектах этой тенденции в науке нет.

Сталин в мифологизированных книгах подобен сверхзлодею из девятого круга Дантона «Ада» [4]. К разоблачительным изданиям последних лет относятся материалы ежегодных (2011–2017 гг.) конференций Европейского Университета в Санкт-Петербурге «Конструируя советское» с абсолютным преобладанием критики советского строя [5].

Исследователями Сталина сегодня становятся не только историки, но и репортеры, журналисты, телеведущие, блоггеры: апологеты заполняют социальные медиа постами о хите «Утомленное солнце», довоенном габардине, кинофильме «Кубанские казаки», автомобилях «Победа» 1937 года, а разоблачителей интересуют исключительно городские драки, бандитизм, пиратство и рэкет [6]. Соратники Сталина в социальных медиа под стать вождю: например, революционер Камо – сорвиголова, психопат и головорез, Шаумян – «подельник Сталина» и кавказский плутократ, в уста Ленина вкладывают фразы из голливудского блокбастера: «ублюдки», «сволочь», «кретины» [7]. Для пользователей интернет-платформ, воспитанных на компьютерных играх в жанре «экшн», бандитизм и уголовщина становятся привлекательными метками.

Одна креативная организация создала в интернете серию рекламных плакатов под названием «Сталин – он как ...»: на одном из плакатов вождь сравнивается с социальной сетью Facebook – он «призывал делиться информацией», на другом сообщается, что он «как Twitter – был краток». YouTube – «позволял загружать и отправлять», ВКонтакте – «пленил миллионы», «Яндекс» – «отправлял поисковые запросы» и Apple – «дорого обо-

шелся». Пользователи социальных медиа дали две крайние реакции на публикацию этих плакатов: часть из них назвали ее «свинством» и «дурновкусием», другие – «чудным дивным абсурдом».

Сталин из Интернета не имеет ничего общего с реальным историческим персонажем – он сделан в соответствии с современными потребительскими запросами: бренд хорошо покупается и хорошо продается. Молодое поколение к осмыслению исторического опыта не готова, советское прошлое для них или сюжет приключенческого романа (как варили помаду из свечки и т. д.), или игра (тюнинг автомобилей на 9 Мая с лозунгами «Спасибо деду за победу!»), или новая квазисоветская мода: ретро-фотосъемки в советской военной и школьной форме, обработка фотографий под черно-белую «советскую» старину и т. д. [8]. Одновременно в социальных медиа растворяется само историческое знание о вожде, к этому добавляются фейковые новости. Важно, чтобы процесс вовлечения пользователей Facebook, Twitter, ВКонтакте, ВКонтакте-Новости, ВКонтакте-Будущее, Youtube, Instagram и т. д. в созидание истории не стал лишь бизнес-моделью в сфере СМИ и дизайна. Изменяя публичный дискурс с помощью интернет-платформ, мы можем изменить социальную реальность, то есть само общество.

Таким образом, мы оцениваем посты, блоги и чаты о Сталине в интернете как идеологически ангажированные, содержащие бинарную логику поощрения/одобрения многоаспектного советского опыта. Сегодня важны исследовательские наблюдения за нормами включения и исключения исторических персонажей из социальных акторов, за логикой создания таких групп, как *жертвы, свидетели, выжившие*, а также изучение системы социальных процедур, в которых происходит приобщение человека к «сталинистам» или «антисталинистам» [9].

Сформулируем новые тренды в развитии гуманитарного знания в эпоху социальных медиа [1, 8]:

1. Сознание сотрудничества (*collaborative social consciousness*), когда диалоговые техники усиливают сотрудничество через обсуждение: («кафе мудрости» (*Wisdom Cafes*), технология открытого пространства (*Open Space Technology*), групповые диалоги (*Bohm Dialogue Groups*) и т. д.)

2. Резонантное социальное сознание (*resonant social consciousness*), где эмоции и комфорт собеседников являются ключевыми факторами, а содержание информации роли почти не играет

3. Изменение векторов получения информации *от вертикали к горизонтали*: авторитетные ученые вместе с рядовыми коммуникаторами создают социально-политический контент.

Выходы:

1. Социальные медиа влияют сильнее и управляют людьми мощнее, чем мировые религии и правительства: технологии дают установку на радикальные оценки (черное-белое, хорошо-плохо), опираются на выборочные доказательства (плакат, карикатура, частушка, а не глубокое изучение архивных фондов).

2. Восприятие советской эпохи противоречиво, но ее символы, включая образ Сталина, являются частью социальной идентичности россиян, исторического прошлого нашей Родины и поколенческой памяти [10].

3. «Сталин» в Интернете не имеет ничего общего с реальным историческим человеком – он сконструирован виртуальным пространством на основе популярных брендов «СССР», «советская страна», «победы социализма» [11].

4. Социальные медиа содержат два противоположных дискурса о роли И.В.Сталина в российской истории: апологизацию и разоблачение. Оба дискурса апеллируют к эмоциям аудитории, сгущают краски и используют экспрессивную лексику, вплоть до бранных выражений.

5. Молодежь поддается на провокацию социальных медиа, т.к. не имеет систематического и аналитического знания и целостного объективного понятия о сталинизме, его содержании, целях, инструментах и результатах.

6. В условиях доминирования социальных медиа повышается ***ответственность науки*** в выстраивании политического будущего России: ученыe должны оставаться властителями дум, идти впереди в области этики и выстраивания приоритетов, говорить о долгосрочных эффектах влияния интернета на формирование научной истины и общественно-политической модели нашей страны.

Список используемых источников

1. Белл, Д. (ред.): *Cybercultures: критические понятия в СМИ и культурных исследований*: Киберкультура, Cyberpolitics, Cybersociety, Т. 3. Routledge, Лондон (2008). 471 с.
2. Darin Barney (2003) *The Network Society*. Cambridge: Polity, 25sq; Hilbert, M. (2015). *Digital Technology and Social Change* [Open Online Course at the University of California] //canvas.instructure.com/courses/949415; Webster, F. (2006). Chapter 2: What is an information society? In *Theories of the Information Society*, 3rd ed. (pp. 15-31). New York: Routledge; Buckland, Michael (March 3, 2017). *Information in Society*. MIT Press.
3. Троцкий Л. Д. *Сталин*: в 2 т. Т. 1 / Вступ. ст. В. Козлова, А. Ненарокова. М. : ТЕПРА, 1996. 324 с. URL: <http://lib.ru/TROCKIJ/stalin3.txt>
4. Ronald Grigor Suny. *Power and Authority in the Soviet* // *Stalinism: The Essential Readings* / Editor(s): David L. Hoffmann. Wiley-Blackwell, 2003. 317 p. ; Илизаров, Б. Тайная жизнь Сталина. М.: Изд-во: Вече, 2012. URL: <https://www.libfox.ru/474897-boris-ilizarov-taynaya-zhizn-stalina.html>; Косолапов Р. А. Слово товарищу Сталину. Сер. «Загадки 1937 г.» М. : Эксмо, Алгоритм, 2009. URL: <http://www.rulit.me/author/kosolapov->

richard-ivanovich/slovo-tovarishchu-stalinu-download-free-382598.html; Медведев Р., Медведев Ж. К суду истории: о Сталине и сталинизме. М., 2011 URL: <https://proflib.net/chtenie/140854/roy-medvedev-k-sudu-istorii-o-staline-i-stalinizme.php>; Радзинский Э. Сталин. М. : Вагриус, 2007. URL: <http://lib.ru/PXESY/RADZINSKIJ/stalin.txt>

5. Конструируя советское. Политическое сознание, повседневные практики, новые идентичности: Материалы международной конференции студентов и аспирантов. Санкт-Петербург. Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2010–2016. V. 2010. 148 с.; VI. 2011. 192 с.; VII. 2012. 172 с.; VIII. 2014. 202 с.; IX. 2015. 230 с.; X. 2016. 198с. URL: <http://eupress.ru/books/index/view/series/15>

6. Парфенов Л. Г. Намедни. Наша эра. 1931–1940. М. : ACT, 2017. 224 с. URL: http://www.bgshop.ru/catalog/getfulldescription?id=10418717&_open-stat=bWFya2V0LnLhbRleC5ydTvQn9Cw0YDRhNC10L3QvtCyINCbLtCT-LiAi0J3QsNC80LXQtNC90LgiOy1taG1HS1pYQUEwNUN0MWRkQkILS0E7&frommarket=http%3A//market.yandex.ru/partner&ymclid=167734858741663842300006

7. Саймон Себаг Монтефиори (Simon Sebag Montefiore). Молодой Сталин. Начало кровавого пути. Пер. на рус. яз. Л. Оборин. М. : ACT, 2014. URL: http://www.e-reading.by/bookreader.php/1055737/Montefiore_-_Molodoy_Stalin.html#n_1

8. Социальные сети в России: цифры, тенденции и прогнозы / Бренд-аналитика: мониторинг и системный анализ бренда в социальных медиа и СМИ. 2015. URL: <http://br-analytics.ru/blog/socialnye-seti-v-rossii-vesna-2015-cifry-trendy-prognozy>

9. Мишанкина Н. А. «Советское» в рефлексии пользователей Интернет-сообществ // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2017. № 47. С. 39–56 // <https://elibrary.ru/item.asp?id=29729758>

10. Дейк ван Т. А. Дискурс и власть: презентация доминирования в языке и коммуникации. М., 2013. URL: <https://www.twirpx.com/file/2005141/>; После Сталина: позднесоветская субъективность (1953–1985) / Под ред. А. Пинского. СПб. : Изд-во Европейского Ун-та в СПб., 2018. 454 с. URL: <http://eupress.ru/books/index/item/id/285>; Степанова М. М. Памяти памяти. М. : Новое издательство, 2017. 420 с. URL: <https://www.labirint.ru/books/620988/>

11. Юрчак А. Это было навсегда, пока не кончилось. Последнее советское поколение. М. : Новое литературное обозрение, 2016; Прожито. Личные истории в электронном корпусе дневников. URL: <http://prozhito.org/>; Электронный корпус дневников XX века. ВКонтакте. URL: https://vk.com/club81096508?w=wall-81096508_1103

УДК 327.7

Приглашённый доклад

ПОНЯТИЕ «КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ» В ДОКУМЕНТАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Д. В. Кацы¹, Л. П. Шматкова²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

²Московский государственный институт международных отношений (Университет) МИД России

В статье анализируется подход Европейского союза к понятию «кибербезопасность». Отмечается устойчивость тенденции к более частому употреблению данного термина в официальных документах ЕС в течение ряда последних лет, рассматривается содержание составляющих данное понятие элементов (киберпреступность, сетевая, информационная безопасность и др.), их соотношение, а также эволюция правового регулирования в рамках Европейского Союза. Отдельное внимание уделяется освещению недавних законодательных инициатив в этой области, в частности – созданию Агентства по кибербезопасности ЕС. Делается вывод о том, что укрепление кибербезопасности, как её понимают в странах Евросоюза, становится более координируемым, управляемым процессом, заслуживающим внимательного изучения, как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе.

Европейский союз, кибербезопасность, сетевая безопасность, единый цифровой рынок.

На сегодняшний день термины и понятия с приставкой «кибер...» всё чаще встречаются в официальных документах многих государств. Одним из таких понятий является «кибербезопасность», фигурирующее в названиях национальных стратегий, принятых за последнее десятилетие значительным числом европейских стран с целью защиты и обеспечения их интересов в киберпространстве. Совместная деятельность стран Европейского союза (ЕС) в области кибербезопасности быстро и бурно развивается, признаваясь важнейшим элементом, необходимым для развития данного интеграционного образования [1].

Формально, основы для сотрудничества европейских стран в упомянутой области установлены в 2013 г. принятием Стратегии кибербезопасности Европейского союза (*Cybersecurity Strategy of the European Union: An Open, Safe and Secure Cyberspace*). Хотя в данном документе и не давалось толкования термину «кибербезопасность», он важен тем, что впервые сформулировал перечень применимых к данной сфере приоритетных элементов, отнеся к ним:

- устойчивость к угрозам кибербезопасности (сетевая и информационная безопасность);
- масштабное сокращение киберпреступлений;

- развитие механизмов кибербороны согласно Общей политике безопасности и обороны;
- совершенствование технологических и промышленных ресурсов для обеспечения кибербезопасности;
- учреждение согласованной международной политики ЕС в киберпространстве и продвижение ключевых ценностей ЕС (кибердипломатия) [2].

Существенно, что в странах ЕС понятие «кибербезопасность» является более широким по отношению к другому понятию – «сетевая и информационная безопасность» (*Network and Information Security*), трактующимся в узком смысле как безопасность сетей и информационных систем, и используемымся в документах Евросоюза уже довольно давно [3].

С 2013 по 2017 г. в рамках Стратегии кибербезопасности в Европейском союзе сделаны несколько важных шагов в указанных приоритетных направлениях.

Во-первых, Европейским парламентом и Советом ЕС приняты директивы, а Европейской комиссией – внесён ряд законопроектов, направленных на гармонизацию законодательства в сфере борьбы с киберпреступностью и кибератаками. Из упомянутых директив можно выделить две. Это Директива об атаках против информационных систем 2013/40/EU [4] и Директива о сетевой и информационной безопасности 2016/1148/EU [5]. Первая директива призвана гармонизировать на общеевропейском уровне правовую ответственность за киберпреступления, усиливая сотрудничество судебных органов и полиции стран ЕС. Вторая Директива 2016/1148/EU – это первый, принятый на наднациональном уровне, документ обязательного характера, детально регулирующий вопросы повышения общего уровня кибербезопасности и устанавливающий обязательства операторов критической инфраструктуры по предотвращению и реагированию на серьезные инциденты.

Из законопроектов стоит отметить сравнительно недавно инициированный проект Директивы по противодействию мошенничеству и подделке безналичных средств платежа [6], а также, законодательную инициативу Комиссии ЕС, касающуюся вопросов доступа к электронным доказательствам при проведении уголовных расследований [7].

Из уже принятых законодательных инициатив следует указать на проект Заключения Совета ЕС о совместных дипломатических ответных действиях Евросоюза в случае вредоносной кибердеятельности (*Joint EU Diplomatic Response to Malicious Cyber Activities*) [8]. Немаловажно понимать, что после вступления данных Директив в силу требуется довольно продолжительный (до 21 месяца) период имплементации положений директив ЕС в национальное законодательство его государств-членов. Соответственно, оценка успешности применения положений Директив на практике будет возможна лишь по истечению этого периода.

Во-вторых, помимо формирования законодательной базы, в странах Евросоюза уже фактически создана и продолжает динамично развиваться институциональная система сотрудничества в сфере кибербезопасности, в том числе с привлечением негосударственных участников. Для этого за последние годы расширялись полномочия существовавших ранее наднациональных агентств и учреждались новые.

Так, например, с января в 2013 г. начал работу Европейский центр по борьбе с киберпреступностью (*European Cybercrime Centre*) [9]. В мае того же года Европейским парламентом и Советом ЕС принял новый Регламент 526/2013 о Европейском агентстве по сетевой и информационной безопасности (*European Union Agency for Network and Information Security*), согласно которому мандат Агентства продлялся и расширялся [10]. Позже, в 2017 г., Европейская комиссия предложила учредить на имеющейся основе новый орган - Агентство по кибербезопасности ЕС, с одновременным созданием общеевропейской сети сертификации продуктов и услуг информационно-коммуникационных технологий [11].

Параллельно, Европейская комиссия разработала ряд проектов, нацеленных на сотрудничество с негосударственными заинтересованными лицами (*shareholders*) и экспертным сообществом. В частности, в 2016 г. решением Еврокомиссии учреждена программа государственно-правового партнерства в области кибербезопасности [12] и планировалось создание Сети эксперто-консультационных центров по кибербезопасности (*Network of Cybersecurity Competence Centres*). Как предполагалось, координировать работу этих центров будет Европейский эксперто-консультационный и исследовательский центр по кибербезопасности (*European Cybersecurity Research and Competence Centre*). Кроме того, к сентябрю 2017 г. Еврокомиссия подготовила проект Рекомендаций по скоординированному реагированию на крупномасштабные киберинциденты [13].

Как уже отмечалось, понятие «кибербезопасность» все чаще используется в документах ЕС, особенно в наименованиях инициатив и названиях учреждаемых органов и агентств. Необходимость такого повышенного внимания объясняется важностью обеспечения кибербезопасности для построения Единого цифрового рынка ЕС и необходимостью сохранять на этом рынке доверие массового потребителя. В соответствии с этими целями осенью 2017 г. в Евросоюзе внимательно оценивали итоги промежуточного анализа реализации Стратегии кибербезопасности 2013 г. и, как указано в документах, пришли к выводу, что её необходимо пересматривать [14].

Представление о том, что именно и в каких направлениях подверглось пересмотру можно получить из Сообщения Совета ЕС и Европарламента 2017 г. «Устойчивость, сдерживание и защита: создание сильной кибербезопасности для ЕС» (*Resilience, Deterrence and Defence: Building strong cyber*-

security for the EU). Данный документ полностью сфокусирован на различных аспектах кибербезопасности, подробнее перечисляя существующие угрозы, чем действующая Стратегия 2013 г.

Характерно, что в Сообщении 2017 г. расширено содержание таких элементов кибербезопасности, как кибероборона и кибердипломатия. В частности, в тексте отмечено, что дезинформационные кампании, фальшивые новости (*fake news*) и кибероперации, ориентированные на критическую инфраструктуру, становятся все более распространенными и требуют ответа [15]. Тревожно оценивает данный документ и тенденцию роста киберпреступности. Её влияние, согласно оценкам Еврокомиссии, удвоилось в период с 2013 по 2017 г. и к 2019 г. способно вырасти вчетверо. В связи с этим, в Сообщении подчёркивается необходимость повышать техническую грамотность и осведомленность пользователей (*cyber hygiene and awareness*), и признаётся важность вопроса о распределении ответственности за данные аспекты между правительствами стран-членов ЕС и их бизнес структурами.

В целом, совместная деятельность стран Евросоюза в области кибербезопасности на сегодняшний день определяется, в первую очередь, тенденцией усложнения угроз и стремительного роста их числа. Как следствие, страны ЕС стремятся достичь консенсуса в отношении того, что именно входит в понятие кибербезопасность, постепенно расширяя перечень его отдельных элементов. Существенным моментом, в данном случае, стало принятие нескольких директив, установивших минимальные общие требования к регулированию области кибербезопасности. Наличие и характер недавних инициатив указывают на то, что новые директивы будут приниматься и далее. Весьма вероятно, что Европейский союз продолжит учреждать специализированные агентства для координации совместных проектов. Одним из следствий данного тренда станет спрос на деятельность специалистов соответствующей квалификации. Кроме того, необходимость согласовывать совместные действия государств-членов ЕС несомненно потребует широкого экспертного обсуждения соответствующей проблематики с привлечением заинтересованных лиц из негосударственного сектора.

Не менее существенным остаётся следующее. Евросоюз продолжает брать на себя полномочия в сферах, традиционно относящихся к национальному регулированию, таких как безопасность, борьба с преступностью и т. п. Данное вмешательство в государствах-членах ЕС далеко не всегда приветствуется, но дальнейшее развитие Единого рынка объективно связано с необходимостью установления уместного минимума требований в области кибербезопасности. Во многом поэтому, в документах Евросоюза настоятельно подчеркивается, что его деятельность субсидиарна и нацелена исключительно на помочь государствам-членам ЕС в укреплении их устойчивости к угрозам кибербезопасности, которые часто имеют трансграничный характер.

Разумеется, процесс согласования национальных и наднациональных интересов может периодически осложняться, ведь развитие европейской интеграции не исключает противоречий. В любом случае, как именно и насколько эффективно будут работать принятые в ЕС директивы, станет понятнее со временем, когда появится больше судебных дел, особенно против тех государств, которые эти Директивы не исполняют, и Суд ЕС даст толкование норм, которые сегодня уже осмысливаются на практике.

Список используемых источников

1. Joint Communication to the European Parliament and the Council. Resilience, Deterrence and Defense: Building Strong Cybersecurity for the EU. Brussels, 13.9.2017. JOIN (2017) 450 final.
2. Joint Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Cybersecurity Strategy of the European Union: An Open, Safe and Secure Cyberspace. JOIN/2013/01 final.
3. Communication on Network and Information Security: Proposal for A European Policy Approach. COM/2001/0298 final.
4. Directive 2013/40/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 on attacks against information systems and replacing Council Framework Decision 2005/222/JHA // OJ L 218, 14.8.2013, p. 8–14.
5. Directive (EU) 2016/1148 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2016 concerning measures for a high common level of security of network and information systems across the Union // OJ L 194, 19.7.2016, p. 1–30.
6. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on combating fraud and counterfeiting of non-cash means of payment and replacing Council Framework Decision 2001/413/JHA // COM/2017/0489 final – 2017/0226 (COD).
7. Legislative proposal on access to electronic evidence in criminal investigations // Ares (2017) 3896097. 2017-08-03.
8. Draft Council Conclusions on a Framework for a Joint EU Diplomatic Response to Malicious Cyber Activities («Cyber Diplomacy Toolbox»). URL: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9916-2017-INIT/en/pdf> (дата обращения 01.03.2018).
9. The EU Internal Security Strategy in Action: Five steps towards a more secure Europe. URL: <https://www.europol.europa.eu/about-europol/european-cybercrime-centre-ec3#fndtn-tabs-0-bottom-1> (дата обращения 01.03.2018).
10. Regulation (EU) No 526/2013 of the European Parliament and of the Council of 21 May 2013, repealing Regulation (EC) No 460/2004 //OJ L 165, 18.6.2013, p. 41–58.
11. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on ENISA, the "EU Cybersecurity Agency", and repealing Regulation (EU) 526/2013, and on Information and Communication Technology cybersecurity certification ("Cybersecurity Act") COM/2017/0477 final – 2017/0225 (COD).
12. Commission Decision on the signing of a contractual arrangement on a public-private partnership for cybersecurity industrial research and innovation between the European Union, represented by the Commission, and the stakeholder organization // C(2016)4400/F1.
13. State of the Union 2017: The Commission scales up its response to cyber-attacks // MEMO/17/3194. Brussels, 19 September 2017.

14. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Mid-Term Review on the implementation of the Digital Single Market Strategy A Connected Digital Single Market for All // COM/2017/0228 final.

15. Joint Communication to the European Parliament and the Council Resilience, Deterrence and Defense: Building strong cybersecurity for the EU // JOIN/2017/0450 final.

UDC 497.2

THE BULGARIAN LEGAL SYSTEM IN THE FIELD OF INTERNET SITES

N. M. Stoyanova

University of Agribusiness and Rural Development / Plovdiv, Bulgaria

This topic addresses the issue of copyright related to a number of online businesses related to copying (retrieving or stealing) website content - its texts, graphics, designs, photos and commercial concepts. The trend on a global and national scale indicates that within a few years, any commodity, including author's works – books, musical works, architectural projects, computer programs, etc. will be offered on-line. This fact requires the increased attention paid to the appropriate copyright protection of the content of the websites and the formulation of the general terms and conditions for their use, in order to avoid unfair practices in this respect carried out by third parties. This Statement will address the main guidelines that should be marked as a means of protecting and preventing precisely the illegal "copying, copying or theft" that takes place in terms of content or functionality of Internet sites.

copyright, protection, Internet sites, Bulgarian legal system.

I. INTRODUCTION

By developing the Internet and the opportunities it offers, it is increasingly difficult for an author to protect himself from borrowing, copying or stealing a piece of work. Internet sites are a modern means by which the business, and not only, develops and manages to offer its customers a quick and easy way to take advantage of a service or to buy a commodity from anywhere in the globe. But the bigger the competition, the harder you can keep in the labor market, so you have to have distinctive features. It is the website that is a distinctive feature that helps develop a business, but it is often the subject of theft. Theft can be broadly represented: its graphics, texts, pictures, designs and commercial concepts. These facts also require the development of the right in this respect, the protection of the content of the Internet sites and the formulation of the ever clearer terms and conditions for their use, in order to avoid unfair practices in this respect

carried out by third parties. Here are some basic guidelines that are ways to protect against theft (copying, duplication) that are performed in terms of the functionality or content of Internet sites. The main issue on the agenda is how to obtain sufficient documentation that gives us the right to claim the uniqueness of our own site?

II. EXHIBITION

1. Copyright on site and depending on the award of production

One of the most important questions is how to obtain sufficient documentation that gives us the right to claim copyright in our own site? The Copyright and Related Rights Act itself shares the legislative view that a work of art originates from the moment of its creation (Art. 2 of the CPSA) but the case law clearly shares the view that this moment should be individualized through the respective written evidence. That is, it is important to be able to predict the option of proving in court, of course, if necessary, the ownership of the site, and who is the author of the works and the content that is part of it. In my opinion, it is precisely because of this that, when assigning the site to the site, the respective contractual relations between the commissioner and the contractors – programmers, web designers, etc., should be established, on the basis of which the copyright laws for the creation of the site – is who the author or, respectively, to whom rights of use for a work, etc? Here, naturally, there are several different hypotheses. There is a difference as to whether a site is created within an employment relationship or on demand. Unless otherwise agreed, copyright on websites (which are programmed) and databases created within an employment relationship is owned by the employer (Article 14 of the CPSA). The copyright on a computer program (understood as an internet site in the specific case) or a database created for the employer under Art. 14 of the JPA, continues 70 years after the publication of the work (Article 28a of the Law on Protection of Competition), that is, after publishing the website on the Internet. This date can easily be established through the appropriate hosting company. The same example, concerning job contract programmers, also applies to web designers who work in an internet site development company.

Another possibility concerns the ordering of an internet site under the hypothesis of Art. 42 of the Law on Protection of Competition. This hypothesis is related to the commissioning of an individual website by a person or company to a dedicated team of developers or web designers to create a custom site. In this case, the copyright on pre-compiled databases and the like belongs to the person who has selected or arranged the incorporated works and / or materials on a future site. This contractor may assign an internet site to a company or a team of programmers and web designers to agree that the copyright belongs to the author under Art.11 of the CAMP and the programmers are only the contractors

of the contract (argument a counter of Article 42 of the CPSA). For this purpose, in addition to signing a contract, it is required in practice to create two transmission protocols - one for the transmission of the original author's materials, which are related to the content itself, the functionality of the site, etc. The second pass-through protocol serves as the transmission of the final site, in which it is also noted accordingly that the author of the work is the ordering person. In the three hypotheses thus considered, the employer (Art.14 of the CPSA) and respectively the ordering person in the two hypotheses of Article 42 of the CPSA will be able to easily justify their claims against third-party unscrupulous individuals who have copied or retrieved content from an Internet site. Any other behavior that is not related to the availability of the necessary written evidence pointing to the authorship or leading to the authoring process of the programming and content of the site would make it impossible or at risk to assert the copyright in respect of it by means of the law ways.

2. Website as a work of art

If we look at a web site as a work of art in the hypothesis of Art. 3, para 1, item 1 of the Law on the Protection of Human Rights and Art. 3, Para. 2, Item 3 of the Law on Protection of the Rights of the Child, it is necessary to say a few things. Quite another is the situation with the web sites that are programmed and created for specific scientific (university site), commercial (bank or company site) or artistic purposes (gallery site), with specific site functionality. It is this code that is interesting for copying and borrowing in the creation of "new or similar" third-party websites, so the author's authoritative work on programming on an active website is protected by copyright law. Despite this, it is correct to say that for both types of "ready platform" sites and those that are subject to real programming when they are created, other types of atrocities or thefts that are targeted to their content can be made.

The very content of the site is usually a complex and targeted compilation of a database in the hypothesis of Art. 3, para. 2, item 3 of the Law on the Protection of Competition, which includes different objects of copyright. Frequently asked question is whether text content on a single website is subject to copyright protection, and there may be several variations in the answer. If the content of the site includes the presentation of technical and industrial goods or services, such as the presentation of new or innovative technical methods and technologies, which in itself constitutes specialized technical literature, it is definitely an author's content of Art. 3, para 1, item 1 of the Law on the Protection of Competition. The same can be said for websites that present literary texts or works of scientific literature, as well as those websites or blogs that have publicity. Of particular interest are, for example, the websites of newspapers or other types of publications and electronic media which are often the subject of intellectual

theft. These sites, usually compiled in themselves, contain publicistic works that are protected under the hypothesis of Art. 3, para 1, item 1 of the Law on the Protection of Competition (eg articles of authors) and the graphic layout of the respective printed edition (Art. 1, item 9 of the Law on the Protection of Competition), as a whole, they are an electronic periodical edition, made up of other works or materials (eg photographs) – Art. 3, para. 2, 3 RPSP. Especially with regard to the published news on such sites, but which are authors' articles but simply reflect actual events, facts, information and data in summary, it should be said that they are not subject to copyright protection (Article 4, point 4 JRC). Not all textual content on an Internet site may be a work within the meaning of Article 3 (1) (1) of the Law on Protection of Competition.

Therefore, as already noted, the creation of text or the electronic formatting of compiled text or assembly databases in the case of Art.11 of the CACS, which will be part of the content, is recommended to be assigned to an external person with a contract under Article 42 of the CPSA. First, the creation of the text content of the site will be assigned to a specialist who understands by keyword optimization, which is important for the site's future rating and will result in its better functionality. They should be subject to separate copyright agreements or simply to sign a grant agreement for the grant of royalty-free access to the use of rights relating to copyright works that will be on one or other part of a website. Respecting these simple rules obviously leads not only to the protection of the site owner but also to the authors themselves (in particular, if they are different from the owner), and this "documentary recipe" is the basis for the successful assertion of rights in the Internet [1, 2].

3. The European legal system in the field of internet sites as copyright works

Unlike the European legal system (and the Bulgarian as a part of it), which presumably assumes that the software product (site) arises from the date of its creation, Anglo-Saxon law provides for the option of registration for such a work of copyright. The US Copyright Office offers the registration of databases, computer programs and Internet sites as copyrighted works covering all 165 member states of the Berne Convention. The procedure is simplified and is related to the possibility of electronic uploading of screenshots from the site design as well as other registrable images (photographs, drawings, sketches, paintings), description of written documents pointing business models, as well as depositing between 25 and 50 pages of source code to show the actual technical functionality of specific buttons on the site or other processes that occur in it at a "low level" (the computer languages on which the site is programmed and the user does not see it Yes). The procedure takes about a year, and the copyright owner (upon payment of a fee) receives an official registration certificate, and the work itself is fed into the US Congress Library, which effectively administers and shelters

the American Auth – orities Office. This method of registering sites, databases and computer programs is a particularly effective legal mechanism for several reasons. First, the listed objects of copyright are not subject to patents, and the option in question solves a practical problem with regard to their real legal protection. Second, on the basis of the described procedure, the author receives a legal document which has legal force in a vast territory that practically covers the most industrialized countries in the world. Thirdly, the procedure is modern, offering the possibility of remote depositing of copyright materials and their protection by using a modern electronic tool of the respective department. In this context, no explicit representation by a local copyright or patent attorney in the United States is required here. Fourthly, compared to patents or trademarks, for example, declared internationally, this protection is considerably cheaper [3, 4].

4. The Bulgarian legal system in the field of copyright protection websites

The "Copyright and Related Rights Act" (Art. 2 of the Law on Copyright and Related Rights) states that the copyright on works of literature, art and science arises for the author with the creation of the work. This moment of creation, however, must be dokazan – by documentary evidence accepted as such under the law. That advance must predict how would I prove ownership of the site and who is the author of works and contents that are part of it. It is therefore logical when ordering a website with relevant specialists in this field should occur contractual relationship between ordering and contractors, which clearly indicate who the author is and who qualify for use on a work. We need to distinguish between sites created within the employment relationship, or on demand. At the time points ness, most people do not take extreme actions in violation of their copyrights [5].

On suspicion of theft can easily open www.google.bg and using words or sentences that are distinctive for your site easy to find the site in question violated your copyright. To check the theft of pictures and graphic material use <http://images.google.com>. If checks reveal that indeed violated your copyright, then save the page where you found your content. Also accepted the so-called "screen shot" of the page. According to the Civil Procedure Code (CPC) electronic document is also documentary evidence. The question comes to the fore how to prove the theft and the written work of literature, art, or called. objects of artistic property are our works. To be able to raise an action for infringement of copyright regarding the website, it must prove two things:

1. The material is your copyright.
2. And he was borrowed illegally.

Before you reach court settlement of the case there are several options offered by the law. One of them is to contact the company for hosting services, serving the offending site, informing them of a violation of copyright. Apply described documentation and insist on a thorough check. In such case, if the site

owner intruder did not take appropriate measures that the hosting company is imposed, then in most cases the site is taken down from the web server hosting company. Once you've exhausted all the options, you do nothing but take the following steps:

- Referral to the prosecution of a crime in the hypothesized Article 172a of the Criminal Code.
- Or bring a civil action under Article 94 and following of the Copyright Law for infringement of copyright and compensation for the damage caused by this damage.

III. CONCLUSIONS

Unauthorized copying and emulation of copyright works is punishable by law. With the development of the Internet is developing right in this regard to be beneficial in order to quickly resolve such cases. There are laws as to resolve the case outside the courtroom by forewords, conditionality and voluntary removal of borrowed information. So those who punish unscrupulous offenders for their action or inaction. Ignorance of the law does not justify the offenders, it is assumed that in making copyright work they are aware of the offense committed by them and the consequences that can tolerate. To protect your site from copyright violations must do the following steps: indicating the existence of copyright.

- Symbol year – at the bottom of each page © symbols, and the year of first publication of the site and this (eg 2009–2015.).
- Owner – it should be mentioned and the copyright owner (physical and / or legal entity). After the name is placed and the words "*All rights reserved*".
- "JavaScript" – by this script is coded the site in an attempt to copy the contents of your site every random visitor will see the message that the acquisition of your content is not allowed.
- "Transparent stamps" – it noted that the content is protected by copyright.

References

1. Atanas Kostov, 2015 "Posts tagged web page". Office IUSAUTHOR, July 11, 2015 <https://iusauthor.wordpress.com>
2. Civil Code". Section IV Written evidence (Art. 184).
3. "Law on Copyright and Related Rights" – Chapter One (Article 2); Chapter Three (Art. 14); Chapter Six (Article 28); Chapter Seven (Article 42).
4. Stoyanova, N. Influence of the Social Policy European Union Planning Staff in the Less Country Members // Technical University Belovo Kemerovo region, Russia / International Scientific and Technical Conference on innovative teaching methods in science and practice, March 17 to 27, 2014.
5. Stoyanova, N. 2014 / Research on the Staff in the Marketing Mix of E-Services' Field / Mezhdunarodnaya Nauchnaya Conference "Электронное Правительство в регионе:

"Problemy and Perspektivi" // Kuzbasskiy Gosudarstvennyy; Technical University Im. T. F. Gorbacheva // In D. Beljovo 18–19.12.2014.

УДК 659.4

DIGITAL-ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ PR В ИНТЕРНЕТЕ

Л. Т. Андриянова-Качеишвили, 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 большее компаний не просто присутствуют сегодня в онлайн-пространстве, но и активно продвигают или конструируют свой имидж в сети, получают и налаживают обратную связь со своими потребителями, а также анализируют деятельность конкурентов. В связи с этим появилось новое понятие, которое входит сегодня в повседневную практику PR-специалиста – digital. Исследованию инструментов новых digital коммуникаций в интернете и посвящена данная статья.

интернет, digital-инструменты, PR.

Из-за технологического прогресса, появления на рынке широкого ряда цифровых носителей и разнообразных гаджетов, каналов для коммуникации и передачи информации становится больше. Задачей PR-специалиста является поиск методов использования новых каналов. Сегодня всё больше компаний, которые не просто присутствуют в онлайне, но и активно продвигают или строят свой имидж в сети, получают и налаживают обратную связь со своими потребителями, а также анализируют деятельность конкурентов. В связи с этим появилось новое понятие, которое широко используют как специалисты по PR, так и маркетологи – digital. Digital в переводе с английского – цифровой или интерактивный.

Какие же медиа каналы получения информации мы можем с уверенностью назвать digital?

Важную роль в интернет-продвижении занимает интернет-реклама. Важно рассмотреть виды интернет-рекламы в целом и определить, какой из них является более эффективным на рынке спецпроектов.

Выделяются следующие основные характеристики Интернета для целей продвижения рекламы:

1. Высокая социальная активность интернет-пользователей.

2. Доход аудитории – выше среднего и высокий.
3. Прозрачность результата (основная цель – переход пользователей на сайт рекламодателя).
4. Сравнительно низкая цена однократного контакта с потребителем [1].

Одним из главных преимуществ Интернет-рекламы является возможность следить за рекламным контентом. Реклама в интернете более разнообразна, чем офлайн-реклама. Ее можно встретить практически на всех сайтах, в разных форматах, различного дизайна и величины.

Рассмотрим основные виды интернет-рекламы.

Первый видом интернет-рекламы выступает медийная реклама. Она представляет собой графические баннеры со статичными или динамичными изображениями, которые обычно размещаются на сайтах с максимальным (для данного бюджета и задач) охватом. Такой вид рекламы один из самых распространенных в Интернете. Основные функции медийной рекламы: имиджевая и товарная. Медийная реклама включает в себя не только баннеры, но и текстовые ссылки. Однако для успешности медийной рекламы не обязательно переходить на сайт компании, которая разместила рекламу. Для некоторых видов рекламных кампаний (например, для туристических агентств) успехом будет являться звонок потребителя по телефону, указанному на баннере или обращение по e-mail [2]. Выделяются следующие основные digital-инструменты медийной рекламы в интернете: баннеры; rich-Media баннеры; pop-under баннеры; баннеры-трансформеры.

1. Баннеры играют большую роль в интернет-рекламе. Они носят эмоциональный и визуальный характер. Баннер размещается на странице и имеет гиперссылку для перехода на сайт компании, для которой он предназначен. На данный момент на размещение баннеров приходится до трети рекламных интернет-бюджетов в мире и около половины в России. Такие характеристики как цвет, размещение на сайте, форма, текст имеют большое значение в эффективности баннера.

2. Rich-media баннеры – реклама, которая взаимодействует с пользователями и является одновременно носителем и технологией. К носителю относится целый класс новых вариантов размещения рекламы: всплывающие изображения, баннеры, которые перемещаются по экрану и «следят» за действиями курсора и т. п. Такие виды баннеров считаются раздражителями, так как чаще всего они всплывают в самый неожиданный момент.

3. Pop-under-баннеры – это такие баннеры, которые открываются в отдельном окне браузера, расположенным под активным окном или закладкой. Пользователь сразу не замечает, что в отдельном окне у него открыт сайт, на который он бы перешел, кликнув на баннер.

4. Баннеры-трансформеры изменяют свой вид во время загрузки страницы. То есть сначала пользователь может увидеть его размером в полный

экран, а через пару секунд это уже будет узкая полоска внизу страницы. Такой баннер обычно появляется один раз, чтобы не вызывать раздражение у посетителей сайта. Несмотря на широкое распространение данного digital-инструмента рекламы в Интернете, он становится все более раздражительным для пользователей, еще раз подчеркивая важность таргетирования рекламы на потребности клиентов, необходимость применения параллельно различных методов PR-коммуникации.

Второй вид интернет-рекламы – контекстная реклама. Это вид интернет-рекламы, которая размещается по контексту (содержанию) интернет-страницы. То есть это такой вид рекламы, который соответствует интересам потребителей либо их поисковым запросам. Выделим ряд основных преимуществ контекстной рекламы:

- размещение. Данный вид рекламы размещается, основываясь на интересах пользователей;
- неназойливость. Контекстную рекламу пользователь воспринимает, как дополнительную информацию о продукте;
- точный таргетинг.

Наиболее популярными системами для размещения контекстной рекламы считаются поисковые сети. Корпорация Google еще в 2003 г. одной из первых разработала систему для рекламных блоков AdSense (которая включает в себя инструмент для работы с контекстной рекламой AdWords). Следом на рынок вышла компания Yahoo. Со временем Yandex открывает систему Yandex.direct для работы с контекстной рекламой в Рунете [3].

Контекстная реклама нацелена на людей, которые уже готовы приобрести продукт. Если цель классической рекламы – привлечение внимания потенциального покупателя, то контекстной – предоставить ту информацию о продукте, которую пользователь мог еще не получить (о приобретении продукта, основных его преимуществах и т. п.). Контекстную рекламу часто связывают с поведенческой, то есть рекламные объявления зависят от запросов пользователей, которые они ранее вводили в поисковых системах. Немаловажную роль в контекстной рекламе играют социальные сети. Так, по профилю пользователя может автоматически определяться рекламное сообщение, которое будет показано на его странице в социальной сети.

Рынок контекстной рекламы в России будет увеличиваться за счет региональных рекламодателей. Это связано с проникновением интернета в регионы и со снижением стоимости доступа в сеть.

Следующий вид интернет-рекламы – product placement. Это технология размещения торговой марки, товара или услуги в индустрии развлечений (ТВ, радио, кинофильмы, компьютерные игры и т. п.) с целью получения маркетинговой и социальной выгоды. Этот digital-инструмент до сих пор вызывает немало споров среди исследователей в связи со своей сложной

синергетической структурой. Он во многих случаях основан как на элементах рекламы, так и на базе элементов PR. Именно синтез двух явлений во многом и стал причиной популярности данной технологии.

Продвижение товаров или услуг посредством технологии product placement включает в себя ряд психологических приемов: подражание герою, качество восприятия товаров и услуг через вкусы героя, стереотипное мышление и идентификация с героем, образ жизни, картина мира и т. п. Однако, такой вид рекламы не должен становиться чрезмерно навязчивым, потому его применение тщательно регулируется законом.

В digital индустрии существует такое понятие, как advertgaming – создание игр, экшна под заказ, как один из инструментов PR-кампании продукта. Так, например, компания Alawar выпустила игру «Доктрис Касперский», в которой игрок становится экспертом по компьютерным вирусам. Таким образом, игра стала частью PR-кампании антивируса Касперского. Важно понимать, что advertgaming может выступать частью спецпроекта, но самим спецпроектом advertgaming считать нельзя.

Наконец, большую популярность в последнее время начала набирать новая технология продвижения в интернете, а именно, в социальных сетях, которая называется офферы. В процессе коммуникации или какого-либо другого активного действия пользователю предлагается приобрести тот или иной продукт (дополнительные баллы, товар, подписку и т. п.), ответить на анкету от рекламодателя либо принять участие в какой-либо акции. Таким образом, продавцу предоставляется возможность не только продемонстрировать продукт, но и подтолкнуть пользователя к его приобретению.

Проанализировав вышеперечисленные digital-инструменты рекламы в Интернете, получившие в последнее время мощный импульс к развитию, можно сделать вывод о том, что их комплексное применение в рамках выработанной стратегии интернет-продвижения будет способствовать повышению эффективности рекламной и маркетинговой коммуникации в виртуальном пространстве.

Список используемых источников

1. Алиева В., Вирин Ф. Контекстная реклама. Настольная книга рекламиста. СПб. : Издательский дом «Прайм», 2016. 224 с.
2. Басов А. Контекстная реклама в Интернете. Настольная книга рекламиста. СПб. : Питер, 2015. 135 с.
3. Яковлев А., Чупрун А. Контекстная реклама. Основы, секреты, трюки. СПб. : БХВ-Петербург, 2015. 256 с.

УДК 159.9

СВЯЗЬ КОГНИТИВНО-РОЛЕВОЙ МОДЕЛИ РУКОВОДСТВА И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ В СИСТЕМЕ КОММУНИКАЦИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ИТ-КОМПАНИЯХ

Е. В. Белова

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

В статье обсуждается с нового для психологии управления ракурса проблема психологических барьеров в системе коммуникаций в современных ИТ-компаниях. Психологические барьеры представлены как особые системные образования в коммуникативной среде организации. Рассматриваются особенности функционирования данных барьеров как результатов взаимодействия мыследеятельности руководителей организации и ее коммуникативной среды. Оцениваются перспективы исследования связи когнитивно-ролевой модели руководства и психологических барьеров в системе коммуникаций в современных ИТ-компаниях.

когнитивно-ролевая модель руководства, системное мышление лидеров, психологические барьеры, система коммуникаций, ИТ-организации.

Современные теории высокоэффективных самообучающихся организаций определяют руководителя как лидера, наделенного таким системообразующим когнитивным фактором личности как системное мышление. Представляя лидерство как особый вид творчества (социальное творчество), следует отметить, что ни одно из предложенных зарубежными исследователями понятий (креативность, дивергентное мышление, латеральное мышление, флюидный интеллект и др.) не раскрывает в полной мере все грани мыследеятельности лидеров высокоэффективных самообучающихся организаций [1]. Практики управления [2] также используют терминологию, не отражающую с научной точки зрения специфику мышления руководителей. Так, Э. Шмидт и Д. Розенберг (топ-менеджеры компании *Google*) под «стратегией» руководителя ИТ-компании понимают различные навыки, компетенции и качества личности: гибкость, способность к адаптации, ориентацию на технические инсайты, проспективное мышление (способность предугадывать потребности потребителей, о которых пока даже они сами не догадываются), применение «комбинаторных инноваций», открытость для развития, мышление «масштабами платформ, а не продуктов», специализацию по Дж. Коллинзу (мышление «ежа» по И. Берлину).

Идею о конструктивности ресурса системного мышления в бизнесе поддерживают Д. Шервуд, Д. Гараедаги, применяя данный ресурс к сфере управления организациями. Однако существуют единичные исследования на тему системного мышления, выполненные практиками бизнеса, менеджмента или областей далеких от психологии (например, экологии) [3]. При этом, в исследованиях лидерства, особенно в области ИТ-компаний, значимость системного мышления декларируется, сам термин используется как ключевой для определения лидеров, но психологическая сущность данного феномена не раскрывается. Более того, само употребление термина «системное мышление» является спорным с точки зрения концепций отечественной психологии.

Мышление – это психический познавательный процесс опосредованного отражения и преобразования информации об объектах и отношениях между ними, раскрывающий их сущность. Функции мышления по В. В. Никандрову [4]: познание недоступного непосредственному восприятию, систематизация знаний и опыта, обеспечение целостности психической жизни человека во времени, участие в регуляции поведения и деятельности, обеспечение связи между индивидуальным и общественным опытом и знаниями. Мышление направлено на решение надситуативных задач, т. е. системно по своей природе, в отличие от памяти, которая направлена на прошлое, ощущений и восприятия, которые направлены на настоящее, и воображения, которое направлено на будущее. С точки зрения результативной стороны мышления наиболее полно в философии и логике изучены формы мысли: понятия, суждения, обоснования и умозаключения. В. В. Никандров проводит анализ мыслительных форм с точки зрения психологической сущности познавательных процессов.

Так, первичные образы ощущения и восприятия дают конкретную информацию, отражая единичные объект и отношения между ними. Представления о недоступных восприятию совокупностях предметов и явлений, их общих свойствах и характеристиках закрепляются в понятиях, в словесной форме. В. В. Никандров отмечает, что зрелая мысль включает наглядные представления, чтобы детали образа, утраченные в понятии, натолкнули ее на решение задачи или помогли последовательно отследить ход мысли. Можно выделить следующие мыслительные операции: анализ или синтез (по направленности процесса), сравнение по сходству или различию, группировка как объединение (интегрирование, основная типологизация) или группировка как разъединение (дифференцирование, классификация), отвлечение от реального как абстрагирование или как конкретизация, выделение существенного как обобщение или как разобщение.

Следовательно, с точки зрения отечественной психологии, мыслительные операции есть основа системного мышления, отражающая процессуальные психологические закономерности данного явления во внутреннем

плане мыследеятельности субъекта. Отметим, что Д. О. Коннор и И. Макдермотт определяют системное мышление как подход, который позволяет увидеть и понять смысл и закономерность в наблюдаемых последовательностях, паттернах событий, так что мы можем подготовиться к будущему и в определенной степени повлиять на него, видеть события в самых разных ракурсах. Данный тип мышления соответствует самой сущности сложных систем, без гибкости мышления результативность данного мышления падает.

Д. Медоуз и Л. Бут Свини отмечают, что системный мыслитель: видит картину, отдельные ее элементы в целом; рассматривает сложные системы с разных точек зрения, чтобы увидеть рычаги воздействия на них; ищет взаимные зависимости элементов; основывается на независимых мнениях и размышляет над тем, как стереотипы мышления влияют на наше будущее; обязательно уделяет внимание долговременным перспективам (т. е. соотносит оперативные, тактические и стратегические задачи и цели); имеет широкий кругозор (и широкий взгляд на вещи), в состоянии выявить сложные причинно-следственные связи; умеет предугадывать, где могут появиться нежелательные последствия («черные лебеди» по Н. Н. Талебу); выясняет структуру системы, а не ищет виноватых («ориентация на дело»); способен примириться с существованием парадоксов, противоречий и разногласий, не пытаясь немедленно разрешить их любой ценой («толерантность к неопределенности»); умеет показывать форму системы, строя структурные схемы и создавая компьютерные модели (т. е. визуализируя результат в виде инфографики и алгоритмов); ищет в системе элементы, выполняющие роль запасов (уровней), учитывая вносимые ими запаздывания, инертность системы; ориентирует команду с мышлением в терминах «выигрыш-проигрыш» на мышление в терминах «выигрыш-выигрыш». Интересно, что Д. Медоуз также отмечает связь между практикой управления системами и образом мышления, а также возможными системными ловушками, возникающими, в том числе, по причине создания неправильных ментальных моделей отображения реальности.

Даже краткий обзор зарубежных исследований на тему системного мышления руководителей позволяет заключить, что с точки зрения методологии, принятой в отечественной психологии, корректнее рассматривать когнитивно-ролевую модель руководства, которая включает как внутренний (мыслительный), так и внешний (поведенческий) планы деятельности руководителя. Более того, именно переход внутреннего плана деятельности во внешний, в том числе конгруэнтность данной деятельности организационной коммуникативной культуре определяет успешность организации. Даже самая перспективная когнитивная картина мира организации, не найдя эффективного воплощения в языковом формате (миссии, слоганах, «хартии» компании, коммуникативной культуре) теряет свою значимость, т. к.

перестает выполнять ведущую функцию: сплачивать разрозненных специалистов в обладающих единым видением (и языком общения) команду профессионалов. Отметим, что гипертрофированно данная «языковая сплоченность» выражается у молодых специалистов в злоупотреблении профессиональным сленгом, подчеркивающим их принадлежность к группе.

Б. Фитцпатрик и Б. Коллинз-Сассмэн рассматривают «технических лидеров» (технических руководителей, инженеров, оказавшихся в роли лидера) с точки зрения барьеров к лидерству, аналогично Э. Шмидту и Д. Розенбергу отмечая коммуникативные барьеры в организации как первые симптомы нарушения когнитивно-ролевой модели руководства, а коммуникативную культуру – как отправную точку развития любой организации. Обедненная, механистическая лингвистическая среда Интернета, может способствовать формированию «эгоцентризма» мышления, поведения и речи студентов технических вузов, следовательно, созданию проблем в формировании коммуникативных компетенций как сотрудников, так и руководителей.

Так, Б. Фитцпатрик и Б. Коллинз-Сассмэн определяют типы «вредоносных» (мешающих работе) людей в организации в ИТ-компаниях [5], среди которых выделяют тех сотрудников, которые при общении в чатах и форумах (распространенных при виртуальной структуре компаний) проявляют легкомысленность и невразумительность: не умеют аргументировать и критиковать цивилизованно, кратко доносить мысли, используют (и часто меняют в разных средствах связи) ники, интернет-жаргон, верхний регистр, бесмысленные знаки пунктуации, берут детские псевдонимы и др. Данный «эгоцентризм коммуникаций» происходит из эгоцентризма мышления, невозможности децентрироваться, использовать эффективно весь арсенал мыслительных операций и посмотреть на ситуацию глазами собеседника, что ведет к возникновению конфликтов и мешает карьере даже самых талантливых в своей сфере ИТ-специалистов.

Системное мышление всегда связано с вероятностью ошибок. Данные ловушки мышления действуют не только когнитивную, но и другие сферы личности (эмоционально-волевую, коммуникативную, мотивационно-ценностную, а также ролевые, поведенческие проявления). М. Конникова отмечает, что существуют ситуации, при которых нас чаще подстерегает опасность чрезмерной самоуверенности («ловушек мышления» по А. Кукла): при столкновениях с трудностями (когда цена ошибки высока); чрезмерная самоуверенность усиливается по мере того, как ситуация становится знакомой или происходит накопление информации; чрезмерная самоуверенность возрастает во время действия.

Следует отметить, что в исследовании барьеров руководства и мышления существует предложенное Эдвардом де Боно понятие «латеральное мышление», которое вместе с «вертикальным мышлением» (построенном

на логике и последовательности) образует две взаимодополняющие характеристики: в противовес вертикальному мышлению данный вид мышления подразумевает поиск решений (гипотез), высказанных «в различных направлениях», рассуждения о проблеме в терминах «Что...если», управление случаем как ресурсом, а не препятствием на пути реализации замысла.

Таким образом, проведенный обзор отечественных и зарубежных концепций позволяет прийти к следующим выводам. Когнитивно-ролевая модель руководства современных руководителей и сотрудников ИТ-компаний подразумевает особый тип мышления руководителей (системное мышление) как единство двух планов деятельности (внутреннего и внешнего): единство мысли (в том числе, верbalного отображения мысли) и ролевого поведения руководителя (а также поведения команды). Эффективная когнитивно-ролевая модель руководства требует выхода за рамки мыслительных операций, т. к. объединяет ментальные и поведенческие аспекты деятельности руководителя через коммуникации, а также включает во внутреннем (когнитивном плане) взаимодополняющие операции анализа и синтеза, восприятия ситуации «вблизи» и «вдали», создания единой картины в целом и выделения отдельных ее элементов, объединения «латерального» и «вертикального», дивергентного (творческого) и конвергентного (алгоритмизированного) мышления, интеграцию «теоретического» («ум ученого») и «практического» («ум полководца») мышления.

Признаками «нарушения» механизмов работы системного мышления руководителя могут быть ловушки мышления или связанные с ними мотивационные барьеры, блокирующие способность и готовность к инновационному лидерству. Первыми симптомами проявления подобных ловушек на уровне поведения группы могут стать нарушения в коммуникативной среде организации, снижающие ее эффективность.

Список используемых источников

1. Белова Е. В. Системное мышление как основа формирования лидерских компетенций студентов // Человеческий капитал. 2017. № 8 (104). С. 29–33.
2. Шмидт Э., Розенберг Д. Как работает Google. М. : Эксмо, 2018. 416 с.
3. Медоуз Д. Х. Азбука системного мышления. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 343 с.
4. Никандров В. В. Психология. М. : Волтерс Клювер, 2009. 1008 с.
5. Белова Е. В. Теоретические основы формирования инновационной лидерской активности студентов технических вузов // Человеческий капитал. 2017. № 10 (106). С. 41–47.

УДК 372.881.111.1

РОЛЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В ФОРМИРОВАНИИ ИНОЯЗЫЧНОЙ ГРАММАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ В ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Е. Н. Белова

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

Статья посвящена функциям преподавателя при формировании иноязычной грамматической компетенции студентов в информационном пространстве. В статье уделяется внимание пониманию иноязычной грамматической компетенции студентов неязыковых вузов в новых условиях. В исследовании рассматриваются возможности преподавателя и студентов при работе в виртуальной образовательной среде. Обсуждаются функции преподавателя, использующего платформу Moodle при формировании иноязычной грамматической компетенции студентов.

иноязычная грамматическая компетенция, виртуальная образовательная среда, преподаватель, метазнания, Moodle.

В условиях информатизации языкового образования и интенсивного применения инфокоммуникационных технологий (ИКТ) в учебном процессе меняются требования к выпускникам неязыковых вузов. Успешную реализацию обучения иноязычной грамматике студентов в контексте дисциплины «Иностранный язык» может обеспечить виртуальная образовательная среда. Формирование иноязычной грамматической компетенции осуществляется через особым образом организованную педагогическую поддержку. Возникает необходимость изменения обучения иноязычной грамматике и переосмыслиения существующих ролей преподавателя иностранного языка, внедряющего виртуальную образовательную среду Moodle в учебный процесс.

Понимание обучения иноязычной грамматике менялось в истории преподавания иностранного языка, что не могло не отражаться на подходах, методах и технологиях, используемых преподавателем. В истории методики преподавания иноязычной грамматики видно, что сначала обучали теоретическим и практическим знаниям иноязычной грамматики, а на современном этапе внимание концентрируется на иноязычной грамматической компетенции [1]. В 1960 гг. Н. Хомский утверждал, что ограниченное количество грамматических знаний и действий с ними порождает неограниченное количество предложений [2]. Впоследствии сфера грамматических знаний

расширяется. Грамматические знания понимаются как сеть взаимосвязанных элементов, взаимодействие которых влечет за собой порождение предложений [3]. С. В. Мерзляков подразумевает под грамматической компетенцией готовность к иноязычному общению и способность применять грамматические знания и навыки в речевой деятельности [4]. Грамматическая компетенция состоит не только в умении применять грамматические знания и навыки, но и контролировать их освоение [3].

Поэтому следует отметить важность добавления в компонентный состав иноязычной грамматической компетенции грамматических метазнаний. Под метазнаниями понимаются знания о когнитивных процессах и способность их контролировать учащимися [5]. Таким образом, обучение грамматическим метазнаниям обозначает овладение стратегиями освоения грамматических явлений и способами использовать их.

На основе анализа методической литературы можно сформулировать свое определение иноязычной грамматической компетенции. Она представляет собой синергетическую систему взаимосвязанных элементов, содержащих грамматические знания, метазнания, навыки, умения и способность к лингвистическому анализу. Грамматические метазнания мы считаем доминирующим компонентом иноязычной грамматической компетенции студентов в условиях виртуальной информатизации языкового образования, в которых виртуальная образовательная среда является учебным пространством неязыкового вуза.

Представление новых знаний, закрепление, тренировка и контроль на трех этапах формирования грамматических навыков, предложенных С. Ф. Шатиловым (ориентировочно-подготовительный, стереотипизирующе-ситуативный и варьирующее-ситуативный) [6] реализуются самими студентами, а не их преподавателем. При этом преподаватель иностранного языка реализует системный подход к формированию иноязычной грамматической компетенции как системе выше перечисленных составляющих в виртуальной образовательной среде неязыкового вуза.

Раньше преподаватель выполнял авторитарную функцию, управлял и контролировал учебную деятельность студентов [1]. В новых условиях от преподавателя требуются иные роли [4, 7]. Преподаватель иностранного языка выступает в этом процессе в виде студента (партнера по общению), мотиватора, консультанта, фасилитатора, наблюдателя, посредника, стратега, контролера, специалиста в области ИКТ, администратора виртуальной образовательной среды и инструктора.

Функции преподавателя расширяются. Он развивает грамматические метазнания, автономию, контрольно-оценочные умения учащихся, учит быть независимым и ответственным, следит за деятельностью студентов на сайте и контролирует реализацию их индивидуальной траектории по освоению иноязычной грамматики. Преподаватель также обеспечивает

виртуальную образовательную среду необходимыми ресурсами и знакомит обучающихся с работой в ней для достижения учебных целей. Таким образом, преподаватель создает условия посредством виртуальной образовательной среды Moodle, способствующие интериоризации грамматических знаний, метазнаний, автоматизации грамматических навыков, а также развивающие умения и способность к лингвистическому анализу.

В условиях применения виртуальной образовательной среды деятельность студентов становится коммуникативно-обучающей. Ранее такой характер деятельности был присущ преподавателю [8]. В этом процессе сначала учащиеся самостоятельно изучают аутентичную литературу по специальности и определяют трудности в освоении иноязычной грамматики. Затем в виртуальной образовательной среде Moodle они анализируют гипертекстовый, теоретический материал, распознают грамматические явления, вызывающие у них сомнение, и находят объяснение на платформе. Потом студенты проверяют свое понимание и применяют освоенный материал посредством модулей среды Moodle (тест, задание, форум, чат, вики, блог, семинар, пакет SCORM, видеоконференция) и аудиторных занятий. Таким образом, при подготовке к аудиторному занятию по дисциплине «Иностранный язык» (аспект «Грамматика английского языка») студенты выступают в роли преподавателя и задают два вопроса: «Как организовать педагогическое общение?» и «Как обучить иноязычным грамматическим средствам общения?».

Проблемы, с которыми может столкнуться преподаватель при обучении студентов иноязычной грамматике через виртуальную образовательную среду, могут быть лингвистические, когнитивные, метакогнитивные, технологические, мотивационные. При их решении преподаватель иностранного языка выполняет свою роль, например, эксперта или администратора сайта. В связи с этим повышаются требования к преподавателю иностранного языка неязыкового вуза и появляются новые обязанности, налагаемые на преподавателя иностранного языка ввиду внедрения в учебный процесс виртуальной образовательной среды.

В заключение можно отметить, что меняются составляющие профессиональной компетентности преподавателя иностранного языка неязыковых вузов. К традиционным функциям добавляются новые для эффективной реализации методики формирования иноязычной грамматической компетенции студентов в условиях виртуальной информатизации языкового образования.

Список используемых источников

1. Миролюбов А. А. История отечественной методики обучения иностранным языкам. М. : СТУПЕНИ, ИНФРА-М, 2002. 448 с.

2. Chomsky N. Aspects of the Theory of Syntax. Cambridge, MA: MIT Press, 1965. P. 251.
3. Мильруд Р. П., Максимова И. Р. Когнитивная модель грамматической компетенции учащихся [Электронный ресурс] // Язык и культура. 2014. N 2 (26). С. 134–145. URL: [http://journals.tsu.ru/uploads/import/1062/files/2\(26\)_134.pdf](http://journals.tsu.ru/uploads/import/1062/files/2(26)_134.pdf) (дата обращения 28.02.2018).
4. Мерзляков С. В. Методика формирования иноязычной грамматической компетенции школьника в режиме автономного обучения: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Мерзляков Сергей Викторович. Нижний Новгород, 2016. 142 с.
5. Belpoliti F., Gironzetti E. Metaknowledge and Metalinguistic strategies in the Spanish for Heritage learners Classroom // Hispanic Studies Review. 2017. N 1. PP. 45–72.
6. Шатилов С.Ф. Методика обучения немецкому языку в средней школе. М. : Просвещение, 1986. 223 с.
7. Сысоев П. В. Информационные и коммуникационные технологии в лингвистическом образовании. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. 264 с.
8. Еремин Ю. В. Вопросы профессионально направленной подготовки учителя иностранного языка. СПб. : Образование, 1996. 89 с.

Статья представлена заведующей кафедрой, кандидатом филологических наук, доцентом Е. Ф. Сыроватской.

УДК 004(075.8)

НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП СОЗДАНИЯ СОВЕТСКОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

И. Ф. Богданова¹, Н. Ф. Богданова¹, В. И. Мосеев²

¹Институт подготовки научных кадров НАН Беларуси

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

В статье рассмотрен начальный период развития советской вычислительной техники (1948–1968 гг.), описаны и проанализированы основные машинные разработки этого периода – электронные вычислительные машины МЭСМ, СЭСМ, серия БЭСМ (от БЭСМ-1 до БЭСМ-6), приведены их основные технические характеристики, выполнены сравнения с английскими и американскими ЭВМ указанного периода.

электронные вычислительные машины, вычислительный центр, быстродействие ЭВМ, вычислительная техника.

Разработка советской цифровой вычислительной техники началась в конце 1947 г. в Киеве в Институте электротехники академии наук Украины, в котором согласно постановлению Президиума АН СССР, была орга-

низована лаборатория № 1 – спецмоделирования и вычислительной техники. Возглавил лабораторию основоположник советской вычислительной техники, выдающийся советский ученый Сергей Алексеевич Лебедев.

Под его руководством в 1948–1951 гг. была создана первая отечественная электронная вычислительная машина (ЭВМ) МЭСМ (Малая электронная счетная машина), ставшая также первой ЭВМ в континентальной Европе. Независимо от Дж. фон Неймана, С. А. Лебедев выдвинул, обосновал и реализовал в первой советской машине принципы построения ЭВМ с хранимой в памяти программой. Разработанный С. А. Лебедевым в 1948 г. принцип конвейерной обработки, когда потоки команд и операндов обрабатываются параллельно, применяется сейчас во всех ЭВМ в мире. Работала МЭСМ на основе двоичной логики, преимущественно использующейся в вычислительной технике и в настоящее время (в американской ЭВМ ЭНИАК использовалась десятичная система счисления) [1, 2].

Пробный пуск МЭСМ состоялся 6 ноября 1950 г. Во время демонстрации машина вычисляла факториалы натуральных чисел и решала уравнение параболы. В дальнейшем МЭСМ стала решать более сложные задачи с множеством алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных с сотнями неизвестных.

В 1951 г. МЭСМ была принята комиссией в эксплуатацию, на ней решались важные научно-технические задачи из области термоядерных процессов, космических полетов, ракетной техники, дальних линий передач и др. Эта ЭВМ в 1952–1953 гг. была самой быстродействующей и практически единственной регулярно эксплуатируемой машиной в Европе [3].

Производительность МЭСМ составляла 50 оп/сек, машина размещалась на площади 60 кв. м., работала круглосуточно, проработала более 8 лет и была демонтирована весной 1959 г. [1].

Кроме этой машины в то время в Европе была только одна ЭВМ – английская ЭДСАК с арифметическим устройством последовательного действия, начавшая свою работу годом раньше. Однако процессор МЭСМ был намного мощнее за счет распараллеливания вычислительного процесса.

МЭСМ была также первой в мире ЭВМ с арифметическим устройством параллельного действия и первой универсальной ЭВМ с хранимой в памяти программой в континентальной Европе.

Американская ЭВМ ЭНИАК, долгое время считавшаяся первой ЭВМ в мире, в сущности, представляла собой огромный дифференциальный анализатор и не соответствовала принципам Дж. фон Неймана (принципам построения и функционирования ЭВМ), советская же ЭВМ МЭСМ полностью им соответствовала, хотя они в то время не были известны в СССР, поскольку были засекречены. Сам Дж. фон Нейман реализовал в действующей ЭВМ изложенные им принципы только в 1952 г. [4].

МЭСМ была спроектирована, смонтирована и отлажена в рекордно короткие сроки – 2 года (по американским стандартам на эту работу требовалось от 5 до 10 лет), и если учесть, что в ее разработке и создании участвовали всего 12 человек (вместе с Лебедевым), которым помогали 15 техников и монтажников (в создании первой американской ЭВМ ЭНИАК помимо 13 основных исполнителей участвовали 200 техников и большое количество рабочих), то становится ясно, что С. А. Лебедев и возглавляемый им коллектив совершили подвиг [5].

В 1952 г. с грифом «секретно» в СССР была издана книга «Малая электронная счетная машина» (авторы С. А. Лебедев, Л. Н. Дащевский, Е. А. Шкабара). Эта книга оказалась в Пентагоне и была переведена аспирантом Гарвардского университета на английский язык. По-видимому, это была самая первая советская книга по вычислительной технике, появившаяся в США [6].

После МЭСМ коллектив лаборатории № 1 начал работы по созданию специализированной ЭВМ СЭСМ (Специализированная Электронная Счетная Машина), предназначенный для решения корреляционных задач и систем алгебраических уравнений с почти 500 неизвестными.

СЭСМ была создана по идеям академика С.А. Лебедева, завершена под руководством академика Б. В. Гнеденко. Главный конструктор – З. Л. Рабинович (бывший аспирант С. А. Лебедева). Это была первая специализированная ЭВМ в нашей стране (начала работу в январе 1955 г.).

В СЭСМ была принята двоичная система счисления с фиксированной запятой, применен целый ряд новинок для того времени. СЭСМ содержала в своей структуре матрично-векторный процессор – устройство, введённое в мировую практику построения ЭВМ несколько позднее.

Эта ЭВМ стала первой в Европе ЭВМ с векторным процессором. Ей также принадлежит значительная роль в установлении международного престижа отечественных разработок в области вычислительной техники. В компьютерном американском журнале «Datamation» была опубликована статья, в которой высоко оценивались достоинства СЭСМ, главным образом ее конструктивные и схемные решения.

В СССР по инициативе В. М. Глушкова была написана и издана книга «Специализированная электронно-счетная машина СЭСМ», редактором которой стал он сам, авторами – основные разработчики СЭСМ З. Л. Рабинович, Ю. В. Благовещенская и др. Эта книга была переиздана на английском языке в США, оказавшись одной из первых, официально переведенных и изданных за рубежом советских книг по вычислительной технике [7].

В 1950 г. С. А. Лебедев переехал в Москву и начал активную работу над Большой (Быстродействующей) электронной счетной машиной (БЭСМ) в Институте точной механики. Найденные во время работы на МЭСМ науч-

ные и инженерные решения оказались очень удачными, они и легли в основу проектируемой БЭСМ. В ее структуре уже тогда были реализованы основные решения, характерные для современных электронных вычислительных машин.

Так было положено начало серии знаменитых БЭСМ (от БЭСМ-1 до БЭСМ-6). Каждая машина этой серии на момент ввода в эксплуатацию была лучшей в классе универсальных ЭВМ в Европе и одной из лучших в мире. ЭВМ БЭСМ внесли огромный вклад в развитие атомной энергетики и космические исследования.

Первый запуск БЭСМ-1 состоялся осенью 1952 г., а Государственные испытания она прошла в 1953 г.

БЭСМ-1 была машиной параллельного действия: вся числовая информация была представлена в двоичном коде и операции выполнялись одновременно над всеми разрядами. Важными особенностями БЭСМ-1 стали введение операций над числами с плавающей запятой с обеспечением большого диапазона используемых чисел (от 10^{-9} до 10^9) и высокая точность вычислений (9 десятичных знаков).

Эта ЭВМ была первой отечественной быстродействующей машиной со средней производительностью 10 тыс. операций в секунду.

Многие задачи, казавшиеся до этого неразрешимыми из-за большого объема вычислений, легко решались на БЭСМ. С.А. Лебедев любил приводить в качестве примера расчет на БЭСМ траектории полета снаряда, который осуществлялся на БЭСМ быстрее, чем летел сам снаряд [5, 8].

Доклад, представленный С. А Лебедевым в октябре 1955 г. в Дармштадте (ФРГ) на Международной конференции по электронным счетным машинам, произвел сенсацию – БЭСМ была признана самой быстродействующей машиной в Европе и одной из лучших в мире, уступавшей по быстродействию только коммерческой американской ЭВМ IBM 701.

После создания в феврале 1955 г. Вычислительного центра АН СССР была поставлена задача подготовить БЭСМ к серийному выпуску.

Первой серийной ЭВМ БЭСМ стала БЭСМ-2 – усовершенствованный для массового производства вариант БЭСМ-1. Основные характеристики БЭСМ-2 повторяли характеристики БЭСМ-1. БЭСМ-2 была введена в эксплуатацию в 1958 г. и выпускалась серийно до 1962 г. За это время было выпущено 67 машин БЭСМ-2.

Машинами БЭСМ-2 были оснащены практически все крупные вычислительные центры страны. На БЭСМ-2 осуществлялись расчеты при запусках искусственных спутников Земли и первых космических кораблей с человеком на борту, а также была рассчитана траектория полета беспилотной советской ракеты на Луну.

Помимо БЭСМ-2 на основе БЭСМ-1 была создана еще одна серийная ЭВМ – М-20, с быстродействием 20 тыс. операций в секунду. В 1958 г. эта

ЭВМ была успешно принята Государственной комиссией с оценкой «самая быстродействующая в мире» (близкое к этому значение быстродействие (до 15 тыс. операций в секунду) в то время имела только американская машина «НОРК», хотя она содержала в пять раз больше ламп – 8 тыс., М-20 состояла из 1,5 тыс. ламп) и рекомендована к запуску в серию.

С 1958 по 1964 гг. было выпущено 64 ЭВМ М20. Потребность в быстродействующих вычислительных машинах была так велика, что машиной М-20 обеспечивали только самые важные работы в стране [9, 10].

Лучшей в серии БЭСМ стала знаменитая БЭСМ-6 (1968 г.) – первая в мире ЭВМ с производительностью 1 млн операций в секунду, выпускавшаяся серийно. С. А. Лебедев реализовал в ней множество революционных для того времени решений, благодаря чему машина пережила три поколения вычислительной техники и выпускалась 17 лет. За это время было произведено около 450 машин, что является абсолютным рекордом для ЭВМ класса «суперкомпьютер». Принципы, заложенные в ее структурную организацию актуальны до сих пор.

Созданный в Швейцарии Международный центр ядерных исследований пользовался для расчетов машинами серии БЭСМ.

На базе БЭСМ-6 был создан многомашинный вычислительный комплекс АС-6, который в течение 15 лет использовался в центрах управления полетами. В 1975 г. при совместном полете космических кораблей «Союз» и «Аполлон» комплекс АС-6, обрабатывая информацию, обсчитывал данные по траектории полета за 1 минуту, в то время как у американской стороны такой расчет занимал полчаса [11, 12].

Значение машины БЭСМ-6 для отечественной и мировой вычислительной техники невозможно переоценить – многое из того, что сегодня обыденно в области информационных технологий, впервые было опробовано при разработке именно этой ЭВМ.

С. А. Лебедев сформировал советскую школу исследований и разработок, которая многие годы по ряду направлений удерживала лидирующие позиции в мире. Ни один из типов машин С. А. Лебедева не являлся копией какой-либо зарубежной ЭВМ, все создавалось на собственной научной базе, с применением оригинальных подходов к решению теоретических и прикладных задач [13].

Список используемых источников

1. Малиновский Б., Юрий Ревич Ю. Информационные технологии в СССР. Создатели советской вычислительной техники: СПб. : БХВ-Петербург, 2014. 336 с.
2. Терентьев А. Отсталость советской компьютерной техники. Миры США [Электронный ресурс] // Национ. журн. 2017. URL: <http://www.nationaljournal.ru/articles/2017-11-06/4160/> (дата обращения 25.01.2017).

-
3. Гагарина Л. Г., Баин А. М., Кузнецов Г. А., Портнов Е. М., Теплова Я. О. Введение в инфокоммуникационные технологии : учебное пособие / Под ред. Л. Г. Гагариной. М. : ИД «Форум» : ИНФРА-М, 2015. 336 с.
4. Лисовский И. М. Воспоминания о встречах с пионерами кибернетики // Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Годичная научная конференция, посвященная 80-летию ИИЕТ РАН, 2012. Ч. II. С. 758–761.
5. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. К. : Фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. 384 с.
6. Малиновский Б. Н. Научная биография С. А. Лебедева [Электронный ресурс] // Информационные технологии и вычислительные системы. 2002. № 3. С. 3. URL: <http://mognovse.ru/plh-biografiya-s-a-lebedeva-malinovskij-b-n-stranica-3.html/> (дата обращения 25.01.2017).
7. Малиновский Б. Н. Нет ничего дороже... К. : Горобец, 2005. 336 с.
8. БЭСМ-6 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.besm-6.ru/besm-series.html#content> (дата обращения 25.01.2017).
9. Смирнов Г. С. ЭВМ «Урал» в мире публикаций и документов 1945–1972 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusproject.org/analysis/analysis_2/sovetskie_komputery (дата обращения 25.01.2017).
10. Советская вычислительная техника. История взлета и забвения [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusproject.org/analysis/analysis_2/sovetskie_komputery (дата обращения 25.01.2017).
11. Дело создателя первой ЭВМ под грифом «Хранить вечно» [Электронный ресурс]. URL: https://mipt.ru/dppe/science_articles/105_years_Lebedev.php (дата обращения 25.01.2017).
12. Заглядывая в прошлое: История БЭСМ [Электронный ресурс]. URL: <https://geektimes.ru/company/ua-hosting/blog/244191/> (дата обращения 25.01.2017).
13. Лебедев Сергей Александрович [Электронный ресурс]. URL: http://www.bmstu.ru/scholars/lebedev_s_a (дата обращения 25.01.2017).

УДК 004.5:004.9

РОЛЬ ЧЕЛОВЕКА В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ НОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

М. Ю. Волокобинский, О. А. Пекарская

Санкт-Петербургский филиал Финансового Университета при Правительстве Российской Федерации

В статье показано, что в настоящее время роль человека в современном информационном обществе объективно возрастает, потому, что именно человек может быть рассмотрен как основной ресурс и фактор его развития. Обсуждается и гуманистический аспект серьезнейших проблем существующего информационно насыщенного общества. Ускорение темпов развития и внедрение информационных, компьютерных

и других коммуникационных технологий, формирующаяся всемирная система знаний в наши дни открывают человечеству новые горизонты возможностей в сфере образовательного, интеллектуального и творческого совершенствования. В обществе рождаются новая информационная культура и этика. Именно в этом отчетливо виден гуманитарный результат глобального информационного пространства.

информационное общество, устойчивое развитие, образование, культура, развитие человечества.

Новейшие особенности и функции информационного пространства, которые связаны, главным образом, с постоянно совершенствующимися технологиями, а также с глобальным распространением информационных систем, позволяют многим ученым утверждать, что человечество вступило в эпоху «научной информационной революции», перейдя от традиционных моделей устройства социума к социуму информационному, со своей новой информационной культурой и с все более возрастающей ролью человека в ее формировании.

Эта новая информационная культура - основной фактор масштабных изменений и преобразований в производственной сфере, во внутренней и внешней политике, в формировании институтов гражданского общества [1].

Степень развития информационной культуры оказывает сильнейшее влияние и на жизненную специфику социальных групп, и на устойчивость национальных укладов, и, что особенно важно, на уровень социализации и социальной адаптации индивида, так как информационная культура особенно сильно воздействует на легитимацию поведения человека, на национальную и политическую стабильность общества.

Научно-технический прогресс, сформировавший новое информационное пространство, ознаменован выдающимися достижениями, но наряду с этим он породил также множество проблем [2].

Такое положение порождено духовным состоянием общества, моральными проблемами, философскими и стратегическими вопросами образования, а также индустриально-технологическим развитием. Остановимся на трех основных проблемах.

Первая проблема касается информационного неравенства. Давно существующая проблема социального неравенства в социуме сейчас переросла в проблему, называемую «цифровым барьером». Телекоммуникационная инфраструктура в России является недостаточно развитой, уровень производства отечественной вычислительной техники, включая комплектующие, остается низким [3]. В то же время стоимость Интернета в нашей стране высока по сравнению, например, с его стоимостью в странах Европы, что затрудняет его распространение в регионах с низким уровнем доходов населения. В области информационных технологий также слабо разработана

нормативная база, и государственная программа информатизации российских регионов развивается недостаточными темпами. Вторая сторона этой проблемы касается того, что многие люди не только не готовы использовать новые информационные технологии, но и не в полной мере понимают важность процесса информатизации. Программное обеспечение и сетевые ресурсы являются англоязычными, а доля людей, владеющих английским языком, в России достаточно невелика. Серьезным последствием информационного неравенства является недостаточный уровень компьютерной грамотности в нашей стране, замедление темпов внедрения новых информационных технологий в жизнь.

Вторая проблема связана с наличием широких возможностей, предоставляемых мировой сети, информационно-поисковым системам, для их воздействия на сознание людей и, самое страшное, манипуляции этим сознанием. Киберболезни, чрезмерная психологическая зависимость от телевидения, увлечение компьютерными играми, особенно такими, где пропагандируется жестокость, насилие и даже суицид, сейчас очень распространены [4].

Нельзя не отметить и третью проблему - информационные преступления, направленные на несанкционированный доступ к базам данных различных предприятий и организаций, в том числе органов государственной власти, банков, страховых компаний, органов правосудия, здравоохранения и образования.

Самым опасным явлением информационной преступности является информационный терроризм, направленный на нарушение функционирования или вообще на полное блокирование работы информационной системы. Реализация такого сценария происходит путем организованных массированных сетевых атак, которые осуществляются через Интернет. Информационное общество, вследствие этого, является значительно более уязвимым по отношению к серьезным разрушительным информационным воздействиям, чем индустриальное общество.

Для решения проблем, порожденных информатизационным пространством, необходима информационная культура, которая определяет связь человека с внешним миром.

Очень важной задачей является преодоление информационного неравенства в России. На путях ее решения важно вовлечь максимально большое количество населения в процесс освоения информационных технологий, при этом имея в виду также материальную доступность подобной техники и доступа в Интернет для потребителей. Этому будет способствовать увеличение выпуска отечественных комплектующих, включая микросхемы высокой степени интеграции, а также государственное финансирование программ по созданию широких и качественных телекоммуникационных сетей по всей территории нашей страны.

В этих условиях возрастает роль специалистов в области социологии и социальной информатики, обеспечивающих проведение глубокого анализа социальных аспектов информационного неравенства [5]. Это приведет к повышению степени мотивационной готовности населения к использованию новых технологий, и, наоборот, создать все условия доступной информатизированной среды в области образования, здравоохранения, культуры для людей высокомотивированных, но имеющим различные социально-экономические преграды к ее доступу [6].

Основной задачей медиаобразования, которое в современных условиях участвует в формировании личности молодого человека, является подготовка молодежи к жизни в современных информационных условиях, к восприятию различной информации, к глубокому пониманию аспектов информационного воздействия на психику, освоению способов общения на основе невербальных форм коммуникации посредством технических средств и современных информационных технологий [7].

И, без сомнения, политика государства в обеспечении информатизационной безопасности, поможет в борьбе с проблемой информатизационной преступности.

Инновации в наше время во многом базируются на культурно-исторических представлениях, и при становлении информационного общества происходит трансформация культуры, а лишь что выражается через конкретно-исторические проявления. В процессе этого включаются адаптационные защитные механизмы традиционной культуры, что находит отражение при формировании нового типа культуры - информационной. Информационной культура обладает следующими функциями: информационной, социальной, коммуникативной, нормативной (идеологической), креативной и интеграционной.

В настоящих условиях возрастает значение информационной культуры, укрепляется ее роль в жизни человека, она становится универсальной культурой, где происходят специфические качественные процессы, определяющие ее феноменологию.

Информационная культура является важнейшим фактором формирования современной, всесторонне развитой личности, дает огромные возможности приобщения к общечеловеческим культурным богатствам, свободный доступ к информации, свободу выбора, защиту от манипуляции сознанием [8].

Это культура является достоянием всего человечества, представляя из себя принципиально новый феномен, который может способствовать ускорению духовного роста человечества при кардинальном изменении характера общественного прогресса, который будет действительно все шире и глубже проникать в разнообразные отношения с миром, одухотворяя их, делая их гуманными и в высшей степени разумными.

Список используемых источников

1. Пекарская О. А. Интеграционные образовательные технологии, применяемые в дистанционном обучении студентов, – важнейший ресурс образования // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция : сб. науч. ст. СПб. : СПбГУТ, 2016. С. 396–400.
2. Волокобинский М. Ю., Пекарская О. А. Влияние модернизационной и инновационной политики на экономическое развитие // Вестник САМГУПС. 2016. № 4. С. 57–62.
3. Гуменный А. Д., Ягупов В. В. Развитие информационной культуры руководителей профессионально-технических учебных заведений как проблема педагогической науки // Вестник Удмуртского университета. Серия 3. Философия. Социология. Психология. Педагогика. 2013. Вып. 3. С. 81–88.
4. Григорьева Е. А. Роль социальной сферы в обеспечении экономической безопасности // Вестник экономики, права и социологии. 2011. № 2. С. 15–17.
5. Ходакова Н. П. Роль информационных технологий в организации предметно-пространственной среды образовательного учреждения // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. 2013. № 2 (22). С. 36–38.
6. Чернобродова Л. А. Роль инновационного механизма в развитии промышленного региона // Организационные механизмы управления инновационным развитием промышленности региона: сб. ст. / Под общ. ред. Ю. М. Солдака. Рязань : ООО Полиграф, 2008. С. 96–107.
7. Боровкова Т. И. К новой ступени многоуровневого непрерывного образования – образованию пожилых людей. М. : Инфра-М; Znaniум.com, 2015. 9 с. Режим доступа: www.znanium.com
8. Евстигнеев Е. Н., Викторова Н. Г. Роль мультимедиа в подготовке магистров // Магистратура: состояние и перспективы : материалы научно-методической конференции. Вып. 2. СПб. : ОЦЭиМ, 2007. С. 104–106.

УДК 94(47).072

ПОЧТОВЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ В ЦАРСТВОВАНИЕ АЛЕКСАНДРА I (1801–1825 гг.)

И. И. Воронов, А. В. Генчева

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

Статья посвящена реорганизации почтового ведомства в связи с учреждением и отладкой функционирования министерской системы управления Российской империей. В работе изучается структура, функции и изменения ведомственной принадлежности почтового департамента в царствование Александра I (1801–1825 гг.).

Александр I, Почтовый департамент, Министерство внутренних дел, Министерство духовных дел и народного просвещения.

Усложнение задач, стоявших перед Россией к началу XIX в., вызвало потребность в оперативных формах центрального управления. Коллежская система с её неоднородным устройством, нечеткими функциями и сложными формами делопроизводства уже не соответствовала эпохе. В конце XVIII в., в связи с децентрализацией управления на местах, большинство коллегий были закрыты. Для руководства отдельными отраслями управления в составе сената учреждались экспедиции и казначейства, подчинявшиеся генерал-прокурору. Позднее некоторые коллегии были восстановлены под руководством «главных директоров» [1, с. 462–463]. Вступление на престол Александра I ознаменовалось административной реформой, которая заменила коллегиальное управление на более оперативное единонаучальное.

Перед реформой Главное почтовое управление было коллегией, входившей в состав Сената [2, с. 21]. В 1801 г. Непременный (с 1810 г. Государственный) [1, с. 159–160] совет затребовал от главы почтового управления Д. П. Трощинского сведения о состоянии дел [3, л. 2–3]. 5 апреля 1802 г. был учрежден комитет «Для рассмотрения состояния почт в государстве» в составе сенаторов и почтовых чиновников под председательством Н. И. Неплюева [4, л. 1–10]. Выявив имеющиеся проблемы, Комитет должен был определить пути преобразования почтовой службы. Одним из итогов деятельности Комитета стало введение 25 апреля 1801 г. дополнительных штатов почтового ведомства [5, с. 175–176]. После учреждения министерств 8 сентября 1802 г., Главное почтовое управление было передано в ведение министра внутренних дел [6, с. 243–245].

Первоначально Главное почтовое управление было приписано к министерству внутренних дел лишь формально. Императорские указы поступали, минуя министра, главному директору почт Д. П. Трощинскому, а он, в свою очередь, напрямую представлял Александру I отчеты по ведомству. Подобное неестественное положение дел сохранялось до самой отставки директора 9 июня 1806 г., [5, с. 176] по-видимому, за счет личного влияния Д. П. Трощинского, который входил в ближайшее окружение императора [7, с. 759].

После отставки влиятельного директора Главное почтовое управление должно было окончательно перейти под контроль министра внутренних дел. Указ 9 июня 1806 г. подтверждал присоединение почтового ведомства к министерству внутренних дел на правах департамента [8, с. 364]. Почтовый департамент состоял из 7 экспедиций и архива. Первая рассматривала дела об учреждении почтовых контор, назначении чиновников и т. п. К компетенции второй относились вопросы содержания почтовых станций, раз-

решение конфликтов между путниками и почтовыми служащими и т. д. Третья планировала бюджет. Четвертая занималась взысканием штрафов, выявленных недостач и т. п. Пятой была счетная, шестой казначейская, седьмой регистраторская [5, с. 171–176].

Тем не менее, сохранилась специфика делопроизводства в отношениях почтового ведомства и министерства внутренних дел. Главное почтовое управление посыпало министру внутренних дел мемории, а по сложным делам – представления. Министр разрешал представления, а на мемориях, при необходимости, делал замечания и отсылал их назад. Если в почтовом управлении не соглашались с министром, то представляли ему свои рассуждения. При подтверждении решение министра приводилось в исполнение, а мнение почтового управления записывалось в особый журнал [5, с. 180].

14 июня 1806 г. министру внутренних дел В. П. Кочубею был представлен первый рапорт о состоянии почтового департамента. Согласно представленным сведениям, в ведомстве имелось: казны 515 тыс. 556 руб. 15 и $\frac{1}{2}$ коп., 1 тыс. 110 талеров и 10 червонцев, 177 почтовых домов (в том числе 32 каменных), 5 тыс. 432 чиновников и служащих [9, л. 1–7]. Изучив состояние дел, В. П. Кочубей задумал преобразование главного почтового управления, которое начал со счетной части. В феврале 1807 г. министр представил Александру I доклад с предложением усилить финансовый контроль и повысить рентабельность своего нового департамента. Для этого В. П. Кочубей предложил объединить близкие по роду деятельности третью и пятую экспедиции в одну счетную в составе трех столов, передав ей финансовые вопросы [5, с. 180–184]. 10 февраля 1807 г. доклад был утвержден императором [8, с. 1009–1010]. Это стало первым шагом по установлению фактического контроля над главным почтовым управлением со стороны министра внутренних дел.

Второй шаг, усиливающий этот контроль, сделал очередной министр внутренних дел А. Б. Куракин. 29 апреля 1807 г. оклады чиновников канцелярии главного директора почт были приравнены к жалованию прочих служащих почтового департамента, а оставшиеся средства переданы в распоряжение министра [5, с. 184]. Затем, 16 октября 1807 г., бывшую канцелярию главного директора почт преобразовали в почтовое отделение министерства. Начальником отделения был оставлен А. И. Бухарский.

Следующий министр внутренних дел О. П. Козодавлев постарался окончательно преобразовать Главное почтовое управление в Почтовый департамент министерства. 2 июня 1811 г. последовал указ о предварительном преобразовании, после чего было закрыто присутствие главного почтового управления [5, с. 186–187]. 7 июля 1811 г. Главное почтовое управление было переименовано в Почтовый департамент, директором которого был назначен Н. Д. Жулковский [10, с. 809–810].

В функции почтового департамента входили перлюстрация, координация деятельности почтового ведомства, усовершенствование организации почт и решение финансовых вопросов. Ранее существовавшие в составе главного почтового управления экспедиции были заменены тремя отделениями. Распорядительное отделение занималось кадровой работой. Ко второму относились благоустройство почтовых отделений, путей сообщения между ними, организация перевозок и перлюстрация почты. Счётное контролировало почтовые расходы и доходы. Почтовое отделение (бывшая канцелярия главного почтового управления) подлежало ликвидации [1, с. 479; 2, с. 20]. Несколько ранее, 28 июня 1810 г., было утверждено мнение Государственного совета о передаче всех доходов почтового департамента в казну и финансирование его из государственного казначейства [5, с. 185–187].

Процесс интегрирования почтового департамента в структуру министерства внутренних дел так и остался незавершенным, т.к. компетенции министерства в очередной раз были пересмотрены. 4 ноября 1819 г. Министерство полиции присоединили к министерству внутренних дел, из его ведения передали министерству финансов управление мануфактурами и внутренней торговлей, а почтовый департамент был отнесен к недавно созданному министерству духовных дел и народного просвещения [11, с. 367]. Туманная формулировка указа предписывала почтовому департаменту «вплоть до повеления оставаться под нынешним его начальством».

В свою очередь, министерство духовных дел и народного просвещения тоже было весьма неоднородно, и его глава А. Н. Голицын вероятно не считал целесообразным усложнять структуру ведомства еще и почтовым департаментом. Министр подал императору записку, в которой попросил назначить над почтовым ведомством особое управление. 9 ноября 1819 г. просьба была удовлетворена, в результате чего ведомство под новым названием «Главное начальство над почтовым департаментом» приобрело неясный статус. С одной стороны, оно осталось в составе министерства духовных дел и народного просвещения под отдельным управлением, с другой – главноначальствующим был назначен все тот же министр духовных дел и народного просвещения А. Н. Голицын [11, с. 369].

Неясность статуса ведомства вскоре получила дополнительное подтверждение. 9 сентября 1920 г. Александр I утвердил доклад А. Н. Голицына о особой форме одежды для сотрудников почтового департамента. Чиновники главного начальства над почтовым департаментом получили мундир тёмно-зелёного цвета с воротником и обшлагами из черного бархата, а также белый камзол и нижнее платье. Пуговицы на мундире 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 [12, с. 256].

16 мая 1824 г. А. Н. Голицын укрепил самостоятельность почтового ведомства: по его представлению при главноначальствующем над почтовым департаментом была учреждена особая канцелярия, директором которой был назначен В. М. Попов. На новое подразделение департамента А. Н. Голицыну было выделено 15 тыс. руб. с правом назначать чиновников по своему усмотрению [13, с. 320].

Православное духовенство демонстрировало крайнее недовольство А. Н. Голицыным, и 15 июня 1824 г. министр был уволен с должности, а министерство духовных дел и народного просвещения было расформировано [14, с. 776]. Почтовый департамент наконец был преобразован в самостоятельное учреждение – Главное начальство над почтовым департаментом во главе с А.Н. Голицыным [2, с. 19–21].

Учреждение министерств в царствование Александра I, являясь важным этапом в области централизации управления, определило и судьбу первоначально самостоятельного почтового ведомства. Главное почтовое управление, как и другие коллегии, требовало реорганизации, но в силу своей малочисленности и узости объекта управления не могло претендовать на роль самостоятельного ведомства. Поэтому оно вошло как Почтовый департамент в состав министерства внутренних дел. Последовавшее вскоре преобразование министерства внутренних дел привело к передаче департамента министерству духовных дел и народного просвещения. В конце царствования Александра I реорганизация министерства духовных дел и народного просвещения позволила департаменту выделиться в самостоятельное ведомство – Главное начальство над почтовым департаментом.

Даже находясь в составе какого-либо министерства, в силу особого объекта управления, Почтовый департамент тяготел к сохранению всей возможной самостоятельности. Этого удавалось достичь в условиях незавершенности процесса формирования министерской системы и за счет личного влияния руководителей почтового ведомства.

Список используемых источников

1. Ерошкин Н. П. История государственных учреждений дореволюционной России. М. : Изд-во, РГГУ, 2008. 710 с.
2. Высшие и центральные государственные учреждения России 1801 – 1917 гг. Т. 2 . Отв. ред. Д. И. Раскин. СПб. : Наука, 2001. 260 с.
3. Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф. 1289, Оп. 1, Д. 118.
4. Российский государственный исторический архив. Ф. 1289, Оп. 1, Д. 123.

5. Соколов Н. И. О присоединении почтового департамента к Министерству внутренних дел в царствование императора Александра I // Почтово-телеграфный журнал. 1898. № 1. С. 171–191.
6. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1-е. Т. 27. СПб. : Типография II отделения СИВК, 1830. 1120 с.
7. Шилов Д. Н. Государственные деятели Российской империи 1802 – 1917 гг. СПб. : Д. Буланин, 2002. 936 с.
8. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание 1-е. Т. 29. СПб. : Изд-во II Отделения СЕИВК, 1830. 1370 с.
9. Российский государственный исторический архив. 1289, Оп. 1, Д. 136.
10. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание 1-е. Т. 31. СПб. : Изд-во II Отделения СЕИВК, 1830. 942 с.
11. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание 1-е. Т. 36. СПб. : Изд-во II Отделения СЕИВК, 1830. 732 с.
12. Собрание законов по управлению почтовому. Т. 3. СПб. : Типография Е. Фишера, 1847. 498 (14) с.
13. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание 1-е. Т. 39. СПб. : Изд-во II Отделения СЕИВК, 1830. 688 с.
14. Министерская система Российской империи: К 200-летию министерств в России / Отв. составитель Д. И. Раскин. М. : РОССПЭН, 2007. 920 с.

УДК 1(091).164.02

ФОНЕМА И ЕЁ КОММУНИКАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ

A. Ю. Вязьмин

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

Фонема как основа структуры лексем и коммуникации представляет собой феномен, который обнаруживает несколько уровней своего конституирования в разных регионах сознания. Имеющиеся исследования по феноменологии языка, как и философская критика таких исследований, а также теоретические разработки из смежных для феноменологии областей – семиотики и структурной лингвистики, включающие математические модели феноменов лингвистических знаков и фонем, – могут быть заново рассмотрены в контексте феноменологии. В этом случае возможно уточнить условия генезиса фонем как звуковых феноменов, имеющих определённую коммуникативную и аутокоммуникативную функцию. Результаты определения таких условий имеют огромное значение для понимания природы сознания.

фономен, структурная лингвистика, неокантинство, сознание.

Во времена зарождения феноменологического метода, в самом начале его появления как «вариации на темы» дескриптивной психологии Ф. Брентано в среде неокантианской философии конца XIX века в период многочисленных дискуссий между психологами, логиками и математиками, его основателю Э. Гуссерлю представилось (и представилось не без основания), что описание структур сознания, которое предметно схватывает (*erfaßt*) или соответствует (*entspricht*) усмотренному положению дел (*Sachverhalt*), необходимо начинать с семантики. Феноменологический метод не мог оставить в стороне проблематику знака и означивания, поскольку усмотренное положение дел – или иначе, предметность, данная сознанию с адекватной очевидностью – в неокантианском понимании явления должно обнаруживать единство предметного смысла и предметного представления и в таком двояком качестве «представать» перед сознанием в виде его интенционального содержания.

Знаковая проблематика в феноменологии представлена во втором томе «Логических исследований» [1]. В зависимости от того, каким образом знак (*Zeichen*) функционирует в коммуникации в виде единства предметного смысла и предметного представления, он может быть *указанием* (*Anzeichen*) или *выражением* (*Ausdruck*) [1, с. 35–40]. Последний вид знаков соответствует терминам *понятие* (*Begriff*) и *суждение* (*Urteil*) из классической логики. Гуссерль пишет, что при семантическом анализе, который должен стать частью феноменологического необходимо учитывать лексемы как лингвистические и их грамматическую составляющую [1, с. 23–25], однако не касается фонем. Настоящие тезисы призваны вкратце очертить эту область и поднять вопрос о коммуникативной функции фонемы.

Становление феноменологический метода философии происходит в среде неокантианства. Уже в первое десятилетие XX века феноменология встаёт на почву трансцендентализма, но ещё задолго до манифестации трансцендентализма феноменология придерживается неокантианских позиций: для неё справедливо утверждение, что быть способным рассудочно мыслить, т. е. синтетически конституировать новые понятия – это быть способным к такой рефлексии представления, которая могла бы быть представлением всякого представления. Требование *адекватной очевидности* как мерила (*Maßstab*) достоверности как раз и приводит феноменологию к принятию имманентности горизонта переживаний и горизонта осознанности. Поэтому на определённом этапе своего развития феноменология теряет понятие *объективности* и перестаёт обращаться к процессу *коммуникации* как к предметной области исследования. Однако вскоре феноменология возвращает себе проблематику объективности и коммуникации, начатую в «Логических исследованиях», благодаря разработке теории *интерсубъективности*.

Выражение (*Ausdruck*) – т. е. понятие или суждение — благодаря своей коммуникативной (или аутокоммуникативной) функции может иметь *объективное* или *окказионально-субъективное* значение. *Объективное* значение в коммуникации понимается исключительно благодаря содержанию грамматического и фонетического проявления выражения. *Окказионально-субъективное* значение в коммуникации требует помимо *выражения* ещё и *указания на обстоятельства* (*Sachlage*) предметного представления. Значение (*Bedeutung*) как единство предметного смысла и предметного представления выступает в феноменологии в качестве *интенционального содержания* сознания – тем, что явлено (*ist erscheinend*). В свою очередь значение коррелирует со структурами сознания (*переживаниями*, *Erlebnisse*), посредством которых оно явлено, а описание этих структур, как и описание самой корреляции, представляет собой задачу феноменологии. Предметное представление, усмотрение (*Anschauung*, в терминологии русского кантианства – «наглядное представление») – это результат синтетической деятельности придания формы чувственным данным (*hyletische Data*) сознания. Чувственному созерцанию присущ параллелизм по отношению к смысловой грамматике явления, и Гуссерль, когда пишет об этом, «играет» с термином *Ausdruck*, поскольку феномен чувственного созерцания «экс-прессирует», т. е. «вы-печатывает» себя «в материю означивания» [2, с. 659]. Любой знак, обладающий предметным смыслом, в коммуникации соотносится с двумя представлениями: представлением о содержании фонетического и грамматического проявления выражения или указания и представлением о самом предмете. Первое представление называется интенциональным содержанием *сигнитивного акта* сознания, а второе – интенциональным содержанием *интуитивного акта*.

Коммуникация и опыт находятся в динамическом единстве переживаний, тематическую разработку предметного поля которого феноменология предпринимает на позднем этапе своего становления: на этапе «генетической феноменологии» и «заранее-данных» (*vorausgegebene*) конституций переживаний. Рассмотрение единства предметного смысла и предметного представления как заранее-данной конституции переживания приводит к предположению, что значением обладают не только суждения и понятия, но также морфемы и фонемы.

Описание интенциональной структуры переживаний проводится как описание (в рефлексивной позиции) некоторой формы предметности, имманентной внутреннему сознанию времени и обусловленной им. Описание интенциональной структуры переживаний может использовать язык математики. Многие последователи феноменологии Э. Гуссерля (в частности, один из его учеников и ассистентов Л. Ландгребе) ясно видели родство между структурами феноменологии внутреннего сознания времени и струк-

турами математической лингвистики. В частности, для феноменологического описания коммуникативной функции фонем подходит фонологическая теория Р. Якобсона [3].

Список используемых источников

1. Гуссерль, Э. Логические исследования. Исследования по феноменологии и теории познания : пер. с нем. В. И. Молчанова. М. : Дом интеллектуальной книги, 2001. CVII, 471 с.
2. Husserl, E. Logische Untersuchungen. Untersuchungen zur Phänomenologie und Theorie der Erkenntnis. Hamburg : Felix Meiner Verlag, 1992. 783 s.
3. Якобсон, Р. О теории фонологических союзов между языками // Якобсон Р., Избранные работы. М. : Прогресс, 1985. 460 с.

УДК 378

КОММУНИКАТИВНАЯ МОБИЛЬНОСТЬ КАК КОМПОНЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Т. Р. Галиева

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

В статье дается определение «коммуникативная мобильность», описывается значение коммуникативной мобильности и ее роль в формировании профессиональной коммуникативной компетенции студентов технического вуза. Также в статье анализируются профессионально-ориентированные цели, установленные государственными образовательными стандартами, при подготовке студентов технического вуза, готовых к взаимодействию в профессиональной сфере общения.

коммуникативная мобильность, коммуникативная компетенция, профессиональная компетенция, образовательные стандарты.

В связи с существенными политическими и экономическими изменениями в России появилась необходимость изменений в сфере высшего профессионального образования с целью подготовки конкурентоспособных специалистов.

Студент высшего учебного заведения должен получить не только профессиональные знания и умения, но и научиться быстро и эффективно адаптироваться к изменениям в процессе профессиональной коммуникации.

То есть, на данный момент качество подготовки специалиста определяется его готовностью к эффективной профессиональной деятельности, владением профессиональными навыками, способностью адаптироваться к быстро меняющимся условиям современного мира, а также умением использовать полученные знания при решении профессиональных задач. Это требует новой структуры, содержания, форм и видов профессиональной подготовки выпускников технического вуза.

Современный инженер часто оказывается в ситуации общения с зарубежными коллегами. В связи с этим расширяется диапазон возможных ситуаций его коммуникативного поведения, от эффективности которого во многом будет зависеть успех его профессиональной деятельности. Следовательно, подготовка специалистов в сфере ИКТ предполагает формирование и развитие у студентов ряда умений и навыков, необходимых для успешной профессиональной коммуникации в ситуации межкультурного общения. К их числу относятся коммуникативные навыки профессионального общения, умение выстраивать коммуникацию при групповом решении проблемы, способность обозначить новые формы действия, а также умение критически мыслить.

Таким образом, возникает необходимость особой подготовки профессионалов данного профиля, то есть формирование и развитие у них профессиональной коммуникативной компетенции – способности к осуществлению качественного общения в разнообразных (в том числе и непредвиденных, проблемных) ситуациях профессионального взаимодействия.

Ключевым компонентом профессиональной коммуникативной компетенции специалиста является коммуникативная мобильность.

Прежде всего, отметим, что интерес к мобильности как к педагогическому понятию появился не так давно. При этом, мобильность исследуется в нескольких направлениях: академическая (образовательная) мобильность (Н. К. Дмитриева, Л. В. Зновенко, А. Н. Шеремет и др.) [1, 2, 3], профессиональная мобильность (Л. А. Амирова, Л. В. Горюнова, Э. Ф. Зеер, В. А. Мищенко, Л. Я. Хоронько и др.) [4, 5, 6, 7, 8].

При анализе публикаций педагогического направления в диссертационных исследованиях последних лет «коммуникативная мобильность», в основном, рассматривается применительно к специалистам гуманитарного профиля, специалистам в области иноязычного общения, сотрудникам информационных служб.

Прежде всего, стоит отметить исследование А. Н. Аглаева, А. Л. Акулиной и О. В. Смирновой. Коммуникативная мобильность интерпретируется исследователями в следующих значениях: «коммуникативная мобильность – интегральная характеристика личности, отражающая способность адаптироваться к осуществлению эффективной коммуникации в различных

условиях профессиональной деятельности и приводить коммуникационные знания, умения и опыт в состояние наивысшей готовности к взаимодействию с различными участниками образовательных отношений» (А. Н. Алгаев) [9, с. 80]; «способность, готовность и желание личности осуществлять эффективные коммуникации с людьми разных культур, статуса, а также уровня развития за счёт усвоения и свободного смысло-значимого ситуативного оперирования широким диапазоном рече-коммуникативных средств, использования комплекса коммуникативных стратегий и тактик, и их языкового наполнения, которое может реализовываться в конкретной ситуации языкового общения» (А. Л. Акулина) [10, с. 6]; «особое качество личности, представляющее собой коммуникативную способность специалиста быстро реагировать (вербально и невербально) в нестандартной, проблемной ситуации профессиоанального общения» (О. В. Смирнова) [11, с. 250].

Более узко коммуникативную мобильность рассматривают Т. Н. Горбатова и С. В. Рыбушкина. По их мнению, «коммуникативная мобильность – профессиональное качество специалиста, профессиональная деятельность которого связана с иноязычным общением» [12, с. 1143].

Перефразируя данные выше утверждения, можно полагать, что коммуникативная мобильность – это набор качеств личности, которые характеризуют ее как способную быстро и адекватно реагировать в любой речевой ситуации профессиоанального общения.

Так как современная профессиоанальная деятельность предусматривает большое количество разнообразных речевых ситуаций, следовательно, формирование коммуникативной мобильности должно стать неотъемлемой частью учебного процесса. Многое достигается за счёт самообучения и саморазвития, но основы коммуникативной мобильности личности должны быть заложены в процесс подготовки специалистов в сфере ИКТ.

В современной педагогике подготовка специалиста любого профиля описывается в параметрах модели, отражающей в виде аналитического описания основных характеристик профессионала, востребованные (профессиональным) (со)обществом в определенный промежуток времени. Традиционно признается, что модель должна отражать:

- а) функции профессионала,
- б) содержание профессиоанальной деятельности,
- в) качества специалиста,
- г) знания и умения, которыми он должен обладать.

Модель специалиста в той или иной области фиксируется в определенных документах и прежде всего в Государственном образовательном стандарте. По мнению В. М. Соколова, «образовательный стандарт, отражая цели функционирования и развития образовательной системы, представляет собой совокупность социальных (государственных) норм – требований

к уровню образованности, подготовленности выпускника, к самой образовательной системе» [13].

ФГОС ВО по направлению подготовки магистров (2017) [14] учитывает 3 вида компетенций: универсальные, общепрофессиональные и профессиональные. Следует проанализировать, имеются ли коммуникативно маркированные элементы среди представленных в стандарте компетенций, которые помогут сформировать коммуникативную компетенцию и коммуникативную мобильность в полном объеме. Стоит отметить, что ФГОС ВО прошлых лет (2014) [15] не включали в себя универсальные компетенции, в требованиях к результатам освоения программы значились общекультурные компетенции.

Согласно классификации общих компетенций, изложенных в монографии В. Д. Шадрикова, Д. Б. Пузанкова, И. Б. Федорова, Я. И. Кузьминова [16], выпускник высшей школы должен обладать навыками социального взаимодействия (межкультурное взаимодействие: способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе взаимодействия); организации и самоуправления (самоорганизации и самоуправления: способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки; коммуникация: способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия); компетенции самостоятельной познавательной деятельности (системное и критическое мышление: способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий; разработка и реализация проектов: способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла); наличие системно-деятельностной компетенции (командная работа и лидерство: способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели) [14, с. 6].

Как видно из приведенных выше перечней общих (универсальных) компетенций, элементы коммуникативной компетенции и коммуникативной мобильности в них обозначены довольно четко. Это служит основанием к тому, чтобы сделать вывод о том, профессионально-коммуникативная компетенция включается в состав универсальных компетенций, необходимых для обеспечения качественного процесса обучения.

В структуре ФГОС ВО (2017) общенаучные компетенции входят в состав общепрофессиональных компетенций, таким образом, этот факт служит доказательством большой значимости научно-исследовательской работы магистрантов. В составе коммуникативно-маркированных общенаучных компетенций выделяют такие умения, как способность представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути

их решения и оценивать эффективность сделанного выбора (научное мышление); способность реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации (исследовательская деятельность) [14, с. 7].

Общепрофессиональные умения представляют собой владение информационными технологиями (способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности) и компьютерной грамотностью (способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решении проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач) [14, с. 7].

Очевидно, что существует продуктивная взаимозависимость общенаучных компетенций, общепрофессиональных компетенций с профессиональной коммуникативной компетенцией.

Согласно ФГОС ВО (2017), «профессиональные компетенции, устанавливаемые программой магистратуры, формируются на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников (при наличии), а также, при необходимости, на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники, иных источников (далее – иные требования, предъявляемые к выпускникам)» [14, с. 7].

Из выше приведенного анализа, следует, что коммуникативная компетенция прописана буквально и объединяет в единое пространство все предложенные виды компетенций, следовательно, ее статус в структуре модели современного специалиста как особо значимой является общепризнанным, и именно коммуникативная компетенция должна стать эффективно связующим звеном среди всех формируемых у выпускника компетенций.

И, так как, доминантой в содержательной специфике профессиональной коммуникативной компетенции студента технического вуза является готовность и способность осуществлять качественное профессионально-ориентированное общение в разных, в том числе нестандартных ситуациях, требующих гибкости в общении и быстроты реакции, то значимость коммуникативная мобильность, как показатель готовности специалиста в сфере ИКТ к профессиональной коммуникативной деятельности, очевидна.

Список используемых источников

1. Дмитриева Н. К. Становление академической мобильности студентов в процессе обучения иностранному языку: автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Дмитриева Наталия Константиновна. Петрозаводск, 2013. 25 с.
2. Зновенко Л. В. Развитие академической мобильности студентов педагогического вуза в условиях непрерывного образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Зновенко Лариса Валерьевна. Омск, 2008. 24 с.
3. Шеремет А. Н. Формирование академической мобильности будущих учителей информатики средствами информационных и коммуникационных технологий: автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Шеремет Алена Николаевна. Новокузнецк, 2009. 24 с.
4. Амирова Л. А. Развитие профессиональной мобильности педагога в системе дополнительного образования: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.08 / Амирова Людмила Александровна. Уфа, 2009. 410 с.
5. Горюнова Л. В. Составляющие профессиональной мобильности современного специалиста // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Общественные науки. 2007. N 1. С. 63–68.
6. Зеер Э. Ф., Кормильцева М. В. Социально-личностные компетенции и профессиональная мобильность как целевая ориентация образования // Сибир. пед. журн. 2009. N 10. С. 72–78.
7. Мищенко В. А. Сущностные характеристики профессиональной мобильности // Вестник ТГУ. 2010. N 9. С. 61–66.
8. Хоронько Л. Я. Профессиональная мобильность как свойство личности специалиста // Вестник непрерывного образования. 2010. N 1. С. 60–63.
9. Алгаев А. Н. Развитие коммуникативной мобильности будущих педагогов-психологов в процессе профессиональной подготовки в вузе : дис. ... канд. псих. Наук : 13.00.08 / Алгаев Артур Нурдинович. Владикавказ, 2013. 200 с.
10. Акулина А. Л. Коммуникативная мобильность специалиста гуманитарного профиля // Наука сегодня: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Вологда, 24 октября 2014 г.: в 4 частях. Часть 3. – Вологда: ООО Издательский дом Вологжанин, 2014. С. 112.
11. Смирнова О. В. Коммуникативная мобильность как компонент профессиональной коммуникативной компетенции экономиста-международника (анализ образовательных стандартов) // Профессиональное лингвообразование: материалы шестой междунар. науч.-практ. конф. (Н. Новгород, 1–15 июля 2012 г.). Н. Новгород: НИУ, 2012. С. 360.
12. Горбатова Т. Н., Рыбушкина, С. В. Коммуникативная мобильность в рамках иноязычного пространства как важная составляющая профессиональной компетенции специалиста // Молодой ученый. 2015. N 10. С. 1143-1145.
13. Соколов В. М. Основы проектирования образовательных стандартов (методология, теория, практический опыт). М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1996. 86 с.
14. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень магистратуры)»: утв. М-вом образования и науки Рос. Федерации от 22 сентября 2017 г. № 958 : ввод. в действие с 30.12.2017. – М., 2017. – 13 с.
15. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень магистратуры)»: утв. М-вом образования и науки Рос. Федерации от 30 октября 2014 г. № 1403 : ввод. в действие с 15.02.2015. – М., 2014. – 15 с.

16. Шадриков В. Д. Кузьминов Я. И., Пузанков Д. Б., Федоров И. Б. Государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования: перспективы развития : монография / под ред. Я. И. Кузьмина, Д. В. Пузанкова, И. Б. Федорова, В. Д. Шадрикова. М. : Логос, 2004. 328 с.

Статья представлена заведующей кафедрой, кандидатом филологических наук, доцентом Е. Ф. Сыроватской.

УДК 94(480/485)

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ШВЕЦИИ И ФИНЛЯНДИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ХХ ВЕКА

А. Б. Гехт

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

Данная статья посвящена краткому рассмотрению научно-образовательного комплекса, сложившегося во второй половине XX столетия в крупнейшей и наиболее развитой скандинавской стране – Швеции, а также исторически тесно с ней связанной соседней Финляндии. ВО многом благодаря наличию эффективных научно-образовательных комплексов эти страны занимают высокие позиции в области современных широкопрофильных научных исследований.

Швеция, Финляндия, высшее образование, научно-образовательный комплекс.

Как известно, во второй половине XX столетия помимо развитой системы социального обеспечения, за счет высокого налогообложения в скандинавских странах также был сформирован и крупный научно-образовательный комплекс, ставший источником подготовки большого количества высококвалифицированных работников. Настоящая статья посвящена краткому рассмотрению научно-образовательного комплекса, сложившегося в крупнейшей и наиболее развитой скандинавской стране – Швеции, а также исторически тесно с ней связанной соседней Финляндии.

Так, в Швеции к середине 1970-х гг. существовало пять крупных университетов в городах Уppsала, Лунд, Стокгольм, Гетеборг и Умё. Следует сказать, что, хотя первые высшие учебные заведения появились в Швеции еще в XV в., основной толчок к своему развитию они получили на рубеже XIX–XX вв. в ходе создания крупных промышленных предприятий и соответствующего роста спроса на технических специалистов. Заметим,

что по мере проведения в королевстве реформ в социал-демократическом ключе, расходы на образование в Швеции являлись одними из самых высоких среди развитых стран – к 1980 г. они достигли почти 7 % от ВВП; в это же время в Японии этот показатель составлял порядка 5,2 %, во Франции – 4,4 %, а в Великобритании – 5,3 % [1].

В своем современном виде шведская система образования начала формироваться после Второй мировой войны, когда была проведена реформа учебных заведений: реформы в сфере школьного образования были в целом завершены к середине 1960-х гг., а в сфере высшего образования – примерно к концу 1970-х гг. Важным шагом на пути формирования шведского сектора высшего образования можно считать начало реализации в 1968 г. программы «U 68», которая предполагала приведение учебных программ университетов и колледжей в соответствие с потребностями непосредственно промышленных предприятий. В ходе ее выполнения уже в следующем 1969/70 учебном году по решению парламента на ряде технических специальностей внедрялись новые учебные программы. В 1973 г. началась программа реформирования всей системы высшего образования – по её итогам к 1980-м гг. вместо большого количества образовательных учреждений с самым разным организационным устройством и нередко разнородными учебными программами была введена система, включающая в себя следующие ступени:

- дошкольные учебные заведения для детей до 7 лет;
- обязательная начальная школа с девятилетним сроком обучением для всех граждан Швеции;
- средняя школа с двухлетним сроком обучения;
- колледжи и высшие учебные заведения (университеты, медицинские и политехнические институты), в которые могут поступать те, кто успешно завершил предыдущие два этапа [2, с. 136].

Параллельно с организационными преобразованиями в означенный период возросли и расходы на образование – в течение 1960-80-х гг. этот показатель возрос с 6,3 % до 7,7 % от валового внутреннего продукта [2].

Поскольку подавляющее число шведских учебных заведений традиционно находились либо в государственной, либо в муниципальной собственности, этот рост был обеспечен практически полностью за счет бюджетных средств. Так, среди высших учебных заведений к середине 1980-х гг. имелся только один частный университет (Стокгольмская высшая коммерческая школа), число частных школ также было весьма невелико; впрочем, они тоже получали субсидии из центрального и муниципальных бюджетов. Однако нельзя сказать, что это являлось неким экстраординарным событием, подобное увеличение расходов на образование стало скорее логическим продолжением политики правительства социал-демократов по развитию человеческого капитала.

Если в 1920-х гг. образовательным стандартом для большинства населения было шестилетнее обучение в так называемых народных школах, то уже к 1980-м гг. он возрос до полного курса средней школы с продолжительностью обучения не менее 9–11 лет, причем в дальнейшем заметная часть выпускников продолжала свое образование либо в колледжах, либо в вузах [3].

Еще одним важным этапом в становлении современной шведской системы высшего образования стало принятие в 1977 г. Закона о высшем образовании и проведение в том же году унификации всех университетов. Согласно принятым правилам, все шведские вузы обязывались следовать единым правилам управления учебным процессом и порядком набора новых студентов. Помимо организационных преобразований, правительством было принято решение о создании ряда новых университетов, которые должны были специализироваться на определенной отрасли науки (медицине, информационных технологиях и т. д.), поскольку уже существовавшие классические университеты не могли справиться с подготовкой необходимого числа технических специалистов.

В частности, в 1975 г. в городе Линчёпинге был создан первый подобный университет, занимающийся обучением студентов и НИОКР в сферах медицины и новых промышленных технологий. Что касается численности ежегодно выпускаемых специалистов с высшим образованием, то в течение 1960–70-х гг. этот показатель составлял порядка 20 000–25 000 чел., а к концу 1980-гг. он возрос до 40 000 чел. [4].

В секторе научных учреждений основная масса шведских исследовательских институтов появилась в послевоенное время, а именно в период 1945–1975 гг., причем они существовали преимущественно либо как исследовательские подразделения корпораций, либо как формально независимые организации, но при этом регулярно получающие заказы со стороны частного сектора и финансирование со стороны государственного бюджета. Основная масса этих исследовательских учреждений была сосредоточена, как можно логично предположить, в наиболее крупных отраслях – в лесной и бумажной промышленности, металлургии и машиностроении. Эту закономерность можно проследить практически на протяжении всей истории Швеции – так, первое специализированное научное учреждение, Ассоциация производителей железа (*Jernkontoret*), возникла в 1747 г. как раз при шведских металлургических заводах.

Как уже упоминалось ранее, подавляющее число исследовательских учреждений появилось в течение 30 послевоенных лет – если до 1940 г. в Швеции имелось не более 6 подобных организаций, то к 1970-м гг. их число возросло до 30. В 1968 г. для упорядочения накопленных знаний был учрежден Шведский Совет по информации и документации – в рамках этой организации начала проводиться как систематизация уже полученных

результатов НИОКР, так и координация деятельности исследовательских организаций [2, с. 77].

Не оставались в стороне от развития шведских научно-образовательных учреждений и органы государственной власти. Так, в 1945 г. был основан Шведский исследовательский совет по естественным наукам (*The Swedish Natural Science Research Council – NFR*), призванный заниматься финансированием фундаментальных исследований в области естественных наук. Изначально этому Совету были переданы весьма существенные полномочия и средства для их реализации – достаточно отметить, что в течение 30 последующих лет через систему грантов им были профинансираны порядка 40 % всех фундаментальных исследований, проводившихся в стране [5].

Эти средства направлялись преимущественно на оплату труда самих исследователей, публикацию научных статей и закупку научного оборудования. Помимо этого учреждения, в Швеции в послевоенный период создавались правительственные советы, действовавшие схожими методами в прочих областях знания – в медицине в 1945 г. появился Шведский медицинский исследовательский совет (*The Swedish Medical Research Council*), в гуманитарных науках в 1947 г. был основан Совет по социальным наукам (*The Council for Social Science Research*), в сельском хозяйстве в 1967 г. был учрежден Шведский совет по исследованиям в лесном и сельском хозяйстве (*The Swedish Council for Forestry and Agricultural research*) и т.д.

В общей сложности для обеспечения развития науки к 1970-м гг. в Швеции функционировало порядка 10 различных координирующих учреждений. К началу 1970-х гг. на нужды исследовательского сектора в Швеции ежегодно расходовалось примерно 2,6 млрд шведских крон, или 1,6 % от ВВП, причем 1,1 млрд крон приходились на государственный бюджет и распределялись через многочисленные правительственные агентства, а оставшиеся 1,5 млрд вкладывались частным сектором [6].

Средства частного сектора активно шли не только непосредственно на прикладные разработки, но и на поддержку образовательной системы – ежегодно вузам корпорациями выделялось порядка 250 млн крон, при том, что аналогичная статья расходов государственного бюджета составляла порядка 310 млн крон [6]. Если же брать весь промышленный сектор Швеции, то к началу 1970-х гг. расходы на НИОКР составляли в нем в среднем порядка 2,5 % всех производственных издержек. Однако эта доля была довольно неоднородна в различных отраслях – если в фармацевтике она достигала 20 %, то в отраслях, выпускающих потребительские товары, не превышала 0,5 % [6, Р. 28]. Заметим, что подобные соотношения наблюдались практически во всех развитых странах того времени.

Помимо государственных структур и частных корпораций, некоторый, хотя и существенно меньший, объем вложений в НИОКР совершали и различные некоммерческие фонды, в большинстве своем частного происхождения. Общий объем ежегодно выделяемых ими средств к началу 1970-х гг. достиг отметки в 40,1 млн шведских крон. Необходимо отметить, что крупнейшей подобной организацией являлся подконтрольный богатейшей в Скандинавии промышленно-финансовой группе семьи Валленберг фонд Кнута и Алисы Валленберг с объемом инвестиций в 17,4 млн шведских крон [6].

Говоря о Финляндии, подчеркнём, что сформированный к 1970-м гг. национальный научно-образовательный комплекс существенно уступал по своим масштабам шведскому, прежде всего по расходам на ведение исследовательской деятельности. Согласно отчетам финского Министерства образования, суммарные затраты на НИОКР к 1972 г. едва достигли 364 млн финских марок, что составило всего лишь 1 % от ВНП. Но даже такой скромный показатель оказался существенным достижением для страны, поскольку еще в 1968 г. он не превышал 200 млн марок, или 0,6 % от ВНП. При этом подобный рост был достигнут в основном благодаря вложениям государственного бюджета в различные вузовские разработки, а не за счет частного сектора – более чем 60 % всех расходов на НИОКР обеспечивалось правительством [7, Р. 185].

Относительно подготовки специалистов для различных отраслей экономики в Финляндии к началу 1970-х гг. сложился определенный перекос в сторону гуманитарных наук. Так, из общего числа студентов в 50 700 чел. порядка 31 600 чел. обучались по направлениям социальных наук, а по естественным наукам – порядка 15 000; прочие же студенты приходились на медицинские учебные заведения. Нельзя сказать, что финское правительство не предпринимало мер в сложившейся ситуации – в принятом в 1966 г. законе о развитии университетской системы (*Act on the Development of the University System*) была поставлена цель увеличить число обучающихся в технических вузах до 28 000, а общее число студентов довести до 60 000 к 1981 г. [8].

В части государственного управления в Финляндии к 1970-м гг. существовали правительственные структуры, во многом аналогичные шведским. С одной стороны, место центрального координатора занимало Центральное управление финских исследовательских советов (*Central Board of Finnish Research Councils*), которое распределяло бюджетное финансирование, устанавливало планы на проведение НИОКР и т. д. С другой стороны, отраслевые аспекты НИОКР во многом были делегированы соответствующим Национальным исследовательским советам в областях естественных наук, медицины, сельского хозяйства и т. д. – в общей сложности насчитывалось 6 подобных организаций.

Однако, по мнению финского правительства, все эти советы недостаточно успешно справлялись с возложенными на них задачами, и для восполнения пробелов в их деятельности в феврале 1963 г. был основан Государственный научный совет (*State Science Council*), а спустя 3 года дополнительно появился Государственный совет по высшему образованию (*State Council for Higher Education*) [7, Р. 188]. Их целью стало обеспечение взаимодействия между научным сообществом Финляндии и правительством для более эффективного учета потребностей сектора НИОКР. В частности, эти новые структуры в ходе ежегодного принятия парламентом государственного бюджета должны были лobbировать среди депутатов возможно большее финансирование для научных и образовательных учреждений. По сути, парламентские слушания и являлись в тогдашней Финляндии одним из главнейших способов получить финансовую поддержку для ученых. Эта ситуация сохраняется до сих пор, даже несмотря на то, что к настоящему времени у финского научно-исследовательского сектора появились новые источники финансирования как в виде доступа к венчурным фондам, так и в виде различных программ поддержки национальных НИОКР, в совокупности, позволяющие этой небольшой североевропейской стране сохранять исключительно высокий уровень научных разработок, не уступающих не только развитым странам Скандинавии, но и ведущим государствам мира.

Список используемых источников

1. Public spending on education, total (% of GDP) // World Bank, 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS?page=6> (дата обращения 16.12.2017).
2. Волков А. М. Швеция: социально-экономическая модель. М. : Мысль, 1991. 188 с.
3. Vylder, Stefan de. The Rise and Fall of the Swedish Model // Occasional paper 26, United Nations Development programme, 1996. Р. 16.
4. Linköping University – expanding reality // Linköping University [Электронный ресурс]. URL: <http://www.liu.se/om-liu?l=en> (дата обращения 26.12.2017).
5. Science policy and organization of research in Sweden // UNESCO, 1974. Р. 18.
6. Ibid.
7. National science policies in Europe, UNESCO, 1972.
8. Higher Education in Finland, UNESCO, 1988. [Электронный ресурс]. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000829/082933eo.pdf> (дата обращения 06.01.2018).

УДК 654.1

ГУМАНИТАРИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

А. А. Долгомер, Д. Л. Осипов

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

Гуманитарное образование в техническом вузе является компонентом как общекультурной, так и профессиональной подготовки. Гуманитаризация технического образования обеспечивает личностное развитие будущего специалиста. В статье представлены основные тенденции развития гуманитаризации; место и роль гуманитаризации в образовании.

гуманитаризация, высшее образование.

Активный процесс становления мировых держав на путь постиндустриализма заставляет общество пересматривать требования к современному образованию. Наряду с резким повышением значимости научно-ёмких отраслей, сектора услуг и инноваций особенную актуальность приобретает формирование специалиста нового уровня. Такой специалист должен быть не только высокообразован и легко обучаем, но и творчески подходить к решению поставленных задач. Однако совместимы ли «творчество» и техническое образование? Необходимы ли будущим инженерам знания гуманитарных дисциплин? И отвечает ли в целом гуманитаризация высшего технического образования запросам текущего рынка сбыта?

Первостепенный фактор, определяющий востребованность той или иной профессии, а, следовательно, и требования к подготовке выпускающихся специалистов, – это экономика страны [1].

В начале двадцатого века Россия встала на путь модернизации. Реформы 60–70-х гг. девятнадцатого века вызвали бурное развитие экономики России, утверждение в ней капиталистического способа производства, а затем, в начале двадцатого века, и необходимости перехода к индустриальному обществу. Индустриальное общество характеризуется:

- преобладанием доли промышленной продукции в национальном доходе;
- преобладанием городского населения по сравнению с сельским;
- высоким уровнем грамотности населения.

Российская модернизация имела свои особенности. Она носила как бы «догоняющий» характер и проходила под контролем верховной власти. Основные показатели, отражающие степень модернизации России к 1916 г., приведены в таблице.

ТАБЛИЦА. Показатели экономики России на 1916 год

Национальный доход страны	16,4 млрд рублей (7,4 % от общемирового)
Темпы прироста национального дохода	свыше 7 % (одни из самых высоких в мире)
Валовое промышленное производство	5,7 млрд рублей (3,8 % от общемирового)
Степень урбанизации	18 % населения (свыше 30 млн чел.)

Несмотря на значительные сдвиги в экономике страны, Россия на пути к индустриализации всё же заметно отставала от развитых мировых держав [2]. Страна оставалась преимущественно аграрной – сельское хозяйство давало 51 % национального дохода, промышленность – только 28 %.

На этом фоне государственные расходы на народное образование с 1900 по 1915 г. увеличились более чем в пять раз. Появились новые технические вузы в Петербурге, Новочеркасске, Томске. Но уровень образования только 20 % российского населения соответствовал общеевропейским нормам.

После революции 1917 г., когда к власти пришли большевики, курс на индустриализацию был продолжен, но вместе с тем, значительно подкорректирован.

В конце 1925 г. были определены основные цели советской экономики:

- ликвидация технико – экономической отсталости страны;
- достижение экономической независимости;
- создание мощной оборонной промышленности;
- первоочерёдное развитие базовых отраслей промышленности (топливной, химической, металлургии, машиностроения).

Советские экономисты составляли планы реализации этих целей сроком на пять лет. Параллельно шла коллективизация крестьянских хозяйств. Как итог, Россия из аграрной страны превратилась в сильную индустриальную державу.

Для осуществления такого мощного индустриального скачка требовались люди с техническим образованием. В меру возможностей советская власть делала всё, чтобы удовлетворить нехватку подобных специалистов. Так, декретом СНК от 2 августа 1918 г. «О правилах приёма в высшие учебные заведения» преимущественное право поступление в вузы получали рабочие и крестьяне. Начала формироваться новая советская интеллигенция.

И если представители гуманитарных направлений науки работали в основном благодаря собственному энтузиазму, то учёных – естественников государство стремилось привлечь к тесному сотрудничеству.

Стремительное развитие образования в 30-е гг. двадцатого века привело к «культурной революции». По данным переписи 1939 г., грамотность в СССР составила 87,4 %. Примерно в это же время Советский Союз вышел на первое место в мире по числу учащихся и студентов.

Рост грамотности в стране вызвал большой спрос на литературу. Стали открываться массовые библиотеки. Кроме того, шло активное приобщение советских людей к искусству. Увеличилось число театров, кинотеатров, филармоний; получила широкое распространение художественная самодеятельность. По всей стране создавались клубы и дворцы культуры. А. И. Солженицын писал о том времени:

«Инженер?! Мне пришлось воспитываться как раз в инженерной среде, и я хорошо помню инженеров двадцатых годов: этот открыто светящийся интеллект, этот свободный и необидный юмор, эта лёгкость и широта мысли, непринуждённость переключения из одной инженерной области в другую и вообще от техники к обществу, к искусству. Затем эту воспитанность, тонкость вкусов; хорошую речь, плавно согласованную и без сорных словечек; у одного немножко музицирование; у другого немножко живопись; и всегда у всех – духовная печать на лице».

Таким образом, индустриализация, предполагающая активное распространение именно технического образования, никак не отрицала необходимости формирования общего культурного уровня у будущих технических специалистов; он достигался, в основном, за счёт досугового времени и по собственному желанию.

В 90-е гг. XX века был положен конец плановой экономической системе. Россия стала присматриваться к Западу, в котором уже давно шли процессы постиндустриализации. По замечанию кандидата экономических наук А. С. Скоробогатова [3], «успешное экономическое развитие в наше время как будто предполагает, что, подобно тому как в прошлом страна должна была пройти индустриализацию, чтобы стать индустриальной, теперь требуется постиндустриализация». Но он также отмечает, что Россия пока ещё не готова перейти к постиндустриальному обществу и что для неё этот путь будет долгим и тяжёлым. В то же время, в отдельных регионах страны, находящихся в центре национальной экономики или на её полупериферии, в частности, в Москве и в Санкт – Петербурге, возможно формирование так называемых постиндустриальных «анклавов».

Экономика постиндустриального общества в результате научно-технической революции и существенного роста доходов населения предполагает переход от производства товаров к производству услуг. В таком обществе

информация и знания становятся важнейшими ресурсами, а научные разработки – главной движущей силой экономики. В работниках ценятся, прежде всего, уровень образования, профессионализм, обучаемость и креативность.

Можно сделать вывод, что в постиндустриальном обществе по сравнению с индустриальным, техническое образование по-прежнему остаётся приоритетным для развития экономики, но всё больше требуются работники с образованием, находящимся на стыке технического и гуманитарного. Иными словами, современная экономика предполагает наличие *универсальных специалистов*, свободно ориентирующихся как в технических, так и в гуманитарных областях с упором, всё – таки, на техническое образование. Россия, в своём стремлении встать на рельсы постиндустриализации, планомерно идёт к формированию большой «прослойки» таких специалистов.

Всё вышесказанное подтверждает необходимость гуманитаризации высшего технического образования в нашей стране. Это позволит обогатить естественнонаучные и технические дисциплины материалом, раскрывающим борьбу научных идей, зависимость социально-экономического и научно-технического прогресса от личностных, нравственных качеств человека; сформирует общий культурный уровень у будущего специалиста.

Современный рынок сбыта нуждается в универсальных специалистах, то есть в тех специалистах, которые имели бы и прекрасное техническое образование, и хорошо ориентировались бы в гуманитарных дисциплинах. Такой уровень профессионализма в полной мере может обеспечить гуманитаризация высшего технического образования. С другой стороны, гуманитарные дисциплины можно проводить и в виде факультативов, самостоятельно, как это делали в СССР в период развития индустриального общества. Однако в данном случае остается открытым вопрос, будет ли интересно современному поколению работать в таком режиме? Хватит ли у него мотивации?

Кроме того, сейчас происходит переплетение разных отраслей экономики, появляются междисциплинарные науки [4]. Не исключено, что совсем скоро гуманитарные и технические специальности будут сильно зависеть друг друга, и без знания тонкостей одних нельзя будет продвинуться в других.

Закончить работу хотелось бы не «точкой», а «многоточием». Для этого я приведу мнения отдельно опрошенных респондентов. Всем им задавался один и тот же вопрос: «Как вы относитесь к гуманитаризации высшего технического образования?»

Инна, 19 лет, СПбГУ

«Никто ведь не говорит об углубленных знаниях? Так, поверхностно если, для общего представления картины мира. Ну, действительно, гуманитарные науки помогают развивать речь, не бояться публики, вообще дают общее представление обо всем происходящем в мире. Вот право мне нравится. Русский тоже. В целом прикольно, на них мы хотя бы как-то отвлекаемся от цифр и формул».

Любовь, 19 лет, СПбГУ

«Я не могу полностью оценить. Ведь у меня как раз золотая середина: технологии и экономика. Но вот если послушать моего дядю – инженера, то он жалеет, что порой было мало теорвера или математических и прикладных предметов. В технические вузы и идут люди соответствующие, у кого мозги в эту сторону повернуты. Я восхищаюсь, конечно, такими. Для них это все легко и интересно».

Владислав, 19 лет, ВКА им. Можайского

«Я против. И в этом уже много раз убедился, пока сидел на философии и социологии. Единственное, что социология интересна мне, просто как способ узнать о мире и о взаимоотношениях людей со стороны научных исследований».

Константин, 21 год, МГУ

«Резко отрицательно. На словах это прекрасно, а на деле у инженеров не будет никакой мотивации это учить, кроме оценки, и преподаваться это будет на крайне низком уровне (потому что сильные преподаватели этим заниматься просто не будут)».

Дмитрий, 24 года, работает

«Всё зависит от карьеры, которую хочет построить студент, и не важно, где он учится. Я закончил геофак, а занимаюсь спортом менеджментом и маркетингом».

Список используемых источников

1. Злобин Н. С. Культура и общественный прогресс. М., 1980.
2. Данилов А. А., Косулина Л. Г. История России. М., 2001.
3. Скоробогатов А. С. Перспективы постиндустриального общества в России в свете иерархичности национальных и региональных экономик. ЮФУ, 2008.
4. Научно-популярный журнал «Машины и Механизмы». Январь 2017. № 1 (136).

УДК 364.662-34:351(063)

ДОБРОВОЛЬНОСТЬ И БЛАГОТВОРИТЕЛЬНОСТЬ В РОССИИ: ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЙ РЕСУРС

М. Р. Зобова, А. Ф. Родюков

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

Духовно-нравственные истоки добровольности и благотворительности существенно подкрепляются в современном мире ростом возможностей мировых средств массовой информации и коммуникации (Интернет, мобильная связь, телевидение, социальная реклама, скайп, «Контакт» и др.). Рассматривается историческое развитие ресурсов благотворительности. Благотворительность представлена в качестве одного из актуальных критерии бескорыстной ответственной деятельности людей, которая несет в себе свое собственное вознаграждение. Отмечается синергетическая закономерность смены фаз роста и спада благотворительности и волонтерской деятельности в общественной истории.

волонтерство, благотворительность, добровольность, патернализм, инфокоммуникация, средства массовой информации, свобода, ответственность, ресурсы благотворительности.

Всё новое зарождается в недрах старого. Так акционирование капитала (диффузия капитала, ведущая его к своей всеобщей форме) в середине XIX века демократизировало капиталистический способ производства. Автоматизация производств и превращение науки в непосредственную производительную силу общества создали и создают реальные материальные предпосылки уничтожения труда как «божьего проклятия». С этого же времени капитал стал направляться на финансирование науки, техники и технологии, и, наконец, на такое повышение цены рабочей силы, чтобы обеспечить уже не простое её физическое воспроизводство, но и развитие за счет повышения образования и досуга. Тем самым, капитал в масштабах, соразмерных его величине и условиям саморазвития, стал выполнять общественные функции. А появление новой исторической формы труда – всеобщего (научного, автоматизированного) труда, как и специфика основного предмета производства – информации, ведёт к вырождению стоимостного отношения и основанной на нём товарной формы производства.

При этом прогрессивные изменения порождаются самим ходом эволюции капиталистической эры, изменяя все социокультурные сферы жизни буржуазного общества. А новое, как и предвидел К. Маркс, основывается на всех достижениях уходящего мира. Поэтому, хотя в мире явно намеча-

ется тенденция к возрастанию государственной и общественной собственности, частная собственность ещё долго будет играть огромную роль в производстве потребительских товаров и сфере услуг, за исключением науки, образования, здравоохранения и искусства. Сюда же можно присовокупить такие явления нашей жизни, как волонтёрство, добровольность и благотворительность.

Не владея, не распоряжаясь и не пользуясь частной собственностью, приносящей прибыль, деятельность волонтёров, добровольцев и благотворителей уже не вписывается ни в одну из юридических форм частной собственности – владение, распоряжение, пользование. Находясь за сферой товарно-денежных отношений, их не интересуют деньги, но возможность создания (или роспуска) свободной ассоциации свободных людей. В этом смысле все три формы деятельности выходят за пределы капиталистического способа производства. Волонтёрство, добровольчество и благотворительность не описываются экономическими понятиями «наёмный рабочий», «стоимость», «экономическая эксплуатация» и др. В ценностном отношении данные формы деятельности не укладываются в идеалы «массового потребления», «эвдемонизма», «индивидуализма», «эротизма», «равенства полов» и др., характерные для современного буржуазного общества.

Критики социалистической идеи постоянно утверждают, что общественные и коллективные формы собственности подавляют индивидуальное деятельное начало в человеке, его свободу. Действительно, в таких примитивных сообществах общественное сознание не только довлеет, но и игнорирует сознание индивидуальное. Свободно-личностное начало персонифицировано здесь лишь с верхушкой общества. Но то, что действительно характерно для первобытного и традиционного общества не работает в современных условиях господства свободного информационного и коммуникационного обмена в глобальных масштабах человечества. А связанные с этим свободы (совести, вероисповедания, собрания и объединения и пр.) носят необратимый характер. Поэтому в изменившихся условиях свобода объединения (ассоциации) людей и их свободный (спонтанный) роспуск, как и возможность создания иного объединения людей становится гарантией индивидуальной личной свободы. Общественное и личностное начало, таким образом, соединяются и не противоречат теперь друг другу.

Как частная, так и общественная собственность имеют свои позитивные и негативные стороны, несут благо и зло. Так, частная собственность связана с частными благами, которые предоставляются тем, кто за них заплатил. Её сущностью является конкуренция за доступ к благу, причём чаще всего – эти блага делимые, что ведёт к разобщённости между людьми, ненависти и криминалу. Частная собственность и частные блага далеко не всегда совпадают с общественными благами и общественной нравственностью.

По мере расширения совокупности потребителей появляются общественные блага:

- локальные блага (освещение городских улиц, общественные скверы и парки, скамейки, пляжи, библиотеки и т. д.):
- сфера социальных негосударственных услуг населению со стороны некоммерческих организаций по оказанию бесплатных услуг инвалидам, немощным пенсионерам и др.
- общенациональные блага (оборона, законодательство, фундаментальная наука, общественное телевидение, бесплатное образование, воспитание и медицина во времена СССР).

Общественные блага – это блага, которые распространяются на всё общество. Предоставляемые одному человеку, они автоматически достаются всем людям без исключения. Издержки по их предоставлению каждому следующему пользователю равны нулю. Если использование блага одним человеком не уменьшает его потребления другими людьми, то это благо является общественным. Общественные блага – неделимые, неконкурентные в потреблении. Несоперничество, неконкурентность в потреблении означают, что весь объём блага потребляется совместно, дополнительный потребитель не уменьшает количество блага для всех остальных. Предельные издержки предоставления блага дополнительному потребителю равны нулю.

К числу негативных моментов общественных благ относится проблема «безбилетника»:

Когда люди могут получить благо независимо от того, заплатили они за него или нет, у них меньше стимулов платить, есть соблазн стать безбилетниками: людьми, которые пользуются выгодами, не оплачивая свою долю издержек, связанных с обеспечением этих выгод. Проблема безбилетников – невозможность для потенциальных поставщиков экономически желательного, но неделимого товара или услуги получить за них плату со всех потребителей этого товара или услуги.

Наличие проблемы бесплатного проезда объясняется неприменимостью принципа исключения.

Коллективные блага предполагают коллективное потребление, при котором нет возможности отделить и измерить потребление отдельного лица (лифт и консьержка в подъезде, забор вокруг дачного посёлка, уборка территории и т. д.).

Для коллективного блага характерна неисключаемость, т. е. ограничение доступа к потреблению общественного блага невозможно, либо издержки ограничения доступа запредельно велики.

Недавно в РФ введён новый праздник «День добровольца, или волонтёра», который будет отмечаться ежегодно 5 августа. Президент В. В. Путин объявил 2018 г. годом «Добровольцев и волонтёров». Такие праздники су-

ществуют о ряде стран. Количество добровольцев (волонтёров) в России перевалило за 7 миллионов человек! Благотворительная деятельность в России регулируется Федеральным законом № 135 от 11 августа 1995 г. «О благотворительной деятельности и благотворительных организациях». Кроме названного закона, благотворительная деятельность регулируется соответствующими положениями Конституции (ст. 39) и Гражданского кодекса.

Элементы добровольчества и благотворительности (филантропии) можно встретить у всех народов и во все времена. В морально-этическом плане эти формы общественной активности людей противостоят корыстно-эгоистическим, индивидуалистическим и рваческим устремлениям, порождающим вражду и недоверие между членами общества.

Альберт Швейцер (1875–1965), Лауреат Нобелевской премии за дело мира, в 1913 г. отправился в Африку, где в небольшом селении Ламбарене (провинция позднее Республика Габон) на собственные скромные средства он основал больницу для лечения местного населения, страдающего от тяжелой формы лихорадки. А. Швейцер понимал мораль как благоговение перед жизнью. При этом речь шла о благоговении перед жизнью во всех ее формах. Человек (и именно это делает его поведение этическим, нравственным) может сознательно следовать в своих действиях этому принципу, способствуя ее утверждению всюду, где это возможно, и сводя к минимуму вред, сопряженный с его существованием и деятельностью [1]. Всей своей деятельность он демонстрировал единство добровольности, безвозмездности и альтруистической благотворительности. «Нет человека, которому бы не представился случай отдать себя людям и проявить тем самым свою человеческую сущность. Спасти свою жизнь может всякий, кто использует любую возможность быть человеком, делая что-нибудь для тех, кто нуждается в помощи – какой бы скромной ни была его деятельность» [1, с. 294] – писал А. Швейцер.

Другим выдающимся примером европейского служения людям, проявления реального гуманизма является жизнь Матери Терезы (1910–1997). Как и А. Швейцер, она стала в 1979 г. лауреатом Нобелевской премии мира «За деятельность в помощь страждущему человеку». Католическая монахиня, она основала женскую монашескую конгрегацию «Сёстры миссионерки любви», занимающейся служением бедным и больным.

В не меньшей степени активная форма добровольчества и благотворительности характерна для всех периодов истории России. Ярким примером добровольности на Руси во все времена являлась массовая патриотическая поддержка народными массами своих вооружённых сил, что проявлялось героическим образом в партизанском движении. Русский мир (община) веками формировало традиции взаимовыручки и взаимопомощи между крестьянами и органично воплощалось в идее соборного бытия русского народа. Многочисленные примеры взаимовыручки и благотворительности

нашли своё отражении у В.О. Ключевского в его статье о добрых людях древней Руси [2, с. 77–94].

Волонтёрство или волонтёрская деятельность (от лат. *voluntarius* – добровольный) – это широкий круг деятельности, включая традиционные формы взаимопомощи и самопомощи, официальное предоставление услуг и другие формы гражданского участия, которая осуществляется добровольно на благо широкой общественности без расчёта на денежное вознаграждение. Добровольцы, с точки зрения закона Российской Федерации – физические лица, осуществляющие добровольческую деятельность в форме безвозмездного выполнения работ, оказания услуг (добровольческой деятельности).

Благотворительность – оказание помощи (безвозмездной или на льготных условиях) тем, кто в этом нуждается. Основной чертой благотворительности является добровольный выбор вида, времени и места, а также содержания помощи.

Социальным основанием для всех этих форм деятельности является традиция патернализма, под которым И. Кант, сторонник становления гражданского общества, понимал одностороннюю государственную поддержку своих подданных, которые в этом нуждаются. Из требований становления и упрочнения гражданского общества проистекает критика Канта патерналистского государства и филантропии («бал в пользу бедных»). Такое государство относится к своим гражданам скорее, как к малым детям, т. е. здесь нет высшей нравственной обязанности – уважения к праву других людей. В своих работах Кант показал, что патерналистское сострадание «верхов» является видимостью, обманчивым и нравственно не проясненным установлением [3, с. 211–310, 4]. Такой патернализм вызывает «в низах» лишь неблагодарность, зависть и злорадство.

Вместе с тем под термином «патернализм» может скрываться и другое, негосударственное содержание. Патернализм неизбежен, как минимум, в двух случаях: он неизбежен в ситуации опеки тех, кто еще не может самостоятельно обеспечить свое существование (несовершеннолетние) и тех, кто уже не может обеспечить самих себя (пенсионеры, недееспособные люди).

Предварительно можно выделить исторические формы ресурсов благотворительности.

Исторически первыми, очевидно, являлись: коллективные формы домашнего и общинного труда (коллективизм); формирование сословных и цеховых представлений о чести и взаимных обязанностях между феодалом и вассалом, мастером и учеником, мастером и гильдией и пр.; широкое распространение религиозной проповеди любви, материальной и духовной поддержки страждущих; развитие подлинной демократии, предполагаю-

щей (решения общего собрания, думы, парламента о безвозмездной материальной помощи или налоговых вычетов); традиции меценатства среди отдельных представителей «богатого сословия»; традиция сбора денежных средств, как на общественные нужды, так и для оказания адресной помощи и пр.

При этом всегда имеется нечто единое между государственной и общественной благотворительностью, поскольку и та и другая неизбежно имеют характер адресной помощи. На деле никогда не существовало в этой сфере абсолютной «уравниловки». Благотворительность связана с определенным пониманием справедливости, которая может выступать как распределительно-поощрительная. Например, в отношении лиц и организаций этнического или религиозного характера, именно этой общины, а не другой.

Становление современных мировых каналов цифровой информации и телекоммуникации [5, 6] можно рассматривать как всеобщих и наиболее универсальных ресурсов волонтёргов, добровольчества и благотворительности в современном мире. Они не отменяют прежних ресурсов, но представляют им большие возможности организации, распространения и контроля всех данных форм гражданской активности. В частности, существуют различные электронные ресурсы пожертвований с помощью целого ряда коммуникаций (Интернет, банковская карта, мобильный телефонии, телеграф, почта и др.).

Уже две трети россиян (67 %) участвуют в благотворительности, жертвуя деньги или работая волонтёрами. К настоящему времени появились десятки магазинов, в которых нуждающиеся люди могут взять себе продукты совершенно бесплатно, в частности – сахар, чай, муку, соль, хлеб, макароны, крупы, подсолнечное масло и др. Полки добра пополняют сами покупатели, для которых необременительно купить две или оплатить лишнюю пачку чая для одинокой бабушки. Это означает, что бабушка пользуется такими продуктами как неким общественным благом, за которое её не нужно платить. Такую форму благотворительности можно рассматривать как промежуточную между частными благами и благами общественными.

Сегодня в Санкт-Петербурге действуют десятки волонтерских организаций, таких как «Наши дети» (помогает сиротам, детям с ограниченными возможностями и кризисным семьям), проект «Перспективы» (улучшение условий жизни детей и взрослых с тяжелыми умственными и физическими нарушениями), движение «Добровольцы Петербурга» (помогают проводить различные городские мероприятия), движение «Волонтёры Победы. Санкт-Петербург» (помогает в проведении памятных мероприятий, а также оказывает поддержку ветеранам), приют для бездомных животных «Островок надежды». А также существует ряд мобильных приложений, тип «Хочу помочь», где через систему коммуникаций может быть оказана денежная помощь, юридический совет, морально-психологическая поддержка и др.

По итогам конкурса некоммерческих организаций (НКО) за право получения субсидий из городского бюджета Москвы победителями стали 181 организация с реально полезными для столицы России и москвичей проектами. Всего в городе насчитывается 34 тысячи НКО, из них 4100 имеют социальную направленность. Это различные благотворительные фонды, образовательные и просветительские организации. Само форма НКО не предусматривает извлечения коммерческой прибыли, поэтому в основном подобные организации существуют за счёт частных пожертвований. Такие организации работают, прежде всего, с социально незащищёнными группами людей – пенсионерами, малоимущими, инвалидами.

Москва уже на протяжении 15 лет финансово поддерживает свои социальные НКО, а отбор подобного рода фондов на получение финансирования – это не просто конкурс, где раздают деньги. Это своего рода лаборатория социальных проектов, в которой некоммерческие организации зреют, получают новый опыт и делятся своими практиками и методиками.

Каков же собирательный образ российского благотворителя? Это и мужчины, и женщины в равной степени. Если приложить к ним известную концепцию «Пирамида Маслоу» [7] (Общеупотребительное название иерархической модели потребностей человека, представляет собой упрощённое изложение идей американского психолога Абрахама Маслоу) об удовлетворении потребностей человека, то наши благотворители – это люди, у которых первичные потребности удовлетворены. Они проявляют гражданские инициативы, принимают участие в решении социальных проблем, их деятельность включает в себя практики взаимопомощи, и самопомощи, участие в благотворительности. Как правило, это жители городов-миллионников, их возраст – от 30 до 50 лет. Примерно 60 процентов из них женаты, или замужем, 65 процентов имеют детей. При этом 65 процентов 66 процентов каждый день выходят в Интернет. Это люди с образованием, люди, состоявшиеся в карьере и имеющие стабильных доход. Например, 11 процентов благотворителей занимают руководящие должности.

Благотворительность стала в России распространённым явлением. Каждый пятый, когда-либо совершивший добрые дела, уже считает эту деятельность важной частью своей жизни, а половина тех, кто никогда не участвовал в благотворительности, не исключает такой возможности.

На сегодняшний день можно говорить о новом понимании критерия общественного прогресса как роста общественного (бесплатного и общедоступного) блага для большинства людей. При этом под благом понимается уже не только его материальные, но и духовно-гуманитарные аспекты, а саму благотворительную деятельность как несущую в себе свое собственное вознаграждение.

С точки зрения социальной синергетики, волонтерская деятельность, как и благотворительность происходит в разных исторических периодах по-

разному. Так, например, в период господства тоталитарных режимов благотворительная инициатива (также волонтёрство), идущая от масс, сокращается, так как патерналистское государство само берет на себя инициативу заботиться о нуждающихся. Напротив, в период расцвета демократий и рост возможностей и инициатив, идущих с «низов», благотворительность и волонтерство расцветают. Таким образом, имеет место чередование своего рода «порядка» и «хаоса», что со временем проявляет некоторую социальную закономерность: рост гуманизма и бескорыстия, резкое сокращение жестокости в масштабах всего общества, рост свободной инициативности и возрастание ответственности людей друг перед другом в масштабах всего общества.

Список используемых источников

1. Швейцер А. Культура и этика: пер. с нем. Н. А. Захарченко, Г. В. Колшанского. М. : Прогресс, 1973. 343 с.
2. Ключевский В. О. Добрые люди древней Руси // Исторические портреты. Деятели исторической мысли / Сост., вступ. ст. и прим. В. А. Александрова. М. : Правда, 1990. 624 с.
3. Кант И. Метафизика нравов. Соч. : в 8 т. М. : Чоро, 1994. Т. 6. 613 с.
4. Кант И. Основы метафизики нравственности. Соч. в 6 т. М. : Мысль, 1965. Т. 4. Ч. I. 544 с.
5. Аль-Ани Н. М. Образование как информационный процесс / Информация и космос. 2016. № 3. С. 176–182.
6. Иванов В. Д. Виртуализация общества. Версия 2.0. СПб. : Петербургское Востоковедение, 2002. 224 с.
7. Maslow A. H. Motivation and Personality. New York : Nagraer & Row, 1954. 369 p.

УДК 94(47).084.6:8

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВЕТСКИХ СПЕЦСЛУЖБ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ В КОНЦЕ 1930-Х гг.

В. С. Измозик, Е. В. Труханович

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

Статья посвящена проблеме оснащения информационными технологиями советской разведывательной сети на территории Бельгии, Франции, Швейцарии и Германии.

На примере некоторых эпизодов исторических событий в годы Второй мировой и Великой отечественной войны анализируется деятельность советских разведчиков по передаче информации в Москву в ситуации недостатка радиоустановок и кадров радиостанций.

информационные технологии, советская разведка, Кент, А. М. Гуревич, радиосвязь, Красная капелла, Вторая мировая война.

Во многих современных работах кинематографа можно проследить некий устоявшийся образ агента секретных служб. Как правило, это высокие молодые люди в очках с множеством приспособлений для получения, переноса или хранения информации. Среди таких приспособлений можно встретить: лазерную ручку, фотографирующие солнцезащитные очки, браслет с записывающим устройством и даже ремень с наушниками. Но все предметы создания героического персонажа на экране очень далеки от реальности.

В конце 1930-х гг. на территории Западной Европы действовала советская разведывательная сеть «Красная капелла». Название резидентуры возникло в недрах гестапо в начале 1940-х., когда поиск советской сети достиг масштаба территории нескольких стран. Те люди, которые работали непосредственно с радиопередатчиками, назывались «пианистами», отсюда и название «капелла». Цвет выбран в ассоциативной связи с красным флагом СССР.

А. М. Гуревич (Кент), сотрудник Главного разведывательного управления (ГРУ) Генерального штаба Красной армии, являлся резидентом «Красной капеллы» в Бельгии и во Франции. Л. Треппер (Отто) также был звеном разведывательной сети на территории Европы вначале в Брюсселе, затем в Париже. В своих мемуарах Отто именует себя «Большим шефом», что весьма абсурдно, поскольку разведывательная сеть имела единственный штаб управления «Центр», который находился в Москве. На территории Швейцарии добычей ценной информации занималось небольшое картографическое общество во главе с советским разведчиком Шандором Радо (Дора).

Для того, чтобы выяснить стратегические замыслы противника, органы советской внешней разведки осуществили ряд мер, нацеленных на получение достоверной информации о планах германского военного ведомства на 1942 г. При этом, в Советском Союзе очень рассчитывали на получение сведений от высокопоставленного германского офицера-антифашиста Харро Шульце-Бойзена, агента Государственного управления государственной безопасности НКВД. Однако его связь с органами советской внешней разведки была нарушена из-за выхода из строя аппаратуры, с помощью которой прежде передавались сообщения в Центр. 11 сентября 1941 г.

по указанию И. В. Сталина в Москве были подписаны приказы об организации сотрудничества между ГРУ и внешней разведкой НКВД [1, с. 93]. Для восстановления связи с Шульце-Бойзеном в Берлин из Брюсселя был направлен Кент (А. М. Гуревич).

Информация о деятельности Кента в спецоперации советской разведки по добыванию сведений о будущих действиях противника на фронте содержится в недавней публикации В. Нечипоренко: «В октябре 1941 года «Кент» получил задание выехать в Чехословакию и Германию для восстановления утраченной связи с тамошними резидентурами. <...> «Кент» встретился со «Старшиной» (Харро Шульце-Бойзен – авт.), который объяснил, что радиопередатчик их группы вышел из строя, между тем как за период отсутствия связи у них скопилась масса информации. <...> Среди множества сведений первостепенной важности выделялась информация о корректировке германской верхушкой плана военной компании на 1942 год» [2, с. 10–11].

В книге С. Н. Полторака наглядно проиллюстрирован один из случаев взаимодействия разведчиков Отто и Кента. Как известно, Треппер не обладал собственным передатчиком к началу Великой Отечественной войны, и Кент был связующим звеном между ним и Центром. Однажды Треппер приехал в Брюссель и сообщил о вербовке двух новых агентов, которые, по его мнению, были способны обеспечивать надежной информацией Москву. Центр одобрил вербовку. Но через некоторое время выяснилось, что потенциальные агенты вопреки своим обещаниям не могли оформить визы и выехать из Франции в Германию и Чехословакию; соответственно, они не были способны самостоятельно установить связь и работать на Москву. «Положение Жильбера [он же Отто – Л. Треппера – авт.] было незавидным. Вряд ли в Главразведупре спокойно бы отнеслись к очередному «проколу» резидента. <<...>> Кент решил взять выполнение этого задания на себя» [3, с. 203–204]. Поездка удалась, причем все хлопоты о получении визы в столь неспокойное для Европы время, взяли на себя «друзья и коллеги» главы коммерческой фирмы Simex Со Винсенте Сьерры [он же Кент – А. Гуревич – авт.] – интендантские офицеры вермахта. Странным образом, в воспоминаниях Л. Треппера нет ни слова об установлении контакта с Центром новыми агентами. Тем не менее, он не упустил возможность рассказать о том, как и при каких обстоятельствах познакомился с каждым из них. Более того, подробно написал об их личной жизни [4, с. 115].

Под предлогом встреч с другими бизнесменами Кент не раз выезжал за пределы Бельгии по заданию Центра и ни разу не вызвал даже тени подозрения со стороны сотрудников немецких спецслужб, которые присутствовали тогда практически на всех вокзалах в городах Западной Европы. Кент был максимально осторожен при выполнении заданий и всегда завершал начатое успешно. Так, в своих воспоминаниях Ш. Радо (Дора) отмечал:

«Кент провел инструктаж детально и толково. Он действительно знал свое дело» [5, с. 65]. При этом, надо отметить, что Кент как человек абсолютно не понравился Шандору Радо.

Трудности использования информационных технологий заключались не только в недостатке квалифицированных кадров разведчиков, но и в скучном оснащении радиирующими устройствами. Поэтому некоторые представители «Красной капеллы» даже специально подбирали себе жильё для создания условий работы согласно необходимой конспирации.

В своих мемуарах Шандор Радо подробно описывает новую квартиру Джима – радиста «Красной капеллы», подчеркивая насколько выбранное место отвечало запросам агентов. Во-первых, расположение было так хитро устроено, что «... это исключало возможность подслушивания, а с другой – представляло солидное препятствие для непрошенных визитеров, <<...>> пока агенты полиции взломают обе двери, у Джима хватит времени, чтобы разбить радиостанцию и сжечь секретные бумаги» [5, с. 94–95]. Во-вторых, уютная квартира очень подходила для расположения аппаратуры разведчиков. «Через гостиную, по диагонали, Джим протянул антенну, которая присоединялась к мощному приемнику, стоявшему на столике в углу. <<...>> передатчик и все остальные секретные вещи хранились в тайнике, в верхней части платяного шкафа. Джим остроумно вмонтировал передатчик в футляр от пишущей машинки. Сам же тайник был устроен так искусно, что невозможно было обнаружить его, не разломав шкафа» [5, с. 95].

Несмотря на максимальную осторожность и осмотрительность советской резидентуры, «Красная капелла» была запеленгована сотрудниками гестапо в декабре 1941 г. Б. Григорьев в своей книге «Скандинавия глазами разведчика» писал: «только в конце войны Центру станет ясно, что провал «Красной капеллы» произошел по его, Центра, вине, потому что он снабдил своих людей и в Бельгии, и в Германии одним и тем же шифром. Запеленговав и арестовав радиста Макарова в Бельгии, гестапо провело по всей Европе лавинообразную серию арестов, разгромив почти весь «оркестр» ГРУ и КГБ» [6, с. 230].

Но не только у советских разведчиков вызывала удивление недальновидность, а может и безалаберность сотрудников Центра. Шеф политической разведки гитлеровской Германии Вальтер Шелленберг, описывая охоту за «Красной капеллой», вспоминал, что у сотрудников политической разведки чуть было не опустились руки при поиске советских агентов в Германии, как совершенно случайно летом 1942 г. «дешифровальный отдел напал на один радиотекст, который сам по себе, казалось, не представлял собой важности. Однако из него явствовало, что осенью 1941 г. Москва дала Кенту указание направиться в Берлин и посетить три конспиративные квартиры, адреса которых были указаны в радиограмме. Это был просвет, так как теперь нам стали известны не только псевдонимы замешанных в деле

лиц, но и их настоящие фамилии и адреса» [7, с. 274]. Таким образом, были арестованы немецкие антифашисты: Арвид Харнак, супруги Харро и Либертас Шульце-Бойзен, Ганс Коппи и многие другие люди, которые боролись против фашизма и героически приняли мучительную смерть в застенках гестапо. «Доктор Ганс Коппи [младший – прим. Е. Т.] родился в гитлеровской тюрьме 27 ноября 1942 г. Отец был казнен 22 декабря 1942 г. Матери разрешили несколько месяцев кормить рожденного сына, а затем его передали на воспитание бабушке. Мать Ганса Коппи была повешена 5 августа 1943 г.» [8, л. 25]. Ганс Коппи – младший до сих пор уверен, что именно Кент виновен в смерти его родителей.

Стоит отметить, что до сих пор в исторической литературе не восстановлена объективная картина событий, касающаяся деятельности советской разведывательной сети на территории Западной Европы. Многочисленные издания представляют собой весьма субъективный взгляд на события конца 1930-х – начала 1940-х гг., в которых главными виновниками провала советской резидентуры выступают агенты. По причине закрытости архивов Службы внешней разведки и ГРУ существует большая нехватка источниковкой базы для обоснования иного взгляда.

Список используемых источников

1. Дамаскин И. А. Вожди и разведка. От Ленина до Путина. М. : Вече, 2012. 352 с.
2. Нечипоренко В. Секреты спецслужб. Большая игра // Секретные материалы. 2014. № 6. С. 10–11.
3. Полторак С. Н. Разведчик «Кент». СПб. : Нева, 2003. 502 с.
4. Треппер Л. Большая игра: Воспоминания советского Разведчика: пер. с фр. М.: Политиздат, 1990. 387 с.
5. Радо Ш. Под псевдонимом Дора. М. : Воениздат, 1976. 320 с.
6. Григорьев Б. Скандинавия глазами разведчиков. Путешествие длинною в тридцать лет. М. : Вече, 2014. 448 с.
7. Шелленберг В. Лабиринт. Мемуары гитлеровского разведчика: пер. с англ. М. : Дом Бируни, 1991. 400 с.
8. Личный архив А. М. Гуревича (Кента). Папка 12. Л. 25.

УДК 656.8(091)

РОССИЙСКАЯ ПОЧТА: ОТ АГРАРНОГО К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЩЕСТВУ

Т. С. Комиссарова, В. И. Мосеев

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

Рассмотрены предпосылки зарождения почты как первого вида связи в истории мировой цивилизации, взаимосвязь этапов развития общества и особенностей эволюции российской почты. Выделены причины кризисов почты и направления выхода из кризисной ситуации. Обосновывается сохранение роли почтовой связи в современных условиях как важного элемента социальной инфраструктуры.

аграрный, индустриальный, информационный этапы; эволюция почты; инновации.

Почта – первый вид связи, появившийся в истории любого государства. Отчасти этим обусловлен давний интерес исследователей к истории российской почты, особенно к начальному этапу ее становления и развития [1, 2, 3, 4]. С возникновением и развитием государства объективно возрастала не только дальность передачи сообщений, но и объем, и значение информации в жизни государства. Следствием этого становится появление письменности, что позволило не только отделить информацию от человека, но и накапливать ее в возрастающих объемах. Появление государства и письменности стали, таким образом, важнейшими предпосылками появления почты.

Особенности эволюции русской почты связаны с тремя крупными этапами, которые сегодня принято выделять в развитии общества:

- традиционный (аграрный, доиндустриальный), для русского общества – IX – середина XIX вв.;
- индустриальный (середина XIX – середина XX в.);
- информационный (вхождение с конца XX в.).

Знакомство с основными признаками названных этапов начинается со школьных лет в рамках истории и обществознания и продолжается в вузовской учебной литературе и исследовательских работах историков, социологов, философов, политологов, правоведов [5, 6].

Исходя из основных признаков традиционного общества (аграрный уклад; малоподвижные структуры и способы социокультурной регуляции, основанные на традициях; низкая социальная мобильность; преобладание устной информации над письменной; подавляющая неграмотность населения; основа технологии – ручной труд), исследователи выделяют в качестве

главных 3 особенности древнерусской почты: форма повинности (повоз, в условиях татаро-монгольской зависимости – ямская гоньба), нерегулярность, недоступность государственной почты для частных лиц.

Особенности почты влияли и на виды переписки на этом этапе: преобладающей являлась официальная (государственная) переписка.

Роль почты начинает возрастать с конца XV в. Этому способствовали две главные причины: ликвидация татаро-монгольской зависимости и образование единого государства, получившего название Россия. Пересылка корреспонденции получила более широкое распространение и более постоянный характер. Уже XVI в. вносит изменения в развитие почты: в частности, создается Ямской приказ для управления ямской гоньбой. Следует отметить, что в источниках наблюдается расхождение о дате появления Ямского приказа как центрального органа управления ямской гоньбой. Филателистический словарь относит его учреждение ко времени правления Б. Годунова (1604) [7], ряд исследователей, ссылаясь на авторитетные источники, относят его появление ко второй половине XVI в. [8, с. 4].

Начиная со второй половины XVII в., в ходе реформирования почты, продолжавшегося и в XVIII в., почта в России становится основным видом связи. Об этом свидетельствовало появление регулярной международной и внутренней почты, вышел указ о создании почты во всех губерниях и провинциях. Однако, несмотря на проводившееся реформирование почты, в начале XIX в. почтовые учреждения существовали только в губернских и почти во всех уездных центрах, более или менее регулярно корреспонденция пересыпалась исключительно между двумя-тремя десятками крупных городов [9, с. 161].

Эволюция почты ускоряется со второй половины XIX в. в связи с переходом общества от аграрного к индустриальному этапу. Содержанием нового этапа стал промышленный переворот, рост численности городского населения, повышение уровня специального и общего образования (а значит, и грамотности). В новых условиях наряду с официальной все большее значение приобретала не только деловая, но и частная переписка.

Изменились и почтовые коммуникации. В XIX в. к традиционному гужевому транспорту добавилась перевозка почты по железной дороге и пароходами. Следствием становится увеличение объемов переписки, дальности и скорости ее доставки.

Еще до проведения земской реформы 1871 г. земствам разрешили устраивать свою почту [10, с. 685], что послужило началом решения проблемы доступности услуг почтовой связи деревенскому населению. Как оказалось, это было частичным решением проблемы: в 1915 г. доля земской почты составляла около 3 % всех писем [9, с. 168].

В первые годы советского государства остро стоял вопрос восстановления связи после Первой мировой войны, гражданской войны и интервенции. Выход из кризиса связывался прежде всего с изменением системы управления. В декабре 1917 г. был создан Народный комиссариат почт и телеграфов РСФСР, отвечавший за организацию и деятельность различных видов связи, включая почту. В апреле 1918 г. вышел Декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР «Об организации управления почтово-телеграфным делом Советской республики», потребовавший строгой централизации и единообразия в постановке почтово-телеграфного дела [11]. Менялась и система коммуникаций. К гужевым, железнодорожным, пароходным, автомобильным почтовым маршрутам добавилась авиапочта. Результатом стало восстановление к 1925 г. сети почтовой связи и начало работы по механизации почтовых отделений связи.

Процесс совершенствования работы почтовой связи был прерван с началом Второй мировой войны. В годы Великой Отечественной войны особое значение приобрела организация бесперебойной доставки почтовых отправлений между фронтом и тылом и работа военно-полевой почты. По окончании войны основные показатели довоенного уровня были достигнуты к 1950 г.

В 1950-е – 1980-е годы активно продолжилась механизация почты: внутри почтамтов начинается переход к машинной сортировке почтовой корреспонденции, к использованию цифровых индексов. Результатом стал рост почтовых учреждений, пересылаемых писем, телеграмм и переводов, посылок, периодических изданий. Рубежом стал 1980 год как пик развития почты. Последующие годы связаны с новым кризисом почты, который совпал с вхождением общества в новый этап развития – информационный.

Информационное общество – общество, в котором информация и уровень ее применения и доступности кардинальным образом влияют на экономические и социокультурные условия жизни граждан [12]. Предпосылки перехода России к такому обществу появились к началу 1990-х гг. [13].

Причинами кризиса почты в новых условиях стали не только рост издержек на содержание сети, модернизацию почтовой инфраструктуры, но и рост конкуренции, связанный с бурным развитием электросвязи, средств скоростной передачи данных, банковских систем, появлением частных почтовых фирм. Как следствие, снижение спроса населения и делового сектора на услуги почтовой связи, снижение доходности почты.

Выход из кризиса идет по двум главным направлениям.

Первое направление – реструктуризация почты, включающая несколько этапов.

На начальном этапе в соответствии с Концепцией реструктуризации организаций федеральной почтовой связи (2002) в почтовой отрасли РФ

была начата реорганизация. Создан единый федеральный оператор почтовой связи – Федеральное государственное унитарное предприятие (ФГУП) «Почта России» (2003), вошедший в Перечень стратегических предприятий Российской Федерации [14]. С 2013 г. Министерство связи и массовых коммуникаций осуществляет функции государственного регулирования в сфере почтовой связи.

Следующий этап – акционирование ФГУП «Почта России» при сохранении контроля государства. Законопроект об этом был внесен правительством в Госдуму в июне 2014 г., однако на начало 2018 г. еще нетвержден [15].

Второе направление – реформирование рынка услуг почтовой связи, внедрение инноваций.

В 2014 г. прекратилось субсидирование Почты России и тогда же была разработана стратегия развития ФГУП «Почта России» на период до 2018 г., регламентирующая реформирование почты [16].

Сегодня ФГУП «Почта России» предоставляет не только универсальные услуги почтовой связи, но и разрабатывает, и внедряет инновационные продукты и услуги в области инфокоммуникаций, производства и логистики, соответствующие мировому уровню. Так, с 2012 г. начали работать в наиболее удобных для получателей местах постаматы для автоматизированной выдачи посылок; автотранспорт по перевозке почтовых отправлений стал оснащаться навигационной системой ГЛОНАСС. В Москве, Санкт-Петербурге и Новосибирске появились центры гибридной почты, где можно печатать до 4 миллионов писем в день.

С 2014 г. началось сопровождение конвертов метками с микрочипом и специальными «антеннами» (RFID-метки), что повышает прозрачность процесса прохождения почты, выявляет и устраняет «узкие места» в логистической цепочке, сокращает сроки доставки.

В 2015 г. «Почта России» перевела отслеживание почтовых отправлений для юридических лиц на новый сервис (трекинг-сервис), позволяющий отслеживать отправления через программный интерфейс API и обеспечивающий повышенные стабильность и быстродействие [17]. В этом же году в «Почте России» получило новое развитие направление директ-мейл (таргетированная почтовая рассылка целевой аудитории) [18].

Новыми направлениями деятельности «Почты России» стали и продажа логистических услуг, и трансформация сети почтовых отделений в современный формат, включающая современные технологии и принципиально новые стандарты оказания услуг.

Приведенные примеры свидетельствуют о положительной динамике трансформации почты, а реализация ее стратегии позволит достичь главной

цели: создание клиентоориентированного, социально-ответственного, высокоэффективного, самоокупаемого, технологичного государственного почтового оператора, развивающего новые сегменты бизнеса.

Список используемых источников

1. Веселовский Б. История земства за сорок лет: в 4 т. СПб. : изд-во О. Н. Поповой. 1909. Т. 2. 703 с.
2. Вигилев А. Н. История отечественной почты. М. : Радио и связь, 1990. 312 с.
3. Гурлянд И. Я. Ямская гоньба в Московском государстве до конца XVII в. Ярославль : Типография губернского правления, 1900. 346 с.
4. Козловский И. П. Первые почты и первые почтмейстеры в Московском государстве. Опыт исследования некоторых вопросов из истории русской культуры во 2-й половине XVII в. : в 2 т. Текст исследования. Варшава: Тип. Варш. учеб. окр., 1913. Т. 1. 552 с.
5. Гузарова Н. И., Гузаров В. Н. Традиционное общество России (IX–XVII вв.): учеб. пособие. Томск: ТПУ, 2007. 88 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/742/74742/54749>
6. Рогачева О.А. Основные подходы к типологии государства [Электронный ресурс] // Концепт: научно-методич. электрон. журнал. 2014. Спецвыпуск № 24. ART 14791. 0,4 п. л. URL: <http://e-kon-sept.ru/2014/14791.htm> (дата обращения 12.03.2018).
7. Ямской приказ / Филателистический словарь // Сост. О. Я. Басин. М. : Связь, 1968. 164 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fmus.ru/article02/FS/YA.html> (дата обращения 12.03.2018)
8. Гоголь А. А., Никодимов И. Ю. Очерки истории развития связи в России. СПб. : Историческая иллюстрация, 1999. 160 с.
9. Островский А. В. История мировой и отечественной связи: учеб. пособие. СПб. : СПбГУТ, 2011. 312 с.
10. Веселовский Б. История земства за сорок лет: в 4 т. СПб. : изд-во О. Н. Поповой. 1909. Т. 2. 703 с.
11. Декрет об организации управления почтово-телеграфным делом: Декреты Советской власти. Электронная библиотека [Электронный ресурс]. URL: www.hist.msu.ru/ER/Etext/DEKRET/18-04-16.htm (дата обращения 12.03.2018).
12. О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы : Указ Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203 [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения 12.03.2018).
13. Концепция формирования информационного общества в России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iis.ru/library/riss/> (дата обращения 12.03.2018).
14. Об утверждении перечня стратегических предприятий и стратегических акционерных обществ: Указ Президента РФ (с изменениями на 10 февраля 2018 года) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901904859> (дата обращения 15.03.2018).
15. Никифоров попросил Госдуму ускорить принятие закона об акционировании «Почты России» : INTERFAX.RU 18 окт.2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.interfax.ru/business/583700> (дата обращения 15.03.2018).
16. Стратегия развития федерального государственного унитарного предприятия «Почта России» на период до 2018 года: Минкомсвязь России. 31 декабря 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4518/> (дата обращения 15.03.2018)

17. Почта России. Пресс-центр [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pochta.ru/news-list/item/2621021> (дата обращения 15.03.2018).

18. Разговор о директ-майл // Почтовая связь. Техника и технологии. 2018. № 1. С. 16.

УДК 94(47).084.6

УЧАСТИЕ ОБЩЕСТВА ДРУЗЕЙ РАДИО И ДРУГИХ ДОБРОВОЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ В ВОЕННОМ ОБУЧЕНИИ МОЛОДЕЖИ (1927–1941 гг.)

Ю. Ф. Лашин, В. И. Мосеев, В. Е. Черенков

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

Рассматриваются некоторые направления подготовки молодёжи в добровольных обществах, таких как Осоавиахим, ОДР, Автодор, РОКК, в целях подготовки военнообученных кадров, специалистов для Красной Армии. Рассматриваются различные направления деятельности добровольных обществ. Широкий охват проводимой работы достигался вовлечением молодежи по месту работы и жительства (военно-учебные пункты, красные уголки, различные кружки, библиотеки, дома обороны, избы-читальни и т. п.)

обороноспособность страны, военное обучение молодёжи, военно-патриотическое воспитание, добровольные общества.

Укреплению обороноспособности страны и военному обучению молодёжи в исследуемый период отводилось пристальное внимание. Большое значение в подготовке молодежи к защите Родины приобрели добровольные общества: Осоавиахим, общество друзей радио (ОДР), Автодор, РОКК, и другие. Зарождалось массовое физкультурное движение. Самой массовой организацией был Осоавиахим, который возник в январе 1927 г. от слияния двух крупных добровольных организаций – ОСО (общество содействия обороне) и Авиахим (общество друзей авиационной и химической промышленности).

Прообразом массового оборонного общества Осоавиахима стал Всевобуч. Прямое назначение Осоавиахима состояло в том, чтобы оказывать содействие укреплению обороноспособности и военно-патриотическому воспитанию молодежи. Круг вопросов, возлагаемых на Осоавиахим был весьма обширен и разнообразен. Это организация школ, курсов, учебных пунктов, команд воздушно-химической обороны, постов воздушного наблюдения,

оповещения и связи, других станций для военно-спортивной работы, аэроклубов, домов обороны, музеев, библиотек, лагерей и др. [1].

Работа Осоавиахима была развернута в следующих направлениях:

- по линии военно-массовой работы на самих предприятиях, в организациях и учреждениях с максимальным охватом людей;
- изучение основ военного дела в различных кружках военных знаний;
- военного обучения молодежи на военно-учебных пунктах (ВУП);
- работы с лицами, прошедшими военную службу и вышедшими в запас;
- военной подготовки командного и начальствующего состава запаса;
- военного обучения в кружках, школах и курсах.

Важность этой работы стала возрастать в связи с переоснащением и реорганизацией Красной Армии и Красного Флота. В 1928 г. в военных кружках было обучено 30 тыс. чел. В 1929 г. намечалось обучить в разных кружках военных знаний около 70 тыс. человек молодежи и около 3 тыс. чел. начкомсостава запаса [2, ф. Р-83, оп. 6, д. 42, л. 80]. У молодежи особой популярностью пользовались стрелковые кружки. Стрелковая подготовка была объявлена стержнем изучения военного дела населением.

С 1929 г. ряд мер, проводимых государством по укреплению обороны страны, потребовал изменения характера работы Осоавиахима и других оборонных организаций. Главное изменение в работе общества состояло в разделении его деятельности «на основной вид массовой работы в общественно-добровольном порядке и на некоторые участки работы, проводимые на началах обязательности». Как следствие, с 1 ноября 1929 г. обязательное военное обучение допризывной подготовки молодежи, а также командиров запаса и рядового состава долгосрочного отпуска, не приписанного к воинским частям, обучение вневойсковиков были переданы Осоавиахиму. Этому вопросу было посвящено специальное заседание РВС (Реввоенсовета) Ленинградского военного округа (ЛВО) с участием командующего М. Н. Тухачевского, ответственного секретаря облсовета Осоавиахима П. Пожарского, редактора газеты «Красная Звезда» М. Поляк и других [3].

К середине 1939 г. в осоавиахимовских организациях насчитывалось 327 тыс. человек. Только в одном Ленинском районе Ленинграда активно функционировали 275 кружков ПВХО, свыше ста стрелковых кружков, 15 кружков гранатометчиков, десятки автомобильных, пулеметных и парашютных кружков. Систематически проводились «Дни Обороны», в которые читались лекции по военно-патриотической тематике, устраивались учения по военно-прикладным видам, сдавались нормы на значки ПВХО. В центре всей деятельности Осоавиахима была военно-техническая и идеальная подготовка допризывной молодежи к службе в армии [4, ф. Р-24, оп. 2, д. 3605,

л. 80]. Так, если в 1938 г. на политическую подготовку допризывников в системе Осоавиахима отводилось 32 часа, то в 1939 году уже 60 часов [5].

Городскому и областному советам Осоавиахима было предложено организовать дифференцированное военное обучение членов общества. Предусматривалось в частности: совершенствование в подготовке военно-обязанных, не служивших в армии; обучение молодежи, подлежащей призыву в армию, обучение невоеннообязанных членов общества для использования их в местной ПВО и обслуживания тыла.

Военное обучение рекомендовалось проводить по комплексным программам, максимально приблизив его к условиям современной войны.

Хорошой проверкой каждой осоавиахимовской организации в подготовке трудящихся к защите Родины накануне войны являлось соревнование между ними, итоги которого были подведены в марте 1941 г. Заняв в этих соревнованиях первое место среди городов по всем показателям, Москва победила Ленинград. Среди областей на первое место вышла Московская область [5].

Эти успехи по подготовке кадров в секциях Осоавиахима имели большое значение в деле укрепления обороноспособности страны. К началу Великой Отечественной войны миллионы юношей и девушек были готовы встать в ряды действующей армии и защищать Родину. Большинство из них прошли школу Осоавиахима. К началу 1941 г. по СССР насчитывалось более 13 млн членов Осоавиахима [1].

Большое внимание уделялось подготовке населения и Вооруженных Сил страны к противовоздушной и противохимической обороне (ПВО, ПВХО), к военно-санитарной работе.

Задача Осоавиахимовских организаций в области противовоздушной и противохимической обороны были определены решением президиума Центрального Совета Осоавиахима СССР и РСФСР от 9 декабря 1939 г. Этими задачами являлись: массовая подготовка гражданского населения, жилых домов, школ, учреждений и предприятий к противовоздушной и противохимической обороне; всемерное вовлечение всех трудящихся в работу ПВХО. Были определены разнарядки для осоавиахимовских организаций страны в области ПВХО, в том числе и для ленинградской организации [2, ф. Р-3054, оп. 1, ед. хр. 14, л. 1, 2].

Подготовка населения шла через различные школы, курсы, комплексы, сдачи норм ПВХО, противохимические и противовоздушные тренировки, Большой размах получило проведение массовых химических соревнований. В Московском районе в начале 1939 г. в них приняло участие свыше 73 тысяч трудящихся [3]. Важной формой военной подготовка молодежи являлось выполнение комплекса и сдачи норм ПВХО и ГТО. За 1939 г. было подготовлено более 500 тысяч ленинградцев по нормам ПВХО 1-й ступени и 15311 инструкторов ПВХО. С момента введения комплекса «Готов к труду

и обороне» в 1931 г. и до конца 1939 г. нормы на значок ГТО сдало 6 миллионов человек [6].

Практической проверкой готовности трудящихся, объектов народного хозяйства Ленинграда и области к действиям в условиях воздушного нападения противника и дальнейшим развитие военно-патриотического воспитания советских людей являлись проводившиеся различного рода учения. Одним из них было учение по местной ПВО Ленинграда и его окрестностей в радиусе стокилометровой зоны Ленинградской области, проведенное с 1-го по 10-е октября 1940 года [1].

Важную роль в деятельности Осоавиахима в развертывании оборонно-массовой работы и военно-патриотического воспитания молодежи играла центральная осоавиахимовская печать: газета «На страже» (тираж до 150 тыс. экз.), журнал «Осоавиахим» (до 50 тыс. экз.), журнал «Авиация и химия» (около 41 тыс. экз.), «Красноармеец и Краснофлотец», а также газеты и журналы местных организаций общества.

Военным обучением молодежи, кроме Осоавиахима, занимались общественные организации ОДР, Автодор, РОКК и другие.

В сентябре-октябре 1927 г. появляется новая общественная организация – Автодор – Добровольное общество содействия развитию автомобилизма и улучшению дорог в РСФСР. Для успешного решения проблемы подготовки военных специалистов Центральный Совет Автодора утвердил Положение о военной секции, в котором говорилось, что Военная секция военизирует всю работу общества, имеющую «значение в деле укрепления обороноспособности Союза в целом и укрепление боевой и технической мощи Красной Армии и Красного Флота в частности» [7].

Ленинградское отделение Автодора было создано в январе 1928 г. и тогда еще не шел разговор о военной работе. На 1 октября 1928 года в Ленинграде имелось 150 коллективов и 12000 членов, на 1 января 1929 года уже стало 315 коллективов с 29000 членов, [2, ф. Р-4371, оп. 1, ед. хр. 55, л. 160] а всего по области 36000 членов [3]. В июле-августе 1929 г. первой областной конференцией Автодора было принято решение о создании Военной секции, целенаправленно она стала работать с ноября 1931 года [2, ф. Р-4371, оп. 1, ед. хр. 54, л. 27].

В целях приближения деятельности Автодора к задачам обороны страны военная работа проводилась по следующим основным направлениям: оказания материальной помощи РККА путем создания специальных фондов моторизации и передачи боевых машин для усиления боевой мощи; подготовка автодоровскими организациями специальных кадров из допризывников и вневойсковиков; массовая воспитательная работа среди молодежи.

По линии практической работы военные секции участвовали в разработке использования гражданского безрельсового механического и водно-

моторного транспорта в военное время, содействовали постройке и использовании военно-пригодных типов автомобилей, тракторов, моторных лодок, аэросаней. Проводили также массовую военизацию кружков путем введения в их программы элементов военно-прикладного характера, военизовали существующую сеть автодоровских и ведомственных автомобильных, дорожных и тракторных школ, курсов и техникумов, внесением в их программы дисциплин по вопросам общественным, авто-броне-танковым и дорожно-мостовым.

Автодоровские организации принимали активное участие в маневрах, проводимых в Ленинградском военном округе. В приказе по войскам от 18 октября 1931 года говорилось, что уже третий год ленинградский Автодор принимает участие в окружных маневрах. В текущем году участвовало 120 технических единиц и 227 членов организации. Эта форма давала хорошие результаты и заслужила высокую оценку, «Выражаю полную уверенность», – подчеркивалось в приказе, – что этот трехлетний опыт будет использован к дальнейшему развертыванию широкой работы по военно-боевой подготовке трудящейся молодежи на основе оснащения страны новой техникой». [2, ф. Р-4371, оп. 1, ед. хр. 99, л. 48].

С целью устранения параллелизма в работе общественных организаций в октябре 1935 г. общество Автодор было ликвидировано, а его функции переданы Осоавиахиму.

Определенный вклад в военную подготовку молодежи вносила и Ленинградская организация друзей радио (ОДР). В мае 1928 г. секретариат областного комитета ВКП(б) в целях координации деятельности и большого сосредоточения усилий общественных организаций на военной работе потребовал от областного совета ОДР «установить контакт с областным советом Осоавиахима для использования и подготовки кадров радиолюбителей в интересах обороны страны».

В 1929 году ОДР насчитывала в своих рядах 4500 человек. При активной помощи молодежи уже к 1931 г. в работе организации произошли заметные сдвиги в сторону ее численности до 40 тыс. человек. Основная работа была направлена на оборону. За год 50 радиостанций участвовало в девяти военных маневрах [2, ф. Р-3144, оп. 1, ед. хр. 65, л. 11, 36, 38].

Опираясь на опыт, накопленный в годы первых пятилеток за время проведения общественно-технического экзамена, слетов, походов и других массовых оборонных мероприятий, Ленинградская комсомольская организация наряду с комсомольцами Урала, Дальнего Востока выступила с новым патриотическим почином о проведении военно-технического экзамена среди молодежи [8]. В то время маршал Советского Союза В. К. Блюхер писал, что необходимо «превратить военный экзамен в общественный смотр всей оборонной работы» [9].

Для сдачи военно-технического экзамена, необходимо было овладеть определенным минимумом военных знаний, умений и навыков. А именно: научиться метко стрелять; сдать физкультурный комплекс на значок ГТО – 1-й ступени; уметь читать топографическую карту и ориентироваться на местности; изучить автомобильный, тракторный и авиационный двигатель; сдать четыре упражнения на планере или прыгнуть с парашютной вышки или с самолета [1].

Немаловажную роль в подготовке кадров для службы в Вооруженных Силах играло в те годы Общество Красного Креста и Красного Полумесяца, оно возникло в 1923 г. Общество осуществляло пропаганду санитарной культуры, проводило работу по подготовке военно-санитарных кадров, по обучению молодежи военно-санитарному делу. В его задачу входило создание на предприятиях, колхозах, учреждениях, сети добровольных РОКК, санитарных постов, дружин, массовая подготовка санитаров, сестер. Основным резервом для этой общественной организации была женская молодежь, поэтому она привлекалась к работе в РОКК и рекомендовалась в вечерние школы медсестер. Для улучшения работы Общества президиумом Ленинградского облисполкома поручалось в 1939 г. организовать 8 межрайонных санитарно-эпидемиологических станций в Кингисеппе, Новгороде, Пскове и других городах. Особенно активизировалась работа общества осенью и зимой 1939-1940 года.

С 10 октября 1939 года по 1 января 1940 года Ленинградский областной комитет Красного Креста направил на фронт 735 тружениц [2, ф. Р-3144, оп. 1, ед. хр. 65, л. 16]. В период боев на Карельском перешейке были организованы краткосрочные курсы по подготовке дружинниц. Ленинградский Красный Крест взял на себя обязательство подготовить 90 % призывников на значок ГСО (Готов к санитарной обороне) 1-й ступени [2, ф. Р-5731, оп. 9, ед. хр. 118, л. 29, 30]. В 1939 г. по стране в Обществе Красного Креста уже насчитывалось 5 млн человек, из них женщин было более половины.

Таким образом, примеры показывают, что добровольные общества Осоавиахим, ОДР, РОКК, Автодор в 1927–1941 годах проделали большую работу по мобилизации молодежи на овладение военными знаниями, укрепление обороны страны. Шел поиск и становление наиболее целесообразных и эффективных форм и методов оборонно-массовой работы. Эта работа не входила в систему государственной вневоинской подготовки, а будучи делом массовых общественных организаций существенно дополняла ее.

Список используемых источников

1. Моеев В. И. Военно-патриотическое воспитание и подготовка молодежи к защите Отечества в 1921–1941 гг.: На материалах Петрограда-Ленинграда и Ленинградской области: дис. ... канд. ист. наук: 07.00.02 / Моеев Василий Ильич. СПб. : СПБУ МВД, 2002. 187 с.

-
2. ЦГА СПб., ф. Р-83, ф. Р-3054, ф. Р -4371, ф. Р-3144, ф. Р-5731.
 3. Ленинградская правда, 1929, 25 мая, 12 июня.
 4. ЦГАИПД, ф. Р-24, оп. 2, д. 3605, л. 78–80.
 5. Известия ЦС Осоавиахима, 1938, № 15, с. 18–19.
 6. Комсомольская правда. 1939. 3 июня.
 7. ГА РФ, ф. 4426, оп. 1, д. 431, л. 1.
 8. Смена, 1935, 5 января, 15 февраля, 16 февраля.
 9. Блюхер В. К. Статьи и речи. М. : Воениздат, 1963. 232 с.

УДК 316.75

ДЕВИАНТНОЕ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ УЧАЩИХСЯ В КОНТЕКСТЕ МИРОВОЗЗРЕНИЯ СОЦИАЛЬНОГО ПЕДАГОГА

А. Е. Мальченкова

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

Статья посвящена проблеме правонарушений и преступлений несовершеннолетних учащихся образовательных учреждений в контексте мировоззрения социальных педагогов. Использованы данные социологического исследования в обследуемой совокупности социальных педагогов образовательных учреждений Санкт-Петербурга, которое было проведено в ноябре 2016 года.

преступление, правонарушение, социализация, мировоззрение, социальная норма.

Профессия «социальный педагог» в России появилась сравнительно недавно. Противоречия в экономической, социальной и политической жизни общества 2000-х годов привели к осознанию необходимости изменения государственной политики в отношении воспитания и обучения детей. Функция социального педагога связана с созданием оптимальных условий для социализации учащихся, защитой их прав, повышением успеваемости, взаимодействием семьи и образовательного учреждения [1]. Появление профессиональной группы социальных педагогов в значительной степени связана с необходимостью решения проблем детей из неблагополучных семей, профилактики девиантных проявлений в образовательном учреждении, социальной помощи учащимся. Должность социального педагога введена

в школах, детских садах, социальных службах. В вузе должность социального педагога отсутствует, а социально-педагогическая работа является неотъемлемой частью деятельности субъектов образовательного процесса.

Понимая мировоззрение как систему взглядов на мир и место человека в нем, на отношение человека к миру и самому себе, а также соответствующие этим взглядам основные жизненные позиции людей, несомненный интерес представляет отношение профессиональной группы социальных педагогов к проблемам девиаций в среде несовершеннолетних учащихся.

Девиация в социологии понимается как отклонение от общепринятых общественных норм. Под социальной нормой мы будем понимать меру допустимого поведения, при которой социальная система сохраняется и прогрессирует. Такая трактовка социальной нормы позволяет рассматривать отклонения от нее с позиций всеобщего, особенного и единичного. А девиантное поведение несовершеннолетних – сквозь призму причин и условий его совершения.

Делинквентное (от англ. *delinquency* – провинность) поведение – это противоправные действия, психическая готовность к правонарушению, повторяющиеся асоциальные поступки, формирование отрицательно ориентированных личностных установок. Делинквентное поведение – поведение, которое расценивается с точки зрения правовых норм как преступное.

Мониторинг по выявлению причин и условий совершения учащимися преступлений и правонарушений проводился в соответствии с протоколом № 1 заседания Комиссии по делам несовершеннолетних и защите их прав при Правительстве Санкт-Петербурга от 01.03.16, на основании технического задания п. 2.3.1.3 Комитета по образованию. Данное исследование осуществлялось кафедрой социально-педагогического образования СПб АППО, совместно с Городским Методическим Объединением социальных педагогов и независимых экспертов (А. Е. Мальченкова, С. А. Косабуцкая, 2016).

Цель мониторингового исследования 2016 года заключалась в осуществлении сравнительного анализа показателей, определяющих причины и условия, влияющие на правонарушения и преступность среди несовершеннолетних по сравнению ситуацией 2012 г. Выработка рекомендаций по предотвращению правонарушений и преступлений среди несовершеннолетних опиралась на динамику показателей правонарушений и преступлений 2012/2016 годов.

Объект исследования – профилактика правонарушений и преступлений среди школьников.

Предмет исследования – причины и условия совершения учащимися преступлений и правонарушений.

Одной из групп, обследуемых была определена профессиональная группа социальных педагогов образовательных учреждений.

В процессе исследования был выдвинут ряд объяснительных гипотез, связывающих динамику уровня правонарушений и преступлений с низким уровнем социализации и высоким уровнем социального «инфантлиза». Инфантлизм (от лат. *infantilis* – детский) мы понимаем, как незрелость в развитии и поведении, выражаясь в отсутствии ответственности за совершаемые действия.

Основные причины, приводящие к нарушению законов, социальные педагоги видят преимущественно в сфере семьи – насилие в семье, конфликты с родителями, недостаток знаний родителей о том, как справиться с трудной ситуацией в воспитании, чрезмерная занятость и неблагоприятный социально-психологический климат в семье, возбудимость и неумение подростками контролировать себя. Следует отметить возрастающую динамику этих показателей в группе обследуемых педагогов за период 2012/2016 годов.

В большей степени факторы (условия) совершения преступлений и правонарушений на период 2016 г. педагоги связывают с:

1. большим количеством ничем не занятого свободного времени – 4.1;
2. непонимание последствий совершаемых действий – 4.1;
3. большим количеством свободного времени – 3.6;
4. стремлением получить сильные впечатления – 3.5.

По сравнению с 2012 г. наблюдается восходящая динамика по всем 3-м основным позициям (в расчете по 5-ти бальной шкале).

Согласно социологическому исследованию 2016 г. по сравнению с 2012 г. в группе социальных педагогов произошли весомые изменения в осознании актуальности социальных проблем на личностном уровне. В 2016 г. первостепенное значение по-прежнему отдается проблемам состояния здравоохранения и экономической нестабильности, но процент опрошенных педагогов, указывающих на приоритетное значение этих проблем, значительно возрос: с 45–50 % опрошенных в 2012 г. до 63–74 % в 2016 г., что может свидетельствовать как об интенсивном снижении уровня жизни для этой профессиональной группы, так и значительными сложностями, связанными с высоким процентом коммерческих услуг на уровне института здравоохранения, не подпадающих под льготные категории граждан, что в значительной степени ограничивает возможности их использования в указанной группе. Определяя уровень жизни, как степень удовлетворения первичных и вторичных потребностей, на основании исследования 2016 г., можно утверждать, что для 15 % социальных педагогов он остаётся крайне низким, свыше 40 % указали, что денег хватает только на питание и одежду. Приобретение вещей длительного пользования и различного рода техники выходит за пределы экономического бюджета. Между тем уровень образования и стаж работы в профессиональной группе социальных педагогов

находится на высоком уровне: 90 % имеют высшее образование и более десяти лет стажа работы.

Процентное соотношение педагогов, указывающих на проблемы упадка культуры, в 2016 г. по сравнению с 2012 г. практически не изменилось и представляет довольно высокий показатель – 49/50 % опрошенных. На втором месте оказались следующие проблемы: война и угроза войны; разрыв семейных связей; приток иностранцев, беженцев (с тенденцией к снижению) – 35–38 % опрошенных. В 2016 г. несколько увеличился процент педагогов, указывающих на высокий рейтинг в аспекте актуальности проблем, связанных с социальным упадком, агрессией и насилием (в 2012 г. – 30–35 % опрошенных; в 2016 г. – 38 % опрошенных).

Характеристика современной молодёжи в оценках социальных педагогов совпала в рейтинговых позициях с мнением обследуемых несовершеннолетних учащихся образовательных учреждений. Качества, присущие современной молодёжи в группе социальных педагогов, распределились следующим образом (в порядке убывания):

1. Общительность – 78,9 %
2. Активность – 68,1 %
3. Уверенность в себе – 66,9 %
4. Чувство юмора – 46,9 %
5. Справедливость – 18,8 %
6. Порядочность – 17,9 %
7. Ответственность – 17,3 %
8. Честность – 16,4 %

Отношение к деятельности социально-правовых институтов в группе социальных педагогов в целом можно охарактеризовать как положительное. Высокий уровень доверия полиции, прокуратуре, судам, КДН и ЗП выразили свыше 70 % опрошенных социальных педагогов. Более 60 % социальных педагогов указали, что работники полиции вызывают уважение. Неудовлетворённость работой полиции в группе социальных педагогов связана чаще всего с грубостью, несправедливостью и безразличием представителей власти (каждый третий опрошенный). В отношении прокуратуры и судов, каждый третий указал на проблемы, связанные с длительными сроками делопроизводства. Около 40 % социальных педагогов, среди неудовлетворённых деятельностью полиции, указали на дифференцированный подход в осуществлении своих функций полицией, в частности указывая на то, что полиция главным образом защищает представителей власти, а не простых граждан. Около 30 % в этой группе указывают на факты мздоимства и взяточничества со стороны полиции.

Следует обратить внимание на то, что исследование 2016 г. наряду с традиционными формами правонарушений, с которыми приходится сталкиваться социальному педагогу в процессе своей деятельности, обнаружило

высокий показатель фактов неподчинения и критики взрослых. Около 30 % социальных педагогов указывают на этот факт. Интерпретировать этот факт, как проявление самостоятельности суждений, наличие критического мышления в оценке действий субъектов воспитания представлялось бы возможным при условии высокой ответственности молодых людей в отношении своих социальных действий. Между тем данные проведённого исследования свидетельствуют об обратном. В группе молодёжи, как и в группе социальных педагогов, мнения совпали. Уровень справедливости, порядочности и честности несовершеннолетних учащихся крайне низок. Позиции наиболее встречающихся правонарушений, согласно опросу социальных педагогов, выглядят следующим образом:

1. Использование нецензурной браны – 72,7 %
2. Курение – 62,2 %
3. Распитие спиртных напитков – 42,9 %
4. Мелкое хищение – 41,9 %
5. Неподчинение, критика взрослых – 29,7 %

Меры предотвращения девиантных проявлений в среде несовершеннолетних учащихся, в рамках своей профессиональной деятельности, социальные педагоги чаще всего связывают с необходимостью развития современной системы дополнительного образования, расширения знаний правовой базы и системностью в работе субъектов профилактики. Данные опроса о мерах предупреждения правонарушений в группе социальных педагогов выглядят следующим образом (к % опрошенных):

1. Повышение ответственности родителей – 89,4 %
2. Вовлечение ребёнка в общественные организации, кружки, секции, волонтёрские движения – 86,9 %
3. Системная работа всех специалистов профилактики – 81,7 %
4. Правовые знания о последствиях совершения правонарушения (преступления) – 79,4 %

Профилактике правонарушений, согласно мнению профессиональной группы социальных педагогов, мешает преимущественно: неготовность семьи к сотрудничеству и взаимодействию (86,1 %); несогласованность действий субъектов профилактики (78,1 %). Для более эффективной профилактики правонарушений следует оптимизировать работу правоохранительных органов (86,3 % опрошенных), систему социальной защиты (59,8 % опрошенных), систему дополнительного образования (50 % опрошенных).

В процессе исследования был подтвержден ряд гипотез, связывающих динамику уровня правонарушений и преступлений с низким уровнем социализации и высоким уровнем социального «инфантилизма». На основании чего мы можем определить ряд приоритетных задач для субъектов профилактики, связанных с повышением уровня правовой грамотности учащихся и их родителей, необходимостью повышения ответственности родителей,

необходимостью создания психолого-педагогических условий социализации молодёжи с учётом моделей ценностей современного общества.

Список используемых источников

1. Профессия социальный педагог (чем занимается, как стать, функции) | должностные обязанности социального педагога, требования | зарплата социального педагога [Электронный ресурс]: Информационная поддержка вашей карьеры. – Режим доступа: <http://enjoy-job.ru/professions/socialny-pedagog/> (дата обращения: 01.12.2017).

УДК 008.001

РЕЛИГИОЗНАЯ ЖИЗНЬ В СОВЕТСКИЙ И ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

М. Р. Маняхина

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

В статье рассматривается проблема деятельности религиозных организаций в советский и постсоветский периоды – от секуляризации до религиозного возрождения.

секуляризм, Русская Православная Церковь, буддизм, необуддизм, шаманизм, ислам, религиозное возрождение.

Советские десятилетия оказались наиболее трагичными для религиозной жизни страны. Это был период репрессивной и тотальной секуляризации, принявший форму «воинствующего атеизма», введенного в ранг государственной политики. Секуляризм стал кульминацией в развитии во взаимоотношениях между двумя институтами власти (светской и духовной), так как советская власть провозгласила отделение церкви от государства, тем самым, стремясь вытеснить ее за пределы важнейших сфер жизни (политики, культуры, образования и др.). Русская Православная Церковь (далее РПЦ) была лишена не только права юридического лица, но и статуса общественной организации по «причине реакционного и антикультурного характера деятельности» [1]. Государством был принят ряд дискриминационных законов (1929 г.), что способствовало росту антирелигиозных настроений в обществе. Репрессивная политика государства была направлена в первую очередь на Русскую Православную Церковь. Апогеем этой политики стали конец 20-х – начало 30-х гг. Запретительные меры против религии, верующих и духовенства гораздо больше соответствовали

всему духу, направлению государственной политики и политической атмосфере в стране, можно смело предположить, что восстановление справедливости по отношению к духовенству было гораздо более редким явлением, чем противоположные процессы [1].

Но сужение сферы действия церковного института не означает уничтожения авторитета и присутствия религии в жизни общества. У секуляризации есть другая, не менее существенная сторона: как общественный процесс она разворачивается тогда, когда существующий до этого религиозный уклад жизни исчерпывает свои духовные и социальные возможности, возникает потребность в его переконструировании. Секуляризация не устраивает религиозной потребности личности. В какой-то мере она приводит формы выражения этой потребности в соответствие с изменяющимся контекстом бытия верующих. Секуляризация объективно способствует установлению оптимального для изменяющихся условий строя религиозной жизни, стимулирует церковь к пересмотру и отказу от неэффективных форм организации, к включению ею механизмов адаптации. При всем драматизме судеб конфессиональных сообществ в советский период следует отметить, что одной из причин произошедшего стала беспомощность прежней модели религиозной жизни. В то же время диктатура атеизма стала «пробным камнем» для проверки «качества» религиозного начала в человеке, которое раскрылось как основа его личности. С устранением конфессиональной монополии на первый план выходят не формальные, а сущностные параметры религиозности – удерживается и сохраняется то, что не конъюнктурно, а выражает саму суть религиозной потребности. Несмотря на то, что религия перестала быть доминантой общественного сознания, она продолжала оставаться и в советский период составной частью национальной культуры. В новых условиях изменилось лишь положение религии и степень ее воздействия на общество. В период радикальной перестройки государственной жизни именно церковь оставалась для широких масс населения моральным авторитетом, носительницей национальных традиций, исторической памяти народа [2]. Это нашло подтверждение в годы Великой Отечественной войны: обстоятельства заставили государство пересмотреть свою политику в отношении религии. Положение церкви коренным образом изменилось. Государство стало рассматривать церковь как источник патриотизма, народной и духовной силы, способной обеспечить победу, так как одной физической силы для этого недостаточно. После Великой Отечественной войны общественная деятельность церкви сводилась к государственным акциям в защиту мира.

Следует отметить, что до 1917 г. государственный статус Русской Православной Церкви значительно осложнял отношения между православием и другими конфессиями. С устранием главенствующего положения

в стране РПЦ она наряду с другими конфессиями, оказалась в равном положении «изгнанницы». В советский период практически отсутствовали прямые межконфессиональные контакты, а внешние осуществлялись под регулятивным началом государства, реализующего принцип социалистической секулярной политики. В новых условиях все конфессиональные представительства направили усилия на выработку новых механизмов адаптации к изменившимся социально-экономическим и политическим обстоятельствам. Это способствовало некоторому сглаживанию существовавших на протяжении нескольких столетий противоречий между конфессиями.

В связи с изменением места религиозной системы в общественной жизни, религии претерпевают определенную, вполне закономерную эволюцию. Религиозный модернизм присущ всем религиям. На протяжении многих веков своего существования религии выработали социальную гибкость в приспособлении к различным социокультурным условиям. В советский период общей задачей, которую стремились решить религии, заключалась в том, чтобы укрепить религиозную систему или, по крайней мере, активизировать воздействие религии на жизнь общества. В связи с этим были подвергнуты модернизации культовая практика и идеология для приведения их в соответствие с духом времени, но при этом сохранялась целостность основного содержания. Это нашло выражение в поисках новых форм воздействия на верующих, в ослаблении требования к ним по соблюдению религиозной обрядности. В поисках своей «жизненной сферы» религии обращаются в первую очередь к проблемам, имеющим первостепенное значение для личности – к проблемам гуманитарного порядка. Так, например, православные идеологи стали разрабатывать христианскую социальную этику, так как в новом обществе возрастает регулятивная роль морали, развивается качественно новая общественная нравственность. Подвергался модернизации и ламаизм. Под влиянием необуддизма, получившего распространение в зарубежных странах, обновленчество в Бурятии 50-х гг. канонизирует положение о том, что буддизм – это не религия, а философское учение, своеобразная нравственно-этическая теория универсального характера. На долю буддизма основная часть испытаний и притеснений выпала в период сталинского режима, когда его просто вычеркнули из российской истории. Все дацаны и монастыри были закрыты, а значительная их часть – уничтожена. Буддийские священники – ламы – подверглись репрессиям. И только в 1946 г. с оживлением религиозной жизни изменилась политика государства и по отношению к буддизму, начался процесс восстановления дацанов (Иволгинский и Агинский). Вновь была установлена их связь с международными буддийскими организациями и центрами [2].

Несколько иное положение в стране занимал ислам. Именно ислам сумел наиболее эффективно противостоять коммунистическим преследовани-

ям. Причин этому несколько. Одна из них заключалась в том, что ислам тесно связан с народными обычаями населения тюркского происхождения. Выступая в качестве религии народных обычаев, ислам смог избежать той участи, какая в первую очередь постигла христианство. Другая причина жизнестойкости ислама в советский период – быстрый рост численности населения тюркских народностей в стране. Кроме этого, тюркские народности защищала внешняя политика Советского государства, направленная на поиск союзников на Ближнем Востоке. Поэтому, устанавливая дружественные связи с арабами, государство не могло одновременно жестоко преследовать мусульман в стране. Именно ислам выступал в качестве религии всемирной общины мусульман, где бы они ни проживали, преодолевая разобщенность территориально-этнического характера.

Вытесненные из всех институтов государственной жизни, религии, тем не менее, сохранили свое присутствие в регионах, где они исторически закрепились. В Сибири буддизм продолжал преобладать в южных областях (буряты, монголы, сейоты); ислам – на юго-западе (киргизы, барабинские татары и др.) Христианству еще до революции достался преимущественно север. Чем дальше к востоку и северо-востоку, тем слабее было влияние этих религий. Шаманизм традиционно сохранял сильные позиции у жителей крайнего севера-востока (чукчи). Язычество и в советское время продолжало хранить архаичные формы культуры и быта. Более того, когда церковь была отделена от государства, в частности, когда церковь православная перестала быть государственной религией, «обращенные», т. е. христианизированные народы (например, мари, мордва и др.) стали официально переходить от христианства к прежним формам культа и верований. Это свидетельствует о том, что процессы русификации и христианизации замкнули ассимилированных в собственной религиозной «скорлупе». Культура этих народов как бы законсервировалась в архаически хозяйственных формах. Даже неизбежный процесс диффузии культуры встречал на своем пути противодействие, замедлялся и принимал искаженные формы [3].

В советский период именно шаманизм продемонстрировал определенную гибкость и живучесть. Причины этого заключались в том, что в условиях активной борьбы советской власти с религиозной идеологией, шаманизм оказался несколько в ином, более выгодном положении по сравнению с христианством, буддизмом и исламом. Эти религии институционально оформлены, имели свои организации и учреждения, поэтому их деятельность легко контролировалась со стороны властей. Шаманизм же, напротив, не имеет своей организации, своей письменности, рекрутование служителей культа – шаманов – осуществляется иначе, чем у христиан или мусульман. Проведение шаманских молебствий не регламентировано временем и местом, и для них не нужны специальные здания. Деятельность шаманов, которые, внешне не отличались от остальных людей, проходила скрыто,

в то время как действия попов, лам и т. д., внешним видом выделяющихся из массы своим обликом, носят более широкий публичный характер. Однако из всех элементов религиозного комплекса шаманизма наибольшую живучесть обнаруживали культовые действия, прочно вошедшие в быт и тесно связанные с традициями и обычаями. Впрочем, это коснулось не только шаманизма.

Тенденция «обмирщения» наблюдалась и в функционировании других религий. В советский период изгнание верующих их храмов, дацанов, мечетей способствовало тому, что увеличивалась религиозная обрядность в быту, являвшаяся наиболее устойчивым компонентом религиозного комплекса. Житейские религиозные обряды сохранились у значительного числа верующих наряду с современным бытом. Внедрение религиозной идеологии осуществлялось без миссионерской пропаганды, силой религиозно осознаваемых обычаяев и традиций. Именно соединение религии с традиционным коллективизмом этнической общности становится одним из главных средств сохранения и актуализации религиозной идеологии.

В то же время наблюдалась и другая тенденция: культовые стереотипы сохранились дольше, чем знание тех религиозных идей, которые символически выражены в системе этих ритуальных действий.

Следует отметить и еще одну существенную особенность. В контексте секулярной культуры с утратой религии как доминанты общественного сознания была открыта перспектива для более свободного религиозного самоопределения. Это в свою очередь повлекло и утрату традиционных духовных ориентаций. Советский человек не видел особой разницы между Благой Вестью Евангелия и спекулятивными религиозными течениями [4]. И все же в ситуации духовной дезориентации именно сила многовековых национально-религиозных традиций сдерживает негативные тенденции к ослаблению этнического и конфессионального самосознания. Свидетельством этому является возрождение религии в конце 80-х гг. в результате реформирования общества все религиозные организации, существующие в стране (в том числе и в Сибири) переживают процесс институционального Возрождения. Конфессии освободились от искусственной регуляции и контроля со стороны государства. Теперь государство стремится обеспечить правовые гарантии деятельности религиозных организаций верующих, отказавшихся от дискредитировавшей себя политики атеизма. Государство вырабатывает новую политику перехода от конфронтации с религиозными организациями к диалогу и сотрудничеству с ними. Главным в новой религиозной политике становится тезис: «Свободная церковь в свободном государстве». Но процесс «религиозного возрождения» и плюрализма выявил противоречивые тенденции. С одной стороны, это повлекло за собой рост религиозности, восстановление культовых зданий, возрастание в общественном сознании престижности церковных организаций. С другой – были

созданы благоприятные условия для проникновения в Россию зарубежных новообразованных конфессий, которые проводят активную миссионерскую деятельность, тем самым усложняя религиозную ситуацию. Обладая огромными финансовыми возможностями, эти миссии действуют, часто без регистрации в органах юстиции, на всей территории России. Несмотря на неоднородность и наличие различных идеологических центров (США, Корея), эти религиозные организации объединяет одно стремление – освоение освободившегося геополитического пространства и утверждение в дезориентированном сознании населения идеологического господства США как мессии – богоизбранной страны. Реализуя принцип «свободы совести и вероисповеданий» государство оставило население наедине с этими религиозными организациями, которые через навязывание новых религиозных стереотипов своих приверженцев отчуждают их от духовных и национальных традиций своей страны, превращая в идеологических диссидентов. Русская Православная Церковь в отношении свободы совести выразила доктриальную идею: «появление принципа свободы совести – свидетельство того, что в современном мире религия из «общего дела» превращается в «частное дело» человека. Сам по себе этот процесс свидетельствует о распаде системы духовных ценностей, потере устремленности к спасению в большей части общества, утверждающие принципы свободы совести» [5].

«Религиозное возрождение» сопровождается и другими издержками: использование авторитета церкви в корыстных интересах, втягивание религиозных организаций в политическую жизнь, в межэтнические противоречия и конфликты. Причины повышенного интереса к религии, как и сопутствующих ему явлений, разнообразны. В качестве основных можно выделить следующие:

1. Социально-экономическая и политическая нестабильность в обществе, неспособность государства преодолеть дезинтеграционные процессы вызывают разочарование основной массы населения в политических лидерах. Низкий рейтинг политиков в обществе компенсируется обращением людей к авторитету религии и церкви.

2. С крушением прежней социально-политической системы произошел отказ от прежних идеалов и ценностей. В ситуации идейного вакуума и социально-психологической фruстрации религиозные организации становятся опорой для населения, предлагая ему социальные и нравственные ориентиры, проверенные временем. С распадом СССР, вызвавшим национальные бедствия, религия становится фактором этнической самоидентификации, способствуя росту национального самосознания. Большинство неверующих относит себя к представителям тех или иных традиционных конфессий. Это явление становится характерным для всех регионов страны, в том числе и Сибири, так как основная масса считает, что религия необходима для сохранения национальной культуры и самосознания.

3. Обращение к религии характерно для всех социальных слоев российского общества. Эта тенденция наблюдается и в научных кругах, что связано с ростом антисциентистских, технофобских настроений. Высокие достижения науки и техники демонстрируют не только положительные результаты, способствующие прогрессу человечества, но и отрицательные: мир оказывается поставленным на грань термоядерной и экологической катастрофы. Порождая эти проблемы, наука в то же время не готова предложить ясный путь их решения. Именно религия предлагает выход из этой тупиковой ситуации, проповедуя аскетизм – разумное самоограничение человека как путь к индивидуальному и коллективному спасению. Все более очевидным становится необходимость ограничения антигуманных, разрушительных последствий прогресса средствами морали, религии.

Развитие церковно-государственных отношений в российском обществе выявило и негативные моменты: использования религии политическими деятелями в демонстративных целях. Правящая элита нуждается в упрочении легитимности своего положения. Не имея широкой поддержки и высокого авторитета у большинства россиян, элита (государственная, политическая, финансовая) стремится сакрализовать свою власть через союз с церковью. В свою очередь церковнослужители разных вероисповеданий выступают с призывами к клерикализации общественной и личной жизни. Все это становится фактором, препятствующим тому, чтобы церковь заняла ответственную позицию в общественной жизни. Такое сращение с властью чревато утратой авторитета церковного института. Для того чтобы осуществлять свою миссию, церкви необходима независимость от власти, так как она должна иметь возможность ее осуждать, ее учить и с ней спорить. К настоящему времени она слишком зависит от государства и материально, и политически, чтобы позволить себе разногласие [4]. Показная религиозность характерна и для других социальных групп. Многие верующие соблюдают внешние признаки религиозности как следование моде или из-за любопытства. У них отсутствует ясное представление о религиозной идеологии, доктринах и обрядах. Эти негативные проявления являются составной частью такого сложного и неоднозначного процесса, как «религиозное возрождение».

Список используемых источников

1. Песпеловский Д. В. Русская православная церковь в XX в. М., 1995.
2. Российская цивилизация: Этнокультурные и духовные аспекты: Энциклопедический словарь / Ред. коллегия МЛ. Мчедлов и др. М., 2001.
3. Религиозные верования народов СССР. М., Л., 1931. С. 38.
4. Религия и государство в современной России. М, 1997. С. 78.
5. Основы социальной концепции Русской православной церкви. Москва 13–16 августа 2000 г. III, 5.

УДК 304.2:81'27:811.1/9

РОЛЬ ДЕЛОВОГО АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА КАК ЛИНГВА-ФРАНКА В ЭФФЕКТИВНОЙ КОММУНИКАЦИИ В СФЕРЕ МЕЖДУНАРОДНОГО БИЗНЕСА

И. Н. Махонина

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

В глобализирующемся мире жесткой конкуренции в сфере международного бизнеса английский язык представляет собой основное вербальное средство международной коммуникации. В процессе глобализации динамически развивается и всё более эффективно используется адаптированный к современным условиям и требованиям мира новый английский язык - деловой английский как лингва-франка. В статье рассматриваются отличительные особенности BELF; преимущества и проблемы, возникающие в процессе внедрения и использования BELF, и его роль в создании эффективной коммуникации в сфере международного бизнеса.

деловой английский язык как лингва-франка (BELF), межкультурная коммуникация, профессионально-ориентированный английский (ESP), мультилингвистическая компетенция, мультикультурная компетенция, общий язык компании, BELF-компетенция.

В процессе глобализации межкультурная коммуникация приобретает первостепенное значение во всех сферах человеческой деятельности.

Общий лингвистический код, как первичная и основная предпосылка для успешной коммуникации, позволяет достоверно передавать идеи, мнения и информацию.

Естественным следствием этого является формирование и активное использование единого языка для международной коммуникации.

В сфере международного бизнеса английский язык представляет собой основное вербальное средство международной коммуникации. Для профессиональной коммуникации существуют различные варианты английского языка:

Английский для специальных целей (*English for Special Purposes ESP*) – профессионально-ориентированный язык включает как лингвистические знания, так и знание предметной области для специфических нужд коммуникантов. Активно развивался 1960-70-х гг. По мнению российского лингвиста Л. М. Хобраковой, ESP «является родовым понятием по отношению к деловому английскому (*Business English (BE)*)». BE понимается как «взаи-

модействие регистров в составе профессионального подъязыка». К регистрам английского языка для делового общения относятся: английский коммерческой корреспонденции; английский контрактов и деловых документов; английский деловых встреч, презентаций, переговоров; английский международного бизнеса, представленный в средствах массовой информации; английский повседневного делового общения (телефонные разговоры, назначение встреч, заключение сделок и т. д.) [1].

Деловой английский как лингва-франка (*Business English as a lingua franca* (BELF)) – это деловой дискурс английского как лингва-франка (ELF).

BELF используется только не-носителями языка как общий коммуникационный код для ведения бизнеса в глобальном деловом сообществе. При этом члены бизнес-сообщества являются полноправными BELF – пользователями и коммуникантами. Они не рассматриваются как не-носители английского языка или изучающие английский язык [2].

Сравнительный анализ определяющих факторов ESP и BELF, сделанный финским лингвистом Леной Лоухиала-Салминен представлен в таблице.

ТАБЛИЦА. Определяющие факторы профессионально-ориентированного английского (ESP) и бизнес-английского как лингва-франка (BELF)

Определяющие факторы	ESP (английский как специальный язык), BE	BELF (деловой-английский как лингва-франка)
Требования для успешной коммуникации	Языковые навыки на уровне носителя языка	Навыки бизнес-коммуникации и овладение BELF-стратегиями
Говорящий пишущий нацелен:	подражать речи носителя языка	выполнить работу и составить отчёты
Неносители языка рассматриваются как	обучающиеся, источник проблем	полноценные коммуниканты
Основные источники проблем	Недостаточные языковые навыки	Недостаточные навыки в бизнес-коммуникации
Культура	Национальные культуры носителей языка	Культура бизнес-сообщества и национальная культура коммуникантов
Английский принадлежит	его носителям	никому и всем

Области использования BELF: управление людьми и проектами, производственные совещания сотрудников и руководителей, коммуникация в процессе профессиональной деятельности, проведение презентаций, заключение сделок, деловая документация, электронная переписка и т. д.

BELF-компетенция требует ясности и точности изложения содержания (а не лингвистической корректности), владения «ядром» жанров дело-

вого английского (письменный или разговорный), а не только «общего» английского. Кроме того, поскольку BELF-коммуникация происходит между/с не носителями языка (NNS) с разными культурными традициями, реляционная ориентация воспринимается как интегральная для BELF-компетенции [3].

BELF адаптирован к конкретной ситуации, динамичен, своеобразен и по своей природе толерантен к различным вариантам.

Существование международного бизнеса в мультикультурном и мультилингвистическом контекстах вынуждает бизнес-коммуникантов формировать стратегию поведения с учётом культурных и лингвистических ожиданий другой стороны.

Модель коммуникативной компетенции в глобальном бизнесе включает:

1. BELF-компетенцию: знание «ядра» английского языка (базовые знания английского языка) и специфических жанров делового дискурса; знание и умение использовать стратегии BELF – коммуникации: задавать вопросы, чтобы убедиться, что вас правильно поняли; взаимодействовать на удобном и понятном для коммуникантов уровне; сигнализировать о том, что что-то не понятно; перефразировать сказанное в случае недопонимания и т. д.)

2. Мультикультурную компетенцию: умение управлять коммуникацией между людьми разных национальностей, с различным профессиональным уровнем и из различных организаций; толерантное отношение к непривычным способам ведения бизнеса; умение приспособиться к конкретной коммуникации; знание особенностей национальной культуры и способов ведения бизнеса в данной стране.

3. Мультилингвистическую компетенцию-знание нескольких иностранных языков.

4. Перспективные идеи и разработки в бизнесе (ноу-хай).

Практически во всех мультинациональных компаниях персонал представляет собой сложное многоязычное сообщество. Но неразрывная связь языка и культуры может привести к недоразумениям между людьми разных национальностей. В связи с этим, вопрос выбора корпоративного языка в компании приобретает особое значение. В качестве рабочего языка может быть выбран язык головной организации или одного из зарубежных филиалов.

Всё больше и больше мультинациональных компаний, таких как Airbus, Nokia, Renault, Samsung и т. д., выбирают BELF в качестве общего корпоративного языка, чтобы упростить коммуникацию при разработке и реализации амбициозных международных проектов.

Хироши Микитани (*Hiroshi Mikitani*), основатель и генеральный директор крупнейшего в Японии интернет-магазина Rakuten, в своей книге «Макетплейс 3.0» подчёркивает, что «использование общего языка –

это не просто хорошая идея, а необходимое решение, не только для транснациональных компаний, но и для компаний, работающих на внутреннем рынке, потому что в большинстве компаний работают сотрудники разных национальностей, клиентами компании могут быть тоже люди разных национальностей».

Хироси Микитани рассказывает о причинах и трудностях внедрения делового английский языка в компании. В его компании вся деловая коммуникация осуществляется на английском языке, поскольку, по мнению Хироси Микитани «использование английского как делового языка заставляет людей выражать свои мысли более прямолинейно, точно и конкретно», что позволило сломать многие барьеры, характерные при общении на японском и предоставляет право и возможность сотрудникам изучить и принять новые правила коммуникации, характерные для коммуникации на английском. Эта мера позволила работать быстрее. Сотрудники должны были освоить деловой английский за 2 года под страхом понижения в должности или даже увольнения [4]. Сейчас в компании работает 7100 сотрудников, 3 из 5 руководителей не японцы, не владеющие японским, и 25 % сотрудников говорят на английском со своими коллегами и работниками филиалов заграницей.

Но внедрение английского встречает естественное и стойкое сопротивление сотрудников компании. Цедал Нилэй (*Tsedal Neeley*) в своей статье [5] предлагает комплекс стратегий и мер, которые необходимо реализовывать руководству компании для того чтобы поощрить сотрудников к изучению бизнес-английского и убедить их в необходимости использования BELF в деловой коммуникации.

Владение BELF – основополагающий навык для успешного достижения бизнес-целей посредством эффективной BELF-коммуникации. Преимущества использования BELF:

1. Эффективное управление международным сотрудничеством в условиях жесткой конкуренции на международном рынке. Позволяет установить доверительные отношения с местными компаниями, поставщиками и клиентами из других стран.

2. Глобализация задач и ресурсов. Для реализации задач компании сотрудники из разных стран работают вместе над общими проектами и использование общего языка – один из важных ресурсов для организации эффективной работы.

3. Слияние и поглощение компаний. Общий корпоративный язык упрощает процесс слияния. Кроме того, играет роль в создании имиджа международной компании.

По мнению С. Г. Тер-Минасовой «введение единого глобального языка (английского, как сейчас, или какого-либо другого в будущем) при-

влекает возможностью решить многие проблемы: облегчить международное общение, сократить огромные финансовые расходы международных организаций, компаний, концернов на переводчиков – письменных и устных, способствовать обмену информацией и, следовательно, ускорению и улучшению научно-технического прогресса, торговли, бизнеса. Преодоление языкового и культурного барьера могло бы быть коммерческой целью и, несомненно, является заветной мечтой коммерсантов, бизнесменов, политиков.» [6].

Использование BELF-коммуникации, как для международных контактов, так и для взаимодействия сотрудников разных национальностей внутри глобальной компании позволяет ясно ставить задачи и координировать действия для достижения ключевых целей между всеми участниками бизнес-коммуникации по всему миру и выжить, и преуспеть в глобальной экономике. А мудрая, твёрдая и последовательная политика руководства, направленная на поощрение и стимулирование сотрудников изучать и использовать BELF в деловой коммуникации, поможет сломить их сопротивление переменам и убедить в необходимости единого корпоративного языка для эффективной бизнес-коммуникации.

Список используемых источников

1. Хобракова, Л. М. Стратегии речевого воздействия в бизнес-планах компаний США: анализ дискурса : дис... канд. филол. наук : 10.02.04 / Людмила Матвеевна Хобракова. Иркут. гос. лингвистич. ун-т. Иркутск, 2003. 17 с.
2. Kankaanranta A., Louhiala-Salminen L. Business communication in BELF (Business English as a Foreign Language). Business Communication Quarterly. 2007. 70 (1). PP. 55–59.
3. Louhiala-Salminen L. BELF as the language of global business: implications for teaching? [Electronic resource] // Aalto University School of Business, Helsinki, Finland LSP Symposium, Nov 2012, Vienna. URL: https://www.wu.ac.at/fileadmin/wu/d/biz-comm/05_Symposien/Symposium_2012/wu_symposium_nov_12_louhiala-salminen_final.pdf (дата обращения 02.03.2018).
4. The Village Кейсы: Хироши Микитани «Маркетплейс 3.0» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.the-village.ru/village/business/case/152893-hiroshi-mikitani-marketpleys-3-0> (дата обращения 02.03.2018).
5. Neely T. Global Business Speaks English [Electronic resource] // Harvard Business Review may 2012. URL:[/hbr.org/2012/05/global-business-speaks-english](http://hbr.org/2012/05/global-business-speaks-english) (дата обращения 02.03.2018).
6. Тер-Минасова С. Г. Глобальные проблемы глобального языка и культур [Электронный ресурс] // Диалог культур: ценности, смыслы, коммуникации: материалы XIII междунар. конф. Лихачевские научные чтения, 16–17 мая 2013 года. (URL: http://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2013_Sbornik/2013_Dokladi/2013_plen/041_2013_plen.pdf (дата обращения 02.03.2018)).

Статья представлена заведующей кафедрой, кандидатом филологических наук, доцентом Е. Ф. Сыроватской.

УДК 008

О ЗНАЧЕНИИ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРОЛОГИИ В ОСМЫСЛЕНИИ ПРОШЛОГО, ПОНИМАНИИ НАСТОЯЩЕГО И ПРОГНОЗИРОВАНИИ БУДУЩЕГО

Е. Г. Овчинникова

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

Статья посвящена значению изучения истории и культурологии в осмыслении прошлого, понимания настоящего и прогнозировании будущего. Приводится мнение И. Гердера, О. Шпенглера о том, что основным содержанием истории является культура. Обращается внимание на то, что для установления объективной картины прошлого, понимания настоящего и прогнозирования будущего необходимо использовать широкий спектр методов как исторического, так и культурологического познания, в частности, синергетический подход М.С. Кагана к культурно-историческому процессу.

история, культурология, осмысление прошлого, понимание настоящего, прогнозирование будущего, марксистский метод, причины, уроки Октября 1917, синергетический подход.

«История – не учительница, а назидательница, наставница жизни; она ничему не учит, а только наказывает за незнание уроков» [1].

«История – сокровищница наших действий, свидетельница прошлого, пример и поучение для настоящего, предостережение для будущего» [2].

История – это не просто наука. Как отмечали известные философы, например, И. Гердер и О. Шпенглер, ее основным содержанием является культура. В этой связи значение этих наук неоспоримо для осмысления прошлого, понимания настоящего и прогнозирования будущего.

Прошедший 2017 г. ознаменован исторической датой – 100-летней годовщиной Октября 1917 г., о причинах, уроках которого существуют самые разные, противоречивые точки зрения. В советский период нашей истории эти события оценивались отечественными исследователями, по понятным причинам, на основе исключительно материалистической марксистско-ленинской концепции познания истории, в которой приоритет

отдавался классовому подходу, закономерностям и линейной направленности развития общества, способу производства материальных благ, т. е. экономике.

С позиций сегодняшнего дня, очевидно, что исключение из способов исторического познания других, немарксистских, подходов, в том числе, культурологического, не приближает нас к истинному, достоверному знанию Отечественной истории, в том числе о событиях Смутного времени или Октября 1917 г., а также уроков, которые мы должны из них извлечь. Так, например, по мнению российских дореволюционных историков, одной из причин Смуты, которую ряд современных исследователей называет первой гражданской войной в России, был низкий уровень духовности и нравственности, прежде всего в среде высших сословий российского общества. Это проявлялось в перекладывании налогового бремени с высших сословий на низшие, что вело к обнищанию основной массы населения. Не следует забывать и о поощрении Борисом Годуновым доносительства холопов на своих господ-бояр, стремившихся ограничить его власть. А это обстоятельство еще больше усугубляло Смуту. Наглядным примером беспринципности являлась политика одного из правителей этого периода – боярина Василия Шуйского, возглавлявшего в свое время комиссию по расследованию гибели царевича Дмитрия и менявшего решения этой комиссии в зависимости от политической ситуации.

Безусловно, духовно-нравственные причины имели место в той или иной степени и в период Февраля–Октября 1917 г. и последовавшей за этими событиями гражданской войной с ее трагическими последствиями.

В этой связи необходимо помнить мнение историка С. Ф. Платонова, о том, что еще в начале XIX века «главный интерес в истории стало представлять изучение не случайных внешних явлений, а изучение общественного быта на разных ступенях его развития. История стала пониматься как наука о законах исторической жизни человеческих обществ» [3, с. 6].

Важно учитывать и мнение известного французского историка Ф. Броделя, который писал, что для него «история – это сумма всех возможных историй, всех подходов и точек зрения – прошлых, настоящих и будущих» [4, с. 58].

Осмысливая Октябрь 1917 г., следует, на наш взгляд, обратить внимание и на новые представления, развитые философом и культурологом М. С. Каганом [5]. В частности, он рассматривал культуру как систему человеческой деятельности, охватывающую все ее формы, процессы и продукты. Культурно-исторический процесс представлял, как нелинейно-направленное общественное развитие, с точки зрения синергетического подхода.

По мнению Кагана, на каждом этапе истории возникают различные возможности эволюции человеческого общества. Но только те из этих возможностей, которые отвечают «зову будущего» (аттрактору), ведут к более высокой ступени развития. Остальные заводят общество в эволюционные тупики. Таким образом, движение общества «вверх» по ступеням общественного прогресса достигается через шаги, которые оно делает на каждом этапе в разных направлениях. Последовательность наиболее удачных, ведущих к «аттрактору» шагов образует главную магистраль общественного прогресса. Но эта магистраль не является однозначно заданной с самого начала истории объективными законами общественного развития. Человечество создает эту магистраль – и создает только благодаря тому, что оно постоянно ведет поиск лучших путей развития. А здесь для него ценен как позитивный опыт (нахождение их), так и негативный (испытание тупиковых путей).

Основная цель истории и культурологии очевидна: изучить и понять прошлое и настоящее, найти их связующие и спрогнозировать возможные варианты течения событий. Помимо этого, сохранить и донести до общества, нравственные ценности, воспитать его, уберечь от деяний, несущих плачевые результаты, либо показать путь решения проблем.

Список используемых источников

1. Балязин В. Н. Неофициальная история России. Афоризмы и изречения В. О. Ключевского. 604 с.
2. Мигель де Сервантес Сааведра – всемирно известный испанский писатель [Электронный ресурс] // Проект «Личности». Афоризмы. URL: <http://aforisma.ru/migelsaavedra-citaty> (дата обращения 7.01.2018)
3. Платонов С. Ф. Полный курс лекций по русской истории. СПб. : АСТ, Астрель, ОГИЗ, 2006. 704 с.
4. Ковалченко И. Д. Методы исторического исследования. Часть 1. Общие проблемы методологии и методы исторического исследования. 2 изд. М. : Наука, 2003. 440 с.
5. Каган М. С. Философия культуры : учеб. пособие. СПб.: Петрополис, 1996. 415 с.

УДК 111.83

Паңта Рәі. ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКИЕ ПАРАЛЛЕЛИ АНТИЧНОЙ И СОВРЕМЕННОЙ КАРТИН МИРА

В. Л. Селиверстов

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

История философии, как и история европейской науки, способствует не только знанию о том, когда впервые был сформулирован тот или иной метод научного исследования и какова его последующая судьба. В более широком смысле разговор о существе научного поиска неразрывно связан с природой самой мысли. Противополагание мышления и бытия в итоге сводится к единству, но с разным фактическим набором того, что будет названо «сущим». Такое значение имела в истории науки фраза Парменида «мыслить и быть – одно», равно как и атрибутируемая Фалесу «мудрость в том, чтобы знать все как одно». В античную эпоху философ конструировал объект научного знания чистым умозрением, не особенно полагаясь на эмпирическую базу бытового уровня. Принципы построения современной картины мира так же далеки от бытового примитивного материалистического сознания и требуют от человека определенной математической и философской подготовки восприятия.

история философии, история науки, античная картина мира, современная картина мира.

Постановка вопроса о существе явления обычно выражает специфику интереса человека к миру. Отчетливые философски продуманные формы ответов редко оказываются вне универсальных категорий, связанных с особой философской же техникой мышления, порождающей научные формы знания, и, с другой стороны, не могут находиться в некоем безвоздушном пространстве идеальной реальности никак не связанной с переживаемыми общественным мнением научных проблем современности. Так, понять актуальность Платона или Аристотеля в вопросе сопряжения природы мышления с законами естественного мира – значит уйти от интерпретации их творчества классиками марксизма-ленинизма с их диалектическим вдохновителем Г. В. Ф. Гегелем, а также и от средневековых попыток комментирования антиномичной пары понятий идеи/формы и материи. Увидеть восприятие материи глазами древних, значит, зная способ «разрешения» проблем и вопросов древних физиков Аристотелем и Платоном, поставить их заново в особом, «не снятом» виде, как это делает М. В. Бибихин, в некотором смысле повторяя опыт мышления М. Хайдеггера.

Это означает, что Фалес и Гераклит никогда не говорили о сущем, о мышлении и о мире в простой по-детски наивной (т. е. ошибочной с точки

зрения Аристотеля) форме восприятия (мол, все есть некая известная всем стихия и якобы предлагали что-то на выбор из заранее понятного набора – дешевая слава им вряд ли была нужна). Напротив, ими сделан тот первый шаг в опредмечивании сущего, за которым имеет смысл если не последовать, то по крайней мере увидеть последующее движение мысли, охватывающее сущее. Вслушаться в Логос вещей – значит попытаться увидеть их первопричиненность и сделать некоторую паузу перед наречением имен явлениям и порядку вещей. Способ высказывания в этом случае никогда не будет окончательным, ибо человеческое знание никогда не совпадет с абсолютной формой знания, присущей Творящему Началу.

История философии как, впрочем, и история европейской науки, способствует не только знанию о том, когда впервые прозвучал тот или иной тезис или был сформулирован и отточен метод научного мышления, исследования или поиска и какова его последующая судьба. В более широком смысле разговор о существе научного поиска неразрывно связан с природой самой мысли. Любая диареза или противополагание мышления и бытия в итоге с необходимостью сводится к некоему знаменателю единства сущего, но с разным фактическим или фактологическим набором и связью того, что будет названо этим «сущим». Такое значение имела в истории науки фраза Parmенида «мыслить и быть – одно», равно как и атрибутируемая Фалесу «мудрость в том, чтобы знать *все как одно*». Связывание причин и времен в разные эпохи, разумеется, будет особым в содержательной части, но обязательно в метафизическом единстве и с диалектическим «снятием» антиномичной дуальности сущего в мышлении, которое и будет первопричиной как вопрошания, так и ответствования о единстве всего.

Видеть, как это единство проявляет себя, вполне возможно при некотором внимании к ходу мысли уже первых наиболее значительных авторов в истории европейской мысли. Для небольшой иллюстрации возьмем изречения, приписываемые Фалесу, о водности природы всего сущего [1]. Разумеется, нами предлагается всего лишь реконструкция отдельных шагов того, что может выглядеть значительно сложнее при детальном раскрытии каждого изречения. Так, мы намеренно упрощаем понятия «жизни» как некоей «силы» или «самодвижной силы», которая присутствует в первоэлементе космоса, чтобы попробовать дать более широкие обобщения гипотетического свойства. Это в определенном смысле справедливо применительно к «воздуху» Анаксимена, если прочитывать его не как «аэр» в качестве воздушной среды, а как именно «пневму» – дух.

Итак, Фалесу приписывается изречение о том, что «природа всего – вода». Без «воды» не только невозможна жизнь, но и все остальные стихии космоса каким-то образом зависят от первоэлемента, выражаемого «водой» Фалеса. Что это за «вода» и почему в основании «всего» именно она? С од-

ной стороны, из реконструкций А. Ф. Лосева следует, что скорее всего подразумевается мифологическое первоначало мира в некоем жидким субстрате хаотичного свойства. При этом одна из возможных этимологий существительного «хаос» восходит к глагольной форме «хао» – лить, создавать поток, у которого нет начала и конца, т. е. первобытный поток «бездна». Первобытный Океан в этой картине мира оказывается в основании всякой суши и всякой жизни.

С другой стороны, по мнению А. В. Лебедева, трудно сказать, как именно интерпретировалось само понятие «первоначала» и нет точных указаний на отделенность творческого начала от производимого уже в стихиях движения. Если допустить таковой «зазор» трансценденции между действующим началом и вещественным результатом, то мы получаем некоторый намек на творческий акт некоей невещественной божественной воли, и тогда до некоторой степени «снимается» предполагаемое нами теперь противостояние и даже несовместимость изречений об абсолютности стихийного первоначала и высказывания того же Фалеса о том, что «все полно богов». Однако однозначно утверждать подобное пока невозможно.

Традиционная точка зрения такова, что *природа*, т. е. происхождение всего сущего связано с водой. Это значит, что «пра-» или «первозданная вода» вполне может содержаться во всем, в том числе и в той воде, которую мы пьем, но уже в качестве первого элемента или первостихии. По Анаксимандру, его – этого первоначала – самого по себе заметить трудно без логического «эпистрофэ» – умозрительного возврата к исходному и неопределенному. Однако вода в варианте изречений Фалеса ближе всего передает свойства этого первого элемента. Посему, «все из воды» и, более того – «все в воду возвращается», проделав некий космический цикл.

Сложность интерпретации обычно связана еще с тем, что нужно вразумительно объяснить, как вода или «пра-вода» может оказаться началом и огня – стихии противоположной по «знаку» и действию. Сейчас мы хорошо знаем, что некое текучее и неопределенное состояние переживают все материалы при высокой температуре и давлении. Наблюдательность древних недооценивать в этом случае также не стоит, поскольку случаев соединения или перехода качеств и свойств найти им не так трудно. Так, огонь проявляет себя с особой силой именно с большими массами воды в сильную грозу. Также любой крестьянин прекрасно знает, что невысушеннное сено может попросту сгореть (одна из возможных причин сельских и городских пожаров в недалеком прошлом наряду с неубранными конюшнями).

Противоречия, таким образом, носят, видимо, поверхностный характер и наблюдаются в мире, разделенном на отдельные и противоположные стихии, тогда как по существу мысль может застать начало или «первоначало» в состоянии исходном и неразделенном. Весь универсум находится в движении благодаря «пра-воде», которая заставляет его изменяться, будучи

скрытой от непосредственного физического наблюдения – мы видим только следствия или последствия действия ее. Если мы предположим, что первоэлемент действительно не отделен от мира, то и мировой огонь древних, и звезды, включая наше светило, содержат его также, как и все что нас окружает. И пример изречений Фалеса в данном случае не единственен. Реконструкция и прочтение изречений Гераклита об огне как первопричине сущего может дать ход подобным суждениям.

Собственно, мы оказываемся совсем рядом с предположением об открытии первого химического элемента периодического закона Д. И. Менделеева, который сам по себе не вполне в табличную форму «не вписывается», ибо не обладает всеми формальными признаками конечного и стабильного химического элемента с точки зрения атомарного состава. То, благодаря чему Солнце дает свет и жизнь, происходит именно с перво- и пра-элементом, преобразуемым в «нормальный» химический элемент. Наблюдалася в XX веке масса далеких объектов вне солнечной системы также связывалась астрономами с простейшим химическим элементом, как и судьба всей Вселенной до недавнего прошлого связывалась именно со свойствами этого первого элемента, присутствие которого было открыто в результате химических (но не термоядерных) опытов великими А. Л. Лавуазье и П.-С. Лапласом в составе воды.

Как видим, античный натурфилософ конструировал объект научного знания чистым умозрением, не особенно полагаясь на эмпириическую базу бытового уровня. Принципы построения современной картины мира так же далеки от бытового или примитивного материалистического сознания и так же требуют от человека определенной математической и философской подготовки восприятия.

Список используемых источников

1. Фрагменты ранних греческих философов. Часть I: От эпических теоксмогоний до возникновения атомистики / Под ред. И. Д. Рожанского. М. : Наука, 1989. 576 с. ISBN: 5-02-008030-6.

УДК 81.42

ТЕМПОРАЛЬНЫЙ ДЕЙКСИС В ЦИФРОВОМ ПОВЕСТВОВАНИИ Э. КЭМПБЕЛЛА “GLIMMER”

С. Г. Серебрякова

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

В статье на примере цифрового повествования Э. Кэмпбелла “Glimmer” рассматривается один из основных видов дейкса – темпоральный дейксис, его функционирование в условиях вымышенной реальности и влияние на восприятие произведения пользователем.

электронная литература, цифровое повествование, темпоральный дейксис, воспоминание.

Все новое и непривычное чаще воспринимается неохотно, поэтому, хотя цифровое повествование (электронная литература) существует уже порядка 30 лет, многие его аспекты все еще недостаточно изучены. В настоящей статье рассматриваются лингвостилистические особенности цифрового повествования Энди Кэмпбелла “Glimmer” («Проблеск») [1].

Восприятие цифрового повествования, как и традиционного нарратива, неизменно погружает пользователя в вымышленную реальность. В случае повествования от первого лица пользователь является одновременно объектом повествования и субъектом воображаемой действительности, получая возможность наблюдать за развитием событий, находясь в позиции рассказчика. Согласно теории К. Бюлера [2], говорящий строит высказывание, исходя из своего *Origo* – исходной точки координат, которая определяется тремя взаимосвязанными элементами «я – здесь – сейчас». Реализация данной схемы становится возможной благодаря дейктической оппозиции «я – не я (другой)», «здесь – не здесь (там)», «сейчас – не сейчас (тогда)», т. е. дейксис представляет собой не что иное, как отношение говорящего к ситуации, в которой он находится (или не находится, но наблюдает, воспринимает и т. п.). Таким образом благодаря дейксису (с лат. «указание») говорящий и слушающий оперируют одной и той же системой знаков и могут понимать друг друга.

Традиционно выделяют три основных вида дейкса – локальный, темпоральный и персональный дейксис. В настоящей работе на примере цифрового повествования Э. Кэмпбелла “Glimmer” мы рассмотрим, как темпоральный дейксис используется для представления воспоминания. Как было

указано выше, дейксис – это всегда оппозиция. Темпоральный дейксис кодирует абстрактный феномен окружающей среды – время, т. е. в художественном повествовании он позволяет пользователю определить, как герой позиционирует себя в вымышленном пространстве – находится ли он в моменте повествования («сейчас») или абстрагирован от него («не сейчас»). В темпоральном дейксисе выделяют сильнодейктические (наречия времени) и слабодейктические (времена глагола) средства выражения. Во временах глагола презенс отражает ситуацию «сейчас» (инклузивный дейктический центр), прошедшее и будущее время – «не сейчас» (эксклюзивный дейктический центр) [3].

Настоящее исследование имеет своей целью рассмотрение прежде всего лингвистических особенностей интерактивного вымысла Э. Кэмпбелла “Glimmer”, однако, поскольку речь идет о цифровом повествовании, представляется целесообразным также обратить внимание на мультимедийные элементы, которые являются неотъемлемой частью истории.

Первый фрагмент повествования – конверт, на котором четко различимы почтовые марки, однако адрес не читается. Последующие события представлены на черно-белом фоне с элементами орнамента, клубами дыма (или пара?) и отдельными словами, отражающими обрывки мыслей героя. Повествование ведется в простом прошедшем времени, и из следующих фрагментов пользователь узнает, что главный герой, от лица которого ведется рассказ, повествует о событиях 18 июля, когда его разбудил почтальон, чтобы вручить конверт. Чувствуя себя не лучшим образом после бурной вечеринки, адресат снова ложится спать. Он просыпается чуть позже и в полусознательном состоянии замечает выпавший из конверта предмет (на упомянутом выше черно-белом фоне появляется расплывчатое оранжевое пятно, не позволяющее определить, какой предмет это может быть): *A few hours later I woke up and semi-consciously opened the jiffy bag that had been half covering my face. I must have been at a funny angle because something bright orange slipped out of it in a blur and disappeared into the sofa somewhere.*

Приложив немало усилий, герой находит под диваном маленькую пластиковую оранжевую рыбку, подобно тем, что можно найти в новогодних хлопушках: *It took me ages to find it and when I did find it I wondered why I'd bothered. It was a small bright orange plastic goldfish, like something you'd get out of a Christmas cracker.* Рассказчик внимательно изучает игрушку, пытаясь понять, кто мог быть отправителем такого сообщения, но его попытки тщетны: *I held it up to my face and examined it and wondered who the hell would have sent something like this to me. Nobody came to mind.* В этом эпизоде на месте расплывчатого пятна находится чёткое изображение оранжевой рыбки.

Через несколько дней, когда герой чувствует себя лучше, он находит на полу рыбку, но нигде нет конверта, чтобы попытаться угадать отправителя по почерку. Герой предполагает, что выкинул конверт во время уборки.

Рассказчик выбрасывает рыбку и принимается за мытье посуды. Как и в предыдущих фрагментах, повествование ведется в простом прошедшем времени: I rinsed the washing up bowl out and then watched the hot water pouring into it. Steam began to form and rise. С одной стороны, простое прошедшее время представляет ситуацию как ряд фактов, событий, следующих одно за другим, с другой стороны, сложное дополнение (watched the hot water pouring) придает моменту динамики.

Следующий фрагмент является собой вспышку в памяти героя. Воспоминание представлено не в черно-белом, а в цветном варианте, на фоне грозовых облаков и проглядывающего сквозь них солнца, бушующего моря (как будто видеозапись ведется с лодки или какого-то другого судна), шум которого смешивается с раскатами грома. Обращает на себя внимание смена не только зрительного ряда, но и дейктического центра повествования – темпорального измерения – здесь изложение ведется в настоящем времени: She dreams of nothing but water.

Endless flooding across floors, bursting through walls, violent ocean storms, torrential rain.

She awakes most nights at the point of drowning breathless and sweat-drenched and staring at the clock saying 3am.

Посредством настоящего времени реализуется инклузивный дейктический центр [3], т. е. говорящий помещает себя в центр событий. Следует отметить, что это перемещение во времени происходит всего лишь на несколько секунд, поскольку, в отличие от всех других фрагментов, эпизод с воспоминанием появляется и сменяется следующей частью автоматически. Представляется, что подобное использование мультимедийных элементов в сочетании с настоящим временем повествования позволяет пользователю максимально приблизиться к воспоминанию героя в его восприятии (ср.: цифровое повествование называется “Glimmer” – «Проблеск»).

Такой перенос во времени становится возможным благодаря линейности времени. С течением времени субъект отдаляется от своего воспоминания все больше, и «воспоминание, таким образом, неизбежно модифицируется по временном интервале, когда оно все еще принадлежит настоящему (непосредственное воспоминание) и когда оно уже становится вторичным воспоминанием – репродукцией, близкой к воображению» [4]. Представляется, что элемент воображения является неотъемлемой частью воспоминания, поскольку именно воображение позволяет компенсировать утраченные в памяти фрагменты прошлого, необходимые для создания целостной картины.

К. Бюлер [2] рассматривает три случая соотнесения, воображаемого с действительностью:

1. Перенесение воображаемого в свою жизнь. Будучи психически здоровым, человек перемещается в представляющую ситуацию и организует «воображаемое в соответствии с запомненным изначальным осязательным образом тела и со своей оптической перцептивной ориентацией».

2. Перенесение в воображаемое. Ситуация воспринимается с определенной точки, в которой мысленно находится субъект.

3. Параллельное существование воображаемого и реального. В существующей ситуации человек способен «показать пальцем направление, в котором духовным зрением воспринимается отсутствующее».

В нашем случае герой полностью выключается из текущей ситуации (мытья посуды) и погружается в воспоминание, иными словами, переносится в воображаемое. Предположение, что следующий эпизод будет либо продолжением воспоминания, либо возвращением к предшествовавшим воспоминанию событиям, представляется логичным. И в своем повествовании герой действительно возвращается к процессу мытья посуды, который благодаря еще одной смене дейктического центра темпорального измерения, теперь визуализируется и воспринимается как воспоминание в общей канве повествования: *I'm about a third of the way through the washing up and my hands are getting wrinkly when I remember something that happened in a swimming lesson once when I was a kid and feel my throat tense and quickly pull my hands out of the bowl. A girl drowned.* Ссылка на предыдущий фрагмент воспоминания вводится прямым указанием – глаголом *remember*. В данном случае можно говорить о параллельном существовании воображаемого и реального, когда герой моет посуду, одновременно погружаясь в воспоминания.

Все последующие эпизоды повествования реализуются в настоящем времени, употребление настоящего длительного времени позволяет представить ситуацию в динамике.

Из следующего фрагмента, в котором упоминается девочка в оранжевом купальнике, становится понятно, как воспоминание героя связано с загадочным конвертом с оранжевой рыбкой: *She's standing on the edge of the pool in a bright orange swimming costume chatting to a boy...*

И еще одна связь воспоминания с текущей ситуацией, которую описывает герой, наблюдается в предпоследнем отрывке, где рассказчик вспоминает, что рот девочки открывался и закрывался как у рыбы: *...her mouth is just opening and closing, like the mouth of a fish.*

Традиционное литературное произведение или цифровой вымысел – это всегда дейкссис к воображаемому, так как указание осуществляется на некую вымышленную, не существующую в реальном мире ситуацию. Таким образом, воспоминание героя в придуманной действительности есть

ни что иное как его дейксис к воображаемому, в то время как он сам для пользователя (читателя) является первичным источником указания.

Рассмотренный цифровой вымысел реализуется в прошедшем времени, т. е. изначально исключается из дейктического центра рассказчика, что также усиливается фактической информацией, ссылкой на конкретную дату в прошлом (18 июля), т. е. представляется возможным сделать вывод, что вся эта история – воспоминание героя, однако смена дейктического центра с помощью средств темпорального дейкса – использование настоящего времени – позволяет ввести воспоминание в воспоминание, иными словами, представить событие в рамках другой истории, при этом не нарушив общую логику. Если проводить сравнения с традиционной литературой, можно сказать, что речь здесь идет о концентрическом повествовании, когда в основную сюжетную линию вкладываются другие случаи из жизни героев.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что темпоральный дейксис делает возможным создание произведения, в котором события, кажущиеся на первый взгляд никак не связанными между собой, выстраиваются в логическую цепочку.

Список используемых источников

1. Campbell A. Glimmer. Retrieved February, 27, 2018, from <http://www.dreaming-methods.com/glimmer/>
2. Бюлер К. Теория языка. М. : Прогресс, 1993. 501 с.
3. Diewald G. M. (1991). Deixis und Textsorten im Deutschen. Tübingen. 435 s.
4. Ревзина О. Г. Память и язык // Критика и семиотика. 2006. Вып. 10. С. 10–24.

УДК 341.228

АРКТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА ДАНИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

А. В. Соколова

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

В силу глобального потепления Арктический регион приобретает все большее стратегическое значение. Право на обладание континентальным шельфом оспаривает целый ряд стран, имеющих выход к Северному Ледовитому океану. Дания, благодаря входящей в ее состав Гренландии, является одним из активных участников процесса.

Арктическая держава, Арктический регион, глобальное потепление, международное морское право, Арктическая стратегия.

За последние десятилетия мы наблюдали активный рост внимания к Арктическому региону. Происходящие глобальные изменения климата, вызывающие обширное таяние ледников и ледовых шапок Гренландии создают для мирового сообщества как проблемы и повод для конфликтов, так и новые возможности. С одной стороны, изменение климата пагубно влияет на коренные народы, угрожая самобытности их культуры и нанося экономический урон. С другой стороны, те же изменения климата открывают новые возможности освоения Арктики, благодаря тому, что значительно облегчается доступ к нефтяным и газовым месторождениям, минеральным ископаемым, кроме того появляются новые маршруты для перевозки грузов с одного континента на другой. Таким образом именно глобальные климатические перемены предопределяют динамику взаимоотношений арктических держав – повышенный геополитический интерес к Арктическому региону создает ряд проблем для обеспечения стабильности в регионе и поддержания мирного диалога между странами.

В Арктическом регионе располагаются территории России, США, Канады, Норвегии, Дании (за счёт Гренландии и Фарерских островов), Швеции, Финляндии, Исландии. При этом самые протяжённые границы в Арктике имеет Россия. Юридически обоснованными правами на освоение арктического шельфа в пределах 200-мильной исключительной экономической зоны обладают только государства, чья береговая линия выходит непосредственно к Северному Ледовитому океану. Официально только Россию, США, Канаду, Норвегию и Данию принято считать арктическими.

Арктическая стратегия стран Северной Европы имеет три основных уровня:

- Двусторонние отношения со странами, вовлечёнными в арктическую политику.
- Политика в рамках североевропейского сотрудничества.
- Политика в рамках международных организаций (СБЕР, Арктический совет, НАТО, ЕС, ООН и пр.)

Дания, будучи официальным арктическим государством, стремится активно участвовать в делах региона, включая защиту своих экономических и геополитических интересов в Арктике. В 2008 г. в Дании совместно с Гренландией был разработан документ «Арктика в переломный период: предложения по стратегии для активных действий в Арктическом регионе». В августе 2011 г. вышел документ «Стратегия Королевства Дании в Арктике на период 2011–2020 гг.». Оба документа разработаны на единой концептуальной основе и включают в себя разделы, связанные с проведением науч-

ных исследований. Относительно Гренландии была поставлена задача обеспечить благоприятные условия для её развития путём поощрения местной экономики, охраны окружающей среды, усилий по сохранению самобытной культуры коренных народов, оказания помощи созданию и развитию системы самоуправления (вступило в силу в 2009 г.). Однако при этом в документе было заявлено, что Дания и впредь будет осуществлять свой суверенитет над Гренландией, в том числе путём присутствия там датских вооружённых сил. Было также подчёркнуто, что Копенгаген намерен решительно отстаивать свои экономические и стратегические интересы и в остальной части Арктики, включая такую сферу, как раздел континентального шельфа. Обязанности вооруженных сил согласно данному документу обозначены достаточно широко – проведение спасательных операций, оказание помощи полиции и таможенным властям, борьба с браконьерством, наблюдение и борьба с загрязнением окружающей среды. В документе 2008 г. Датская сторона акцентирует, что основная цель ее деятельности заключается в поддержании мира на территории Арктики. Дания намеревалась делать в своей арктической политике акцент не на соперничестве, а на сотрудничестве, для чего она собиралась активно работать в рамках многосторонних институтов как субрегионального (СБЕР, североевропейские организации), так и регионального (АС, ЕС и НАТО) характера. На конференции Илулиссате были еще раз оговорены приоритетные сферы сотрудничества пяти арктических держав – проведение спасательных операций, оказание помощи полиции и таможенным властям, борьба с браконьерством, наблюдение за состоянием окружающей среды и борьба с загрязнением.

Правда, изложенный в Арктической стратегии «миролюбивый» и в целом оптимистический подход к решению арктических проблем не совсем совпадал с оценками датских военных. Так, в одном из докладов датской военной разведки, опубликованном в сентябре 2009 г., прогнозировалось, что накопившиеся региональные проблемы (особенно конкуренция из-за природных ресурсов и контроль за проливами) скорее будут способствовать росту соперничества в Арктике, чем сотрудничества. Кроме того, как и все арктические державы, Дания сталкивается с рядом делимитационных проблем среди которых неурегулированные границы между Гренландией с одной стороны и Канадой и Россией с другой. В частности, 35 % территорий, на которые претендует Дания, находятся в зоне интересов Канады. Так, Дания претендует на ряд арктических территорий между Гренландией и прибрежными островами, которые Канада считает частью своей провинции Нунавут. Особенно острый конфликт имел место из-за маленького (площадью всего в 1,3 кв. км) ненаселённого острова Ханс, находящегося неподалёку от Гренландии. Начиная с 1984 г. обе страны всячески пытались демонстрировать свой суверенитет над островом. Его посещали датские и канадские

высокопоставленные чиновники, военные корабли и вертолёты, каждая из сторон устанавливала на нём флаги. В 2005 г. дело даже дошло до сообщений в канадской прессе об «оккупации» острова датскими военно-морскими силами, хотя это не соответствовало действительности. В сентябре того же года министры иностранных дел двух стран сделали совместное заявление по вопросу об острове Ханс, в котором, признавая существенную разницу во взглядах на вопрос, всё же обязались решать возникающие проблемы мирным путём. Однако до сих пор этот вопрос так и не получил окончательного решения.

Среди западных экспертов есть немало сторонников трёхстороннего сотрудничества (Дания, США и Канада) по арктическим вопросам, начиная от делимитации морских пространств и совместного использования арктических проходов до сотрудничества в области региональной безопасности (тем более что все три страны являются членами НАТО). Звучало даже такое предложение, как заключение тройственного соглашения, направленного на установление совместного контроля за Северо-Западным арктическим проходом, включая досмотр судов и взимание транзитных платежей за пользование им.

Что касается отношений с Россией по арктическим вопросам, то, как уже отмечалось, одна из главных задач датских властей – доказать, что хребет Ломоносова, на который претендует Москва, является продолжением шельфа Гренландии. Как известно, Россия уже подавала (хотя и неудачно) заявку на данный хребет и готовит новую.

Однако в отношении самого Северного полюса общего решения пока нет. Если будет применяться «медианный линейный» метод, выиграют, прежде всего, Дания, получающая Северный полюс, и Канада, отчасти расширяющая свои территории в Арктике. Если будет применяться «секторальный» метод, в этом случае Дания и Канада проиграют, зато выиграют Норвегия и Россия. Возможен и другой вариант. Например, сделать 60-мильную зону вокруг полюса достоянием международного сообщества.

Как уже отмечалось, в настоящий момент Копенгаген активно проводит научные исследования, направленные на сбор геологических доказательств, указывающих на то, что гренландский шельф простирается до Северного полюса.

Следующий важный момент в арктической политике Дании связан со сложной ситуацией в отношениях с Гренландией. На последних выборах выиграла партия «Братство инуитов», выступающая за проект отделения Гренландии от Датского королевства. Хоть этот сценарий и труднореализум, тем не менее другие участники арктического диалога могут быть заинтересованы в том, чтобы вывести из игры одного из сильных конкурентов в борьбе за ресурсы. Главными заинтересованными сторонами в этом случае будут Канада и Россия, с которыми есть нерешенные территориальные

споры, а также Исландия, которая в случае получения Гренландией независимости, сможет расширить свои владения в Арктике.

Несмотря на подобные очаги напряженности, датские власти придерживаются мнения, что конфликтный путь решения проблемы является непродуктивным и активно выступает инициатором диалога между странами, в частности Илулисатской конференции. Помимо этого, Дания предпринимает активные попытки по реанимации деятельности Арктического совета, который частично в силу бездействия США является больше форумом для общения, нежели авторитетным органом. Дания выступает за более четкое разграничение функций Совета министров Северных стран и северного совета, а также за активное привлечение ЕС и НАТО для решения вопросов.

Список используемых источников

1. Иванов И. С. Арктический регион: Проблемы мирового сотрудничества. М. : Аспект Пресс, 2013. 360 с.
2. Конышев В. Н., Сергунин А. А. Арктика в международной политике: соперничество или сотрудничество? М. : РИСИ, 2011. 194 с. ISBN 978-5-7893-0135-7.
3. Загорский А. В. Арктика: зона мира и сотрудничества. М. : ИМЭМО РАН, 2011. 195 с.

Статья представлена заведующим кафедрой, кандидатом исторических наук, профессором С. А. Лосевым.

УДК 378.147

ОБУЧЕНИЕ ПИСЬМЕННОЙ РЕЧИ НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИКТ

Ю. М. Соколова

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

Статья посвящена обучению письменной речи студентов университета на примере письменного речевого упражнения, предполагающего работу с текстом на английском языке, размещенном в Интернете. Указаны некоторые трудности, которые препятствуют качественному выполнению подобных упражнений, и способы их преодоления. Рассмотрен воспитательный потенциал предмета иностранный язык в рамках конкретных тем социально-бытовой и учебно-трудовой сфер.

обучение письменной речи, обучение иностранному языку с использованием ИКТ, воспитание волевых качеств личности.

Мультимедийная образовательная среда – знак нашего времени. Преподаватели и студенты имеют достаточно сформированную компетенцию для использования современных средств связи в образовательном процессе. Это не только получение от преподавателя и отправление ему заданий по электронной почте, но и выполнение различных речевых упражнений на развитие таких умений в письменной речи как: составление плана текстов, размещенных на интернет-сайтах, а также их аннотирование, реферирование, рецензирование, перевод. Студенты также обращаются к интернет-ресурсам при подготовке к написанию докладов и тезисов в рамках научно-исследовательской работы. Однако и преподаватели, и студенты часто испытывают чувство разочарования от результатов работы обучающихся, что связано и с недостаточной сформированностью умений, основанных на знании особенностей выполнения подобных упражнений, но и с отсутствием или неразвитостью определенных качеств личности, определяющих успешность любой деятельности, включая коммуникативную в письменной форме на иностранном языке.

Часто студенты объясняют некачественное выполнение задания ограниченным сроком работы с доступной в Сети информацией. По сути, они констатируют тот факт, что не смогли справиться с планированием и рациональным использованием своего времени, находясь в стрессовой ситуации, вызванной чаще всего большим объемом и даже избытком информации в Интернете. Очевидно, что причина неудовлетворительного результата выполнения упражнений в этом случае в недостаточной сформированности таких качеств личности как: целеустремленность, организованность, самоуправление, самостоятельность, самообладание, самостимуляция (возможность и способность повысить свою активность, подбадривая себя), терпеливость. Следует пояснить, что перечисленные качества личности являются важными компонентами силы воли [1].

Степень развитости волевых качеств личности оказывает прямое влияние на успешность формирования речевых умений в письменной коммуникации. Можно ли научить студентов создавать иноязычные тексты, фиксирующие собственные или чужие мысли, и укрепить столь необходимую им силу воли, занимаясь формированием речевых умений на иностранном языке с использованием информационно-компьютерных технологий (ИКТ)?

Так как изучение тем учебно-трудовой сферы «Моя учеба в высшей школе», «Планирование своего времени», «Мои планы на будущее» и тем социально-бытовой сферы «Межличностные отношения», «Распорядок дня студента», «Здоровье и забота о нем» предполагает научить студентов выражать свои суждения, в том числе в письменной форме, о том, как они организуют свою учебную и другую деятельность, строят личные и деловые

взаимоотношения, как заботятся о своем здоровье будет уместно познакомить студентов с информацией о том, что развитая сила воля – основа личностного роста и гарантия достижения поставленных целей и задач студентов, причем цель обучения речевому общению в письменной форме – только одна из них.

Информация о силе воли имеет воспитательное значение. Она, кроме всего прочего, может способствовать развитию речевых умений и, таким образом, обеспечивает успешность коммуникации. Подобранные преподавателем тексты, например, о том, что слабую волю можно развивать, укреплять и тренировать вызывают у студентов интерес к данной проблеме и стимулируют потребность выполнить определенные действия, развивающие их письменную речь на иностранном языке.

Преподаватель задает студентам, владеющим изучаемым языком на уровне В1–В2 по Европейской системе уровней, следующее задание для самостоятельной работы: «Порекомендуйте своему другу прочитать одну из глав из книги Келли Макгонигал (*Kelly McGonigal*) «Сила воли» (*The Will-power Instinct*) и обоснуйте свой выбор в десяти предложениях на английском языке в письменной форме. Воспользуйтесь интернет-ссылкой [2]». Данное задание предполагает выполнение комплекса действий, необходимых для письменного общения, а именно: делать выписки из текста, передавать информацию в сокращенном виде, выражать свое суждение и эмоциональное отношение к прочитанному тексту, аргументировать свою точку зрения в письменном виде и др. [3].

После того как студенты находят в Интернете и скачивают на свой компьютер предложенный текст, они знакомятся с оглавлением в указанном источнике на английском языке и выбирают одну из десяти имеющихся в книге глав на основе анализа их названий и собственных предположений об их содержании. Далее они знакомятся с выбранной ими главой и одновременно делают выписки из текста, извлекая из прочитанного необходимую им для аргументации своего совета информацию. Выписки из текста могут быть выполнены как в сжатой форме, так и в виде цитат. Напомним, что выписывание нужной в предстоящей письменной работе, по мнению пишущего, информации является базисом в работе над письменным текстом. Кроме того, выписки из текста – это один из методов научного исследования, применяемом при анализе текста [3].

После этого студенты приступают к написанию рекомендации, что является уже составлением первичного текста, в отличие от выписок, являющихся примером вторичного текста. Обучающиеся фиксируют в рекомендации собственные мысли, доказывая преимущество знакомства с конкретной главой, и высказывают свое мнение о полученных сведениях, выражают свое эмоциональное отношение к заявленной проблеме укрепления силы

воли для того, чтобы обосновать свой совет. В этой части задания им необходимо составить собственные грамматически и лексически правильные предложения, для чего они используют соответствующие знания языка, а также приемы самоконтроля.

Для получения лучшего результата от выполнения студентами упражнений, предполагающих использование Интернета в дальнейшем, преподаватель может объяснить студентам, что работа с размещенными в сети источниками имеет свою специфику, а одним из способов преодоления возникающих трудностей может быть восприятие их как своеобразного тренажера для укрепления своей «волевой мышцы», т. е. силы воли.

Примечательно, что многие студенты, познакомившись с работой К. Макгонигал, рекомендуют прочитать ее каждому сверстнику. Видимо, тема воспитания силы воли – весьма актуальна для современных молодых людей. Предложенные автором варианты преодоления стрессовых ситуаций, приемы самоконтроля, самоанализа, организации своего времени и противостояние искушению, примером которого может быть постоянное использование какого-либо гаджета в ущерб другой деятельности, и многие другие советы автора воспринимаются студентами положительно, что приводит к высокой результативности обучения иноязычной коммуникации.

Список используемых источников

1. Калин В. К. На путях построения теории воли // Психологический журнал / Ред. А. В. Брушлинский. 1989. Т. 10, № 2. С. 46–55.
2. http://moodle.liedm.net/pluginfile.php/2060/mod_resource/content/1/libro%20-%20the_willpower_instinct_how_self_control_works_why_.pdf (дата обращение 28.03.2018).
- 3 Щукин А. Н. Методика обучения речевому общению на иностранном языке : уч. пособие. М. : Икар, 2017. С. 299–321.

Статья представлена научным руководителем доктором педагогических наук, профессором Ю. В. Ерёминым

УДК 81'42

ИНЖЕНЕРНЫЙ ДИСКУРС ИКТ КАК ОСНОВА ОТБОРА ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ В ОБУЧЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

Е. Ф. Сыроватская

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

В статье рассматривается проблема отбора дидактического материала, необходимого при обучении будущих инженеров ИКТ иностранным языкам. Предлагается отбирать дидактические единицы на основе данных о наиболее типичных видах профессиональной общения между коммуникантами в дискурсе ИКТ, целенаправленно формировать коммуникативные умения, необходимые на производстве.

инженерный дискурс ИКТ, коммуникативный аспект дискурса, компетенция, профессионально-коммуникативные умения, формы общения.

Осуществление компетентностного подхода в преподавании иностранного языка (ИЯ) в вузах тесно связано с изучением дискурса, в котором им предстоит взаимодействовать в профессиональной деятельности. Компетенции требуют формировать способности к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия, в том числе в сфере профессиональной деятельности (например, ОК-7 направления 10.03.01 – Информационная безопасность).

Компетентностный подход требует от преподавателя понимания того, что представляет собой профессиональная деятельность выпускника с соответствующей степенью. Преподавателя ИЯ здесь интересует не столько конкретное содержание этой деятельности, сколько ее коммуникативно-когнитивная сторона, т. е. способность пользоваться ИЯ в типичных ситуациях общения с коллегами и понимать профессиональные концепты.

Лингвистической единицей, позволяющей преподавателю ИЯ приблизиться к пониманию того, что представляет собой будущая профессиональная деятельность обучающегося, является профессиональный дискурс. Исторически сложилось, что дидактическим материалом для преподавания ИЯ в вузе служат профессиональные концепты соответствующего институционального дискурса: юридического, медицинского, технического. При этом преподаватель ИЯ ставит себя в позицию псевдо-специалиста, иногда подменяя преподавателей сразу нескольких специальных дисциплин и зачастую осуществляя концепцию «опережающего обучения». Очевидно,

что такая ситуация одновременно и опасна, и неизбежна: псевдо-специалист может исказить информацию, проинтерпретировать ее неточно и т. п. С другой стороны, невозможно обучать общению в профессиональной деятельности, не используя профессиональные концепты. Знание этих концептов, пусть и поверхностное, является обязательной составляющей дидактической компетентности самого преподавателя ИЯ, его своеобразная дополнительная «специализация».

Несмотря на сложность когнитивно-концептуальной составляющей обучения профессиональному ИЯ, еще большую сложность представляет его коммуникативная дидактическая компонента. Уже неоднократно отмечалось, что инженерный дискурс ИКТ состоит из нескольких субдискурсов. В рамках инженерного институционального супердискурса можно выделить инженерно-производственный дискурс, научно-инженерный дискурс, инженерно-педагогический дискурс, инженерно-маркетинговый дискурс. Каждый из них представлен своими субъектами, целями общения и реализуется набором прототипных монологических и диалогических текстов в рамках устной и письменной реальной или виртуальной коммуникации.

Поскольку преподавание ИЯ можно назвать «игрой в имитацию», для преподавателя очень важно владеть информацией о типичных ситуациях общения в будущей профессиональной деятельности учащихся. И здесь мы должны констатировать, что преподаватели ИЯ более или менее представляют себе коммуникативные ситуации в научно-инженерном, инженерно-педагогическом и инженерно-маркетинговом дискурсах, совершенно не имея никакого понятия о типичных ситуациях общения в инженерно-производственном дискурсе. Отсюда следует, что в современной болонской системе высшего образования (будущий бакалавр-магистрант-аспирант) преподавателю ИЯ проще всего «имитировать» коммуникативные ситуации для аспиранта, т. е. коммуникативную составляющую научно-инженерного и инженерно-педагогического дискурсов. Можно отметить также, что некоторые зарубежные учебники профессионального ИЯ позволяют имитировать коммуникативные ситуации инженерно-маркетингового дискурса.

Основной по численности группой обучающихся ИЯ в вузе являются не аспиранты, а будущие бакалавры, и для этой же ступени обучения сформулирована процитированная выше компетенция. Следовательно, для того чтобы иметь возможность имитировать для них ситуации профессиональной коммуникации, необходимо представлять себе место работника со степенью бакалавра в структуре предприятия. Для этого воспользуемся известной моделью, представленной Генри Минцбером (*Henry Mintzber*). В его работах представлена конфигурация предприятия из трех уровней: группа А (стратегическая верхушка), в состав которой входят управляющие и ди-

ректора, группа В (управляющие среднего звена), отвечающие за осуществление стратегических планов руководства и руководящие сотрудниками из группы С (работающее ядро), занятыми непосредственно производством товаров и услуг [1]. Теоретически бакалавр может входить в любую из этих групп, но непосредственно после окончания обучения наиболее вероятна его принадлежность к группе С.

Рассмотрим далее умения и навыки, необходимые работникам группы С. Испанские исследователи из Политехнического университета Каталонии провели масштабное исследование профессиональных умений и навыков сотрудников предприятий в сфере телекоммуникаций и компьютерных технологий Испании по всем трем группам [2]. Они провели опрос группы экспертов-специалистов, представив им список из 19 профессионально-коммуникативных умений. Из этого списка нас интересуют четыре, которые имеют отношение к преподаванию дисциплины ИЯ, а именно: навыки коммуникации (*communication*), умение вести переговоры (*negotiation*), убедительность (*persuasiveness*) и навыки/умения командной работы (*teamwork*). Результаты по интересующим нас профессионально-коммуникативным умениям оказались следующими: для работников группы С, занятых непосредственно на производстве, самым важным умением оказалось умение работать в команде (*teamwork* A1 B2 C22). При этом коммуникативная компетенция для них также важна (*communication* A1 B8 C10). Умение вести переговоры инженерам, занятым производством, по мнению потенциальных работодателей, не требуется (*negotiation* A4 B–6 C –22). Несколько странным кажется, что работодатели не считают релевантным ни для одной из трех групп умение быть убедительными (*persuasiveness* A0 B–1 C–3). Возможно, это связано с убеждением технических специалистов в том, что «цифра говорит сама за себя».

Исходя из вышеизложенного, в преподавании дисциплины ИЯ будущим бакалаврам необходимо использовать дидактические единицы, формирующие умения общения на иностранном языке для командной работы. Рекомендуемыми методами могут стать работа в группах и case-study.

Следующим дидактически важным моментом формирования иноязычной профессионально-коммуникативной компетенции бакалавров является знание форм общения, релевантных для инженерного производства. Американки Мэри Пайлott (*Mary Pilotte*) и Деметра Эвангелоу (*Demetra Evangelou*) провели исследование параметров и форм профессиональной коммуникации в инженерно-производственном дискурсе с целью установить, какие из них способствуют сотрудничеству и передаче знаний между старшим поколением (родившиеся в 1945–1964 гг., *Baby boom generation*) и молодыми инженерами (родившиеся в 1980–2000 гг., *Millennials*) [3]. Из их материалов интерес для отбора дидактического материала при обучении профессиональной коммуникации на иностранных языках имеет анализ форм общения

в инженерно-производственной деятельности. Исследователи выделяют 8 форм/средств межличностного профессионального общения: личное (устное) общение (F2F), общение по электронной почте (*email*), общение через файлообменник/локальную сеть предприятия (*fileshare network*), общение по телефону, в т. ч. интернет-телефония (*phone-VOIP*), общение-видеоконференция (*videoconference*), обмен мгновенными сообщениями (*instant messaging*), общение через КПК или по мобильному телефону (PDA/Cell) и общение через блоги и чаты.

Проведя опросы, исследователи установили, что самой предпочтительной формой общения для обоих поколений инженеров является личное общение (F2F), и молодое поколение выбирает его даже несколько чаще, чем старшее (ВВ 52 % / М 55 %). Инженеры-миллениалы в профессиональной коммуникации несколько чаще пользуются электронной почтой (ВВ 40 % / М 43 %) и службой мгновенных сообщений (ВВ 0,5 % / М 3 %). Остальные средства связи молодым поколением инженеров в профессиональной коммуникации не используются. Их использование старшим поколением также незначительно (от 1,5 до 3,5 %). Вполне вероятно, что данные показатели зависят от специализации, и у программистов, например, показатель профессиональной коммуникации через блоги/чаты будет выше. Здесь следует иметь в виду, что общение через чат в принципе мало отличается от общения F2F.

Из вышеизложенного следует, что дидактическая единица «устная речь» в формах диалога и монолога в диалоге является важнейшей при обучении иноязычной коммуникации в сфере профессиональной деятельности. Необходимо обучать также общению через электронную почту (деловое письмо).

Список используемых источников

1. Mintzberg H. The Structuring of Organizations // A Synthesis of the Research, Prentice-Hall, 1983, 561 р.
2. Llorens-Garcia A., Llinas-Audet X., Sabate F. Professional and Interpersonal Skills for ICT Specialists // Strategic Planning, IT Pro November/December 2009, pp. 23–30. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.
3. Pilote M., Evangelou, D. Building bridges – identifying generational communication characteristics to facilitate engineering collaboration and knowledge transfer across field-practicing engineers // Sociotechnical Communication in Engineering, Taylor & Francis, 2014, pp. 79–100.

УДК 94(4)

839-й ОТДЕЛЬНЫЙ БАТАЛЬОН СВЯЗИ В БОЯХ ЗА г. ХОЛМ. ФЕВРАЛЬ–АПРЕЛЬ 1942 г.

В. О. Терентьев¹, Е. А. Терентьева²

¹Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова

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

Статья посвящена небольшому, но важному периоду из истории одной из воинских частей – 839-го отдельного батальона связи 391-й стрелковой дивизии. В начале 1942 г. разгорелась знаменитая «Битва за Холм», в ходе которой советские войска окружили и долгое время блокировали немецкий гарнизон в городе Холм на реке Ловать. В статье представлен вклад воинов связистов в обеспечение боевых действий советских войск, проанализированы достоинства и недостатки техники, структуры, боевой подготовки дивизионного батальона связи Красной армии.

войска связи, 839-й отдельный батальон связи, 391-я стрелковая дивизия, г. Холм, Великая Отечественная война.

Войска связи сыграли важную роль в достижении Победы над гитлеровской Германией в Великой Отечественной войне. В условиях глобальной информационной войны существует тенденция к принижению роли и значению Победы советского народа. На примере короткого отрезка боевой работы одной из частей связи можно увидеть, как тяжело ковалась Победа, и насколько трудно было дойти до Берлина.

В составе каждого крупного соединения находилась воинская часть связи, обеспечивающая управление подчиненными формированиями и отвечающая за взаимодействие с соседями. В дивизиях такой частью был отдельный батальон связи.

839-й отдельный батальон связи входил в состав 391-й стрелковой дивизии и находился в распоряжении начальника штаба дивизии. Непосредственно за связь в соединении в целом отвечал начальник связи дивизии. Главной задачей батальона была организация и обеспечение проводной и радиосвязи с полками и спецподразделениями дивизии. Кроме основной задачи были второстепенные: осуществление посыльной, нарочной доставки документов и материалов; формирование службы ВНОС при управлении дивизии и батальона; оказание помощи подразделениям связи полков и батальонов.

Для этого в состав батальона при формировании входили штабная рота (с радиовзводом) и две телефонно-кабельных. В январе 1942 г. в бата-

льоне сократили одну телефонно-кабельную роту, увеличив численный состав оставшейся. Всего по штату 04/757 от 06.12.1941 г. в части должно было состоять 185 человек, вооруженных, в основном, винтовками, и 48 лошадей [1, с. 22.]. Для выполнения указанных задач в батальоне следовало иметь 2 коммутатора, 58 телефонов, 1 радиоприемник, 1 радиостанцию РСБ (мощность 50 Вт, дальность 150 км в телеграфном и 75 км в телефонном режиме, смонтирована на специальном автомобиле) и 4 радиостанции РБ (0,5 Вт, соответственно 20 и 10 км). Одна (дивизионная) радиостанция РБ должна была находиться на борту грузовой полупорки, а три остальные (на гужевом ходу) предназначались для стрелковых полков. Для курьерской связи батальон обеспечивался легковой машиной, 3 мотоциклами и 7 верховыми лошадьми [2]. В реальности, в батальоне, на 83 % обеспеченном проводными средствами, было по одной радиостанции РСБ и РБ.

Для сравнения – в составе германской пехотной дивизии находился частично моторизованный батальон связи. Он состоял из двух рот – телефонной и радио. Телефонная рота могла сформировать 16 моторизованных и 6 гужевых групп связи. Радиорота имела 21 радиостанцию (в т. ч. 3 100-ваттных с дальностью 200 км в телеграфном режиме и 8 ранцевых с дальностью в 20–25 км). Кроме того, в каждой радиороте обязательно были шифромашинка, 3 станции радиоразведки и 1 станция радиоподавления. Общая численность и оснащенность батальона составляла 474 человека, 103 автомашины, 32 мотоцикла, 52 лошади [3]. Таким образом, батальон связи пехотной дивизии вермахта был более мобилен, имел силы и средства для проведения радиоразведки, установки радиопомех, технического кодирования. Радиосеть пехотной дивизии была более густой, разветвленной, дальней и устойчивой в отличие от радиосети стрелковой дивизии РККА. Это неоднократно служило причиной слабой управляемости советских соединений и позднего реагирования штабов на внезапно возникающие угрозы и задачи.

Батальон формировался в составе 391-й стрелковой дивизии на основании приказа командующего войсками Среднеазиатского военного округа № 0068 от 19.08.194 г. в г. Алма-Ата. Поскольку в батальон требовались специалисты связи, его формирование шло достаточно медленно. Если стрелковые подразделения набирались в основном из казахов, то среди связистов были представители многих национальностей, и прежде всего русские. Батальон формировался по штатам 04/607 от 29.07.1941 г. в здании железнодорожного техникума и Никольском соборе [4]. Изначально в части должно было состоять 19 автомашин, но, поскольку их значительное количество было уже мобилизовано, то кроме одного грузовика и мотоцикла ничего больше не поступило.

В Действующей армии 839-й отдельный батальон связи находился с 21.12.1941 г. по 18.01.1942 г., когда дивизия была направлена на фронт

и занимала оборону у г. Ранненбург (Чаплыгин) и под Москвой. Тогда прямого столкновения с немцами дивизия избежала [5].

Командиром батальона при формировании был назначен капитан Щетинин И. В., начальником штаба лейтенант Сорокин, комиссаром старший политрук Савельев Ф. Я. (с 18.01.1942 г. – политрук Морозкин М. А.).

18.01.1942 г. 391-я стрелковая дивизия Директивой Ставки № 170019 была погружена на станции Канатчиково в эшелоны и направлена на Северо-Западный фронт для усиления ведущей наступление на город Холм 3-й ударной армии [6, с. 45]. 31.01.1942 г. дивизия начинает выгрузку на станции Горовстица и входит в состав Северо-Западной группы 3-й ударной армии. С этого дня батальон вновь числится Действующей армии [5]. К моменту прибытия 391-й дивизии был приурочен новый штурм Холма. Батальон связи прибыл одним из первых, вместе с эшелоном штаба дивизии и развернулся поблизости от деревни Прибороб в 3 км южнее города. Однако соединение прибывало крайне медленно и к началу штурма 13 февраля прибыло только 2/3 сил дивизии [7, с. 82].

Командование армии и фронта постоянно торопили Северо-западную (Холмскую) группу с ликвидацией окруженной группировки противника в городе Холм. Поэтому 13 февраля, без предварительной подготовки, начался штурм Холма. 1-й батальон 1280-го стрелкового полка был направлен в район Куземкино. 391-я дивизия четырьмя батальонами с придаными танками «Матильда», практически «с колес» атаковала укрепления врага с направления Медово, Петрово, Куземкино. Эти дни стали «школой жизни и смерти» для связистов 839-го батальона. В жестокий мороз им пришлось срочно разворачивать проводные линии связи со штурмовыми полками и обсервационным батальоном. Командные пункты полков после первых же успехов были перенесены на окраины города и находились под непрерывным огнем врага. Линии связи постоянно выходили из строя. Командиры и бойцы батальона связи оперативно их восстанавливали. В первый же день германскими штурмовиками было уничтожено здание телефонной станции дивизии. Сержант телефонной роты Зигунов Г. Ф. под бомбами спас оборудование и восстановил связь с передним краем [8, Л. 85–86]. Одновременно рядовой штабной роты Кудрявцев А.И. под вражеским огнем спас комиссара батальона [9, Л. 182–183].

В ходе недельных ожесточенных боев 391-я дивизия овладела электростанцией на юге города, но из-за отсутствия боевого опыта понесла огромные потери. 21.2 войска Холмской группы остановились вследствие больших потерь и закреплялись на занятых рубежах [7, с. 90]. На следующий день атаки возобновились. 22.02.1942 г. капитан Щетинин И.В. после гибели командира 1278-го стрелкового полка был назначен его командиром. Командиром батальона связи стал лейтенант Сорокин.

22.2 прибыл и был передан распоряжением командующего армией в 33-ю стрелковую дивизию 1280-й стрелковый полк. Через три дня он возвращен в 391-ю. К концу февраля 1280-й полк очистили от немцев три квартала. До 8 марта 391-я стрелковая дивизия вели ожесточенные бои в южной части Холма. Соединение постоянно подвергалось мощным бомбардировкам и артиллерийским обстрелам. Противник постоянно контратаковал. Дома, ДЗОТы, сараи переходили из рук в руки по 3–4 раза в день. Дивизия несла огромные потери [7, с. 95]. В это время район дислокации батальона связи обездлюдел. Почти все бойцы и командиры находились на линиях проводной связи, практически постоянно разрушаемых огнем противника. Особенно часто приходилось восстанавливать участок Прибороб–Куземкино.

Несмотря на начало германского контрудара на внешнем фронте, 391-я дивизия продолжала штурм Холма. 6.3 на НП при артобстреле был ранен комдив полковник Д. А. Коваленко. Это заставило перенести КП соединения на 1,5 км дальше от линии фронта, в село Угреватое. 8.3, после оборудования узла связи, туда убыл и штаб батальона связи. 9.3 штурм города был приостановлен. Войска приводились в порядок. Командиром батальона вместо убывшего в пехоту Сорокина был назначен политрук Морозкин М. А.

20.03.1942, перед новым штурмом города, батальон связи впервые в боевых условиях обеспечил связь с соседними 117-й и 397-й дивизиями в радио [10, Л. 79]. 21–24.03.1942 г. 391-я стрелковая дивизия безуспешно пыталась штурмовать южную часть города. 25.03.1942 г. в разгар штурма, дивизию перебросили на обсервационный участок Дуброво–Скаруево, откуда была выведена в тыл обескровленная 45-я бригада. На участке Скаруево–Гущино 1280-й стрелковый полк сменил части 117-й дивизии [7, с. 155]. Соответственно 839-му батальону связи пришлось организовывать новые узлы связи дивизии, обеспечивать связь с полками. Новый КП дивизии был образован в деревне Афанасово, в 3 км от линии фронта.

Уже 27.03.1942 г. 391-я дивизия атаковала противника. Безуспешные попытки овладеть опорными пунктами противника в этой полосе продолжались до 3.4. 30.03.1942 г. батальон связи вновь обеспечил связь с соседними 117-й дивизией и 45-й бригадой в радио. Устойчивая радиосвязь поддерживалась до 8.4 [10, Л. 22, 50]. Накануне операции в батальон поступили две радиостанции РБ, с помощью которых дивизия 04.04.1942 г. смогла, наконец, обеспечить радиосвязь с полками [10, Л. 38].

Успехи 391-й дивизии расценивались собственным командованием как крайне незначительные. Недаром в донесении о представлении к наградам указывалось «В период с 13.2 по 4.4 дивизия героев не имела» [10, Л. 20]. Тем не менее, в дивизии были произведены первые награждения орденами и медалями. Одним из первых в 839-м батальоне связи 12 апреля 1942 г. был награжден медалью «За отвагу» красноармеец Кудрявцев А. И. 7–8 апреля в дивизию были поданы на награждение медалями командир телефонной

роты младший лейтенант Каплуненко Т. Ф. и сержант Зигунов Г. Ф. [8, Л. 77–78]. Первый орден Красной Звезды в батальоне получил участник Советско-Финской войны, командир взвода младший лейтенант Морозов А. С. [8, Л. 33–34].

08.04.1942 г., приказом командующего 3-й ударной армией обескровленная 391-я стрелковая дивизия была отведена в тыл, для постройки оборонительного рубежа на реке Тудер. Основным районом дислокации дивизии стало село Морхово. На участке юго-восточнее Максимово и Гущино был оставлен в обороне 1278-й стрелковый полк. 839-й батальон, развернутый в Морхово, обеспечил организацию узлов связи как дивизионного, так и полкового уровня. С 1278-м полком была проведена 25-километровая линия проводной связи. К 20.4 он был отведен на соединение с основными силами дивизии.

23.04.1942 г. распоряжением Ставки ВГК 391-я стрелковая дивизия была переброшена на Демянское направление. Так завершился кровавый боевой дебют соединения на Холмском направлении.

Таким образом, 839-й отдельный батальон связи на этапе «Битвы за Холм» свою задачу выполнил. В условиях позиционных боев проводная связь с частями дивизии и с ее соседями была обеспечена. Более того, в условиях слабого применения радиосвязи в РККА в целом, работа в радио в течение 11 из 54 боевых дней, особенно накануне важных событий, является очень хорошим показателем. Особенно важно, что в ходе трех передислокаций соединения связь с боевыми формированиями не была потеряна, как это неоднократно бывало на первом этапе войны.

Список используемых источников

1. Ленский А. Г., Цыбин М. М. Первая сотня. Справочник. СПб., 2003.
2. Zaloga, S. J. Companion to the Red Army. 1939–1945. Dorchester: Dorset Press, 2009.
3. Nachrichtenabteilung (Infanterie-Division) (Wehrmacht). Gliederung und Ausrüstung. URL: <http://www.lexikon-der-wehrmacht.de/Zusatz/Heer/Nachrichten-Abteilung.htm>
4. Про гвардейскую дивизию, боевой путь которой начался от Никольской церкви в Алма-Ате //Ленинская смена. № 156 (17271). 26.08.2011.
5. Перечень № 22 отдельных батальонов, дивизионов, рот, колонн и отрядов связи, входивших в состав Действующей армии в период Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. М., 1970. С. 134.
6. Русский архив: Великая Отечественная. Ставка ВГК. Документы и материалы. 1942 г. Т. 16 (5–2). М. : ТЕРРА, 1996.
7. Терентьев В. О. Холмский «котел». М. : Язуа, 2017. 256 с. ISBN: 978-5-9955-0933-2.
8. ЦАМО РФ. Ф.33. Оп.682524. Д.152.
9. ЦАМО РФ. Ф.33. Оп.682524. Д.678.
10. ЦАМО РФ. Ф.1716. Оп.1. Д.30.

УДК 37.02

О РОЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

О. М. Федорова

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

Статья посвящена значимости информационно-образовательной среды в профессионально ориентированном иноязычном образовании. В публикации определено содержание термина «открытая образовательная модульная мультимедийная система» применительно к изучению иностранного языка. Приведена классификация электронных средств обучения иностранному языку.

информационно-образовательная среда, профессионально ориентированное иноязычное образование, открытая образовательная модульная мультимедийная система, электронные средства обучения.

В современном образовательном процессе особое внимание уделяется профессионально ориентированному иноязычному образованию.

Обучение иностранному языку в системе высшего профессионального технического образования должно способствовать формированию у студентов таких способностей, которые дадут им возможность использовать иностранный язык в качестве инструмента и средства научно-технического общения. Одним из современных средств повышения качества образовательных результатов по иностранному языку является *информационно-образовательная среда*, под которой подразумевается «совокупность условий, обеспечивающих единые подходы к осуществлению информационной деятельности и информационного взаимодействия при использовании распределенного информационного ресурса в области образования, науки и культуры» [1].

Рассмотрим основные преимущества использования информационно-образовательной среды:

- реализация технологии личностно-ориентированного обучения иностранному языку за счет предоставления информации о программе, форме и порядке организации обучения, теоретического материала, материалов для самоаттестации;
- дифференциация процесса обучения путем использования заданий разного уровня сложности;

- организация самостоятельного изучения тем курса для успевающих студентов и возврат к запущенному материалу для отставших по каким-либо причинам студентов;
- моделирование и реализация индивидуальной образовательной траектории продвижения по предметной области за счет выбора уровня и вида представления материала в зависимости от развития типов мышления;
- использование различных форм самостоятельного и автономного обучения.

Средства и ресурсы информационно-образовательной среды необходимо подбирать с условием участия студентов и преподавателей в профессионально ориентированной иноязычной коммуникации. В этом случае использование информационных средств и ресурсов будет способствовать формированию следующих умений: принимать решения, анализировать допущенные ошибки, формировать вариативность и критичность мышления, решать учебные задачи, усваивать телекоммуникационный этикет, развивать способность к коллективной работе.

Рассмотрим основные принципы построения и организации информационно-образовательной среды:

- разработка и внедрение информационных технологий и объектов учебного и учебно-методического профиля;
- поэтапность формирования информационно-образовательной среды вуза;
- использование теории открытого образования и теории дифференцированного образования;
- предоставление современных средств доступа студентов и преподавателей к информационной базе вуза;
- наличие обратной связи «студент-преподаватель» при помощи тестирования, диагностики, мониторинга;
- открытость информационной среды, которая способствует интеграции в информационно-образовательную среду региона, страны, мира.

Информационно-образовательная среда является частью инновационной методологии обучения иностранному языку.

Инновационность содержания обучения языку заключается:

- в ускорении обновляемости содержания из-за быстрого устаревания технологий и информации;
- актуальности обучающего лексического, грамматического культурологического материала;
- в использовании творческого потенциала субъектов образовательного процесса.

Инновационное обучение иностранному языку создает потребность в электронных средствах обучения (ЭСО), являющихся частью информационно-образовательной среды и наделяющих процесс обучения следующими важными качествами:

- интерактивность, обеспечивающая увеличение объема самостоятельной учебной работы благодаря использованию активно-деятельностных форм обучения языку;
- мобильность, позволяющая преподавателю своевременно корректировать и дополнять электронные средства обучения, поддерживая актуальность обучающего курса в потоке быстро меняющихся технологий и инструментария для создания ЭСО нового поколения;
- мультимедийность, позволяющая сделать представление фрагмента реального или воображаемого мира;
- гипермемдийность, обеспечивающая создание гипертекста на основе нелинейной связи информационной среды обучения;
- многофункциональность, позволяющая использовать электронные средства обучения при обучении иностранному языку разных целевых групп обучения;
- адаптивность, обеспечивающая индивидуальные траектории обучения в зависимости от уровня подготовки и психофизических данных студентов [2].

Современные электронные средства обучения можно классифицировать следующим образом:

1. Сервисные программные средства общего назначения применяются для обработки данных экспериментальных исследований, автоматизации рутинных вычислений при проведении лабораторных, практических занятий, при организации самостоятельной и проектной работы студентов.

2. Программные средства для контроля и измерения уровня знаний студентов позволяют разгрузить преподавателя от рутинной работы по выдаче индивидуальных заданий и проверке правильности их выполнения. Данные средства способствуют многократному и более частому контролю знаний, в том числе и самоконтролю, что стимулирует повторение и, соответственно, закрепление учебного материала.

3. Электронные тренажеры предназначены для отработки практических умений и навыков по лексике и грамматике.

4. Информационно-поисковые справочные программные системы предназначены для ввода, хранения и предъявления педагогам и студентам разнообразной профессионально-ориентированной информации. К таким системам относятся различные гипертекстовые и гипермедиа программы, которые обеспечивают иерархическую организацию материала и быстрый поиск информации по различным признакам.

5. Электронный учебник построен на гипертекстовой основе, позволяющей студенту работать по индивидуальной образовательной траектории, и предназначен для самостоятельного изучения студентом теоретического материала курса. Компьютерные и сетевые учебники обычно включают в себя следующие обучающие модули: информационно-справочный модуль, позволяющий получить справку по изучаемому грамматическому или лексическому материалу; модуль тренинга, позволяющий закрепить конкретный грамматический или лексический навык; модуль контроля, предоставляющий студенту возможность проверить степень освоенности изучаемого материала.

6. Тестовые программы ориентированы на проведение текущего и итогового контроля при обучении иностранному языку.

7. Обучающие игры предназначены для тренировки кратковременной памяти, механизма произношения, навыков аудирования.

Во многих зарубежных и российских университетах ведется работа по строительству эффективной информационно-образовательной среды, в которой преподаватель включен не только в создание ее содержательной стороны, но и в строительство и управление образовательными ресурсами порталов и сайтов. Эффективную помощь в данной работе предоставляет специальная архитектура, определяемая как *открытая образовательная модульная мультимедийная система*. Эта система является электронным образовательным ресурсом модульной архитектуры, в которой каждый модуль является автономным функционально и содержательно полным образовательным ресурсом, предназначением которого является решение определенной учебно-методической задачи [3].

Функциональную среду, позволяющую пользователю осуществлять информационные профессионально ориентированные проекты, создает система управления контентом (*CMS – content management system*). CMS, обладая модульной структурой, может обеспечивать реализацию различных видов профессиональной деятельности. На основе данной системы можно построить небольшой сайт или портал (объединяющий ресурсы нескольких сайтов), эффективно управляя структурой и содержанием из любого места, где есть доступ к интернету. Каждый такой сайт обладает соответствующим тематике набором необходимых модулей. Наиболее популярные модули современных сайтов позволяют преподавателю: управлять образовательным контентом; организовать совместную со студентами работу в сети; создавать каталоги необходимой литературы и мультимедийных ресурсов; проводить интерактивные опросы студентов; создавать совместные форумы или чаты; редактировать образовательный контент в режиме реального времени; вести статистику посетителей сайта (кто, из какой страны, когда, сколько времени был на сайте, какими ресурсами интересовался и т. д.).

Следует особо подчеркнуть, что перечисленные ресурсы являются гораздо более близкими и интуитивно понятными для студентов технических специальностей, а потому создание эффективной информационно-образовательной среды позволит существенно повысить качество иноязычного образования в техническом вузе.

Список используемых источников

1. Роберт И. В., Панюкова С. В., Кузнецов А. А., Кравцова А. Ю.; Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учебно-методическое пособие / под ред. И. В. Роберт. М. : Дрофа, 2008. 312 с.
2. Буртасенкова О. М. Формирование диалоговой компетенции студентов бакалавриата технического вуза на основе продуктивного подхода (на материале английского языка) : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Буртасенкова Ольга Михайловна. СПб., 2014. 263 с.
3. Гарцов А. Д. Электронная лингводидактика в системе инновационного языкового образования : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / Гарцов Александр Дмитриевич. М., 2009. 398 с.

УДК 111(075.8); 113/119

О ПОНЯТИИ ОДНОВРЕМЕННОСТИ

С. А. Чернов

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

Краткий анализ дискуссий о понятиях времени и одновременности в истории философии, физике Ньютона, «анalogиях опыта» Канта, теории относительности Эйнштейна, квантовой механике. Теория пространства и времени Канта сохраняет актуальность в связи с «возвращением» времени и проблемы сознания в научных теориях, объединяющих теорию относительности, квантовую механику, принципы нелокальности, глобального времени и абсолютного определения одновременности.

апории времени, одновременность, относительность, локальность, Кант, Эйнштейн, квантовая космология.

Парадоксы и антиномии времени были обнаружены в античной философии. Мир течёт и изменяется, в нём происходит множество событий, сменяющих друг друга во времени, однако найти то, из чего состоит это множество (элементарные события), невозможно. Но если нет элементов, нет и множества. Время очевидно складывается из частей, но простых, неделимых частей времени нет. Но если нет простого, нет и сложного.

Время имеет три модуса: прошедшее, настоящее, будущее. Прошлое и будущее существуют лишь в отношении к настоящему. Прошлым становится настоящее, а будущее – то, что станет настоящим. Однако прошлого уже нет, будущего ещё нет, а настоящее не может иметь длительности, поскольку в любой длительности есть прошлое и будущее. *Настоящее* – неделящийся «миг», но из мгновений, не имеющих длительности, не может сложиться никакая длительность. Получается, что времени, как объективно, реально существующего, просто нет.

Анализ апорий времени привёл Августина к выводу о субъективности времени. «Настоящее» есть *сознание настоящего*. Прошлое – лишь в памяти, будущее – лишь в воображении и надежде. Настоящее – непрерывное «теперь», но ведь суть самого понятия времени – *временность*, длительность, бренность: было и прошло, но ещё будет...

Трудности усугубляются и тем, что время ненаблюдаемо. Наблюдаемо лишь существующее и происходящее во времени, но не само время. Невозможно изучать его, экспериментировать с ним. Оно не дано как объект. Добавляет путаницы и сомнений научно-популярная литература, согласно которой время в разных местах Вселенной «течёт по-разному». Что это значит? Что *за одно и то же время на вершине горы прошло большие времена, чем в долине?*

Трудности усугубляются, если связать время с пространством. В понятии «настоящего» мыслится не только «сейчас», но и «здесь». Как быть с тем, что происходит *сейчас*, но *там*, в другом месте? Само понятие «здесь» предполагает существование «там», более того, предполагает совокупность *всех* мест в мире, всего пространства. У *любого* ограниченного пространства есть *соседнее* пространство, которое его и ограничивает. Конечность сама «гонит» себя до бесконечности. Обусловленное предполагает безусловное. «Место» – это *отношение ко всем другим местам*, как число – лишь место *в ряду* чисел. Означает ли это, что все *места* в реальном пространстве Вселенной существуют *одновременно*? Если что-то происходит *здесь и сейчас*, то можно ли утверждать, что *в это же самое время* что-то происходит и *во всех других местах* Вселенной? «Настоящее» – это то, что *сейчас* происходит *везде*? Есть ли *одно* всеобъемлющее пространство и *одно* всеобъемлющее время?

По Аристотелю и Ньютону – да. При всех принципиальных различиях между их концепциями, любая вещь в обеих имеет абсолютное место, а любое событие происходит в какой-то момент единого мирового времени. Во всём Космосе что-то происходит *одновременно*. Физика Ньютона предполагает существование одного абсолютного пустого пространства и абсолютного, самостоятельно и равномерно текущего времени. Проблема в том, что ни *место* в абсолютном пространстве, ни *момент* абсолютного времени определить невозможно, они ненаблюдаемы.

Революция в физике, совершённая Эйнштейном, привела к идее *относительности одновременности*. Утверждение об одновременности двух событий, происходящих в разных местах пространства, имеет смысл, если указан способ, которым одновременность может быть установлена. Нужны часы, идущие в разных местах синхронно. Анализ Эйнштейна показал, что если два события не имеют между собой причинной связи, т. е. одно из них в силу принципа близкодействия (локальности) не может *повлиять* на другое, то они для разных наблюдателей могут иметь разную последовательность во времени. Однако *реальным* можно признать лишь то, относительно чего разные наблюдатели могут прийти к согласию. Если относительно длительности событий и даже их последовательности во времени они не могут прийти к согласию, то *объективно* эти временные определения не существуют. Бессмысленно говорить о том, что происходит *сейчас* во Вселенной. Специальная теория относительности нанесла удар по *реальности* времени. Причинные связи в ней есть, но *объективного различия между настоящим, прошлым и будущим нет* [1, с. 91–92]. Соответственно, во Вселенной нет «течения» времени. Ли Смолин называет такую картину Вселенной СТО «блочной».

Ту же самую картину мира можно получить, рассматривая время как четвёртую координату события по аналогии с пространственными, как одно из измерений четырёхмерного континуума или конфигурационного пространства, в котором все моменты времени, как и все точки пространства, т. е. вообще все события во Вселенной за всё время её существования «уже есть», как мы предполагаем наличие *всех* точек на декартовых осях x, y, z . Время в теории относительности «опространивается», геометризуется. Все процессы *во времени* можно описать на языке *вневременной* геометрии.

Дискуссии на эту тему уже привели к появлению обширной литературы. Высказывается, например, идея, что «сейчас» – это не выделенный и привилегированный момент некоего единого «времени» Вселенной, а выхваченное *сознанием* описание фрагмента *вневременной* реальности. Другие считают блочную теорию Вселенной несостоятельной, поскольку она не может отобразить *существеннейшее свойство мира*, наличное в опыте каждого человека, не учитывает несомненное *текущее* времени, его *направленность* и *необратимость*, различие прошлого и будущего, *выделенное положение настоящего*. Сам Эйнштейн остался неудовлетворённым идеей блочной Вселенной: все мы отличаем прошлое от будущего и выделяем настоящее, но это различие не может выразить физика как наука. Привнесение «сейчас» в научное описание природы *необходимо* и должно принести «болезненные» перемены в физику. Согласно убеждению некоторых ведущих современных физиков, время должно стать *центральным понятием в физике*. Время как величину, параметр или функцию невозможно *вывести*

из более фундаментальной вневременной реальности. «Время – вот единственное фундаментальное понятие» [1, с. 31].

В общей теории относительности сохраняется сущностная вневременность физической реальности и добавляются новые трудности. В любой модели Вселенной, основанной на ОТО, у *времени* есть *начало*. Вселенная не может оставаться стабильной и любая модель нестационарной Вселенной предполагает существование *первого момента* времени, сингулярности с бесконечными значениями физических величин. Однако понятие *начала времени* (или его окончания) – бессмысленное, как это видел уже Аристотель. Само понятие «начала» уже предполагает время. Тем самым предполагается *время, в котором начинается время*, парадоксальное августиновское *время, когда времени не было, или время, когда времени не будет*.

ОТО несовместима с квантовой механикой. Предприняты попытки преодолеть противоречие, в результате возникла квантовая космология (квантовая теория гравитации), в которой Вселенная, строго говоря, также имеет *вневременной* характер. Наблюдателя вне Вселенной нет, поэтому нет и часов вне неё, которые могли бы показать её изменения. Следовательно, квантовое состояние системы не изменяется, она «застывает». Для любого возможного наблюдателя в квантовой Вселенной ничего не происходит. В уравнении Уилера-Девитта времени нет. Физиков это беспокоит, периодически проходят конференции по проблеме времени в квантовой космологии. Уравнения Уилера-Девитта были решены в теории *петлевой квантовой гравитации*. При этом осталась проблема: как описать в физической теории возникновение времени во вневременной Вселенной, не вступая в противоречие с фундаментальными фактами *обыденного опыта*? Одно из решений: время – феномен, возникающий лишь в больших масштабах для приблизительного описания, а на квантовом уровне его нет. Другое решение – Джулиана Барбура, в котором весь мир – массив одних лишь «мгновений» (конфигураций Вселенной), которые не следуют друг за другом и не складываются ни в какую «длительность». Во Вселенной *ничего не происходит*, не существует *хода времени*. Для третьих (Карло Ровелли), время заключено «внутри» элементарных квантовых процессов, во *взаимоотношениях* квантовых процессов, но на пределе сжатия Вселенной, когда вся она уместилась бы в скорлупу ореха, *время исчезает* в «мелкотешащем облаке вероятностей» [2, с. 79]. Время обыденного, макроскопического опыта имеет статистически-субъективный характер, оно – следствие *ограниченности сознания*. Во всяком случае, «время сидит в центре клубка проблем, родившихся на пересечении теории гравитации, квантовой механики и термодинамики. Клубка проблем, где мы всё ещё в потёмках» [2, с. 98]. Ровелли заканчивает свой обзор фундаментальных проблем *физики* вопросом о природе *сознания*, которая остаётся столь же загадочной, как и раньше. Примечательно, что и Ли Смолин заканчивает свою книгу о времени той же самой

проблемой *сознания*, и констатирует: «сказать мне нечего», сознание – загадка, разгадать которую пока *науке* не под силу.

Этот вывод наводит на предположение, что самое фундаментальное теоретическое понятие в науке – не *время*, и не *квантовое состояние*, а *сознание*, вернее – *представление*. Ход мысли в современной теоретической физике ведёт назад к Канту. Физики в своих размышлениях о природе времени в *конечном итоге* приходят к тому пункту, с которого *начинает* Кант. Но разве не очевидно, что в его «Критике чистого разума» абсолютизируется *ニュтоновское представление* о времени и одновременности? Кант доказывает, что время *одно*, что существует *объективная времененная последовательность* всех событий в мире и что *одновременно существует бесконечное множество вещей, связанных между собой мгновенным дальнодействующим тяготением*. Разве всё это не противоречит практически общеизвестной теории относительности?

В качестве примера отрицательного ответа можно привести статью Ю. Штабеля [3]. Автор обосновывает радикальное решение: именно кантовское понимание времени *наметило перспективу* создания *релятивистской физики*, как *эмпирического применения* кантовского трансцендентального понятия времени. И ключевое значение для решения проблемы имеет понятие одновременности. Автор полагает, что кантовское понимание одновременности конкретизируется в СТО в понятии *пространственно-подобных событий*, и, таким образом, имеет место *полное согласие* между Кантом и Эйнштейном [3, S. 47–48]. Неверно, что в СТО нет единства времени: посредством преобразований Лоренца *одно и то же время* выражается в различных цифрах. Время у Канта и Эйнштейна *устанавливается в динамическом процессе* с участием *субъекта*. Три кантовских модуса времени проявляют себя в СТО как

- 1) наличие *инвариантов* вообще,
- 2) *времени-подобные события*,
- 3) *пространственно-подобные события*.

Аргументация Ю. Штабеля мне представляется несостоятельной в том, что касается третьей «аналогии опыта». Кант под *всеобщим и всесторонним взаимодействием* имеет в виду *обоюдную причинность*, что не предполагается СТО, которая принципиально локальна. Эйнштейн в одной из последних работ писал: «Для относительной независимости пространственно отдалённых объектов (A и B) характерна следующая идея: внешнее влияние A не имеет никакого *непосредственного* влияния на B...» [4]. Поэтому более перспективным представляется привлечение в этой связи физических теорий, отказывающихся от принципа локальности и возвращающих глобальное время и абсолютное определение одновременности, но не отказывающихся от теории относительности в целом.

Список используемых источников

1. Смолин Л. Возвращение времени: от античной космогонии к космологии будущего : пер. с англ. М. : ACE: CORPUS, 2014. ISBN: 978-5-17-085474-5.
2. Ровелли К. Семь этюдов по физике : пер. с англ. М. : ACT: CORPUS, 2018. С. 79.
3. Stabel J. Der Begriff der Gleichzeitigkeit bei Kant und Einstein // Kant-Studien. 2012. Bd. 103, Heft 1. S. 47–48.
4. Эйнштейн А. Квантовая механика и действительность // Собрание научных трудов в 4-х т. М. : Наука, 1966. Т. 3. С. 614.

УДК 323.15

СРЕДСТВА МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ МЕНЬШИНСТВ В СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Н. В. Щербина, О. А. Яковлев

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

Согласно данным Европейской конфедерации автохтонных национальных меньшинств, в Европейском Союзе, наряду с 24-мя официальными языками, существует более 60 региональных языков и языков меньшинств, на которых говорят 40 млн граждан.

Данная статья посвящена реализации ст. 11 Европейской хартии региональных языков и языков меньшинств о средствах массовой информации, которая выступает как один из инструментов защиты, сохранения и развития языкового разнообразия стран Европейского союза.

национальные меньшинства, Европейская хартия региональных языков или языков меньшинств, СМИ.

В современный век глобализации, активного процесса миграции, создания мультикультурных обществ и роста национализма все более актуальным становится вопрос защиты прав национальных меньшинств. Последние несколько десятилетий эта тема стала изучаться более детально не только на государственном уровне, но и на уровне международных организаций таких как Совет Европы и Организация Объединенных наций (ООН). Тема национальных меньшинств достаточно неоднозначна. На сегодняшний день в мире насчитывается около двухсот государств и почти в каждом проживает одно или несколько национальных меньшинств. Ситуация в каждом государстве различна: некоторые меньшинства благополучно сосуществуют с титульным населением, имея исключительные права, а некоторые

борются за предоставление больших прав на территории проживания или за автономию.

В странах, где сталкиваются интересы нацменьшинств и основного населения, возникают конфликты. С одной стороны – титульное население, однородное общество с одинаковыми правами и культурными ценностями, с другой – национальные меньшинства и мигранты, которые фрагментируют общество и создают многокультурную среду внутри государства. Конфронтация между сообществами чаще всего возникает, когда представители меньшинства считают, что их права нарушаются, а интересы игнорируются. В таких условиях признание прав национальных меньшинств – это не только решение конфликтной ситуации, но и сохранение мира и стабильности внутри государства [1].

Европа характеризуется широким разнообразием культур. В странах Европейского союза проживает около 400 [2] национальных меньшинств, к которым относятся как коренные народы, так и «новые» меньшинства, т. е. мигранты. Каждый седьмой европеец принадлежит к коренному национальному меньшинству и говорит на одном из языков меньшинств. Наряду с 24-мя официальными языками в Европейском союзе существует более 60 [2] региональных языков и языков меньшинств, которые являются частью культурного наследия Европы, а их защита и сохранение необходимы с целью недопущения их полного исчезновения.

Уникальным документом в области защиты языков является Европейская хартия региональных языков или языков меньшинств (далее Хартия), вступившая в силу в 1998 г. Она призвана защищать и продвигать региональные языки или языки меньшинств, и обеспечивать возможность использования их в частной и общественной жизни: образовании, правосудии, управлении, средствах массовой информации, культуре, экономике, а также в трансграничном обмене [3]. Одной из важнейших статей Хартии является ст. 11 «Средства массовой информации». Она обеспечивает права национальных меньшинств на создание средств массовой информации (СМИ) на региональных языках.

Из 28 государств-членов Европейского союза только 17 подписали и ратифицировали Хартию региональных языков или языков меньшинств, а значит только в этих странах правительство несет обязанность содействовать развитию СМИ для национальных меньшинств [4]. Тем не менее, в остальных странах нацменьшинства так же имеют доступ к средствам массовой информации на своем языке.

Наиболее распространенными средствами массовой информации являются периодические печатные и сетевые издания различных типов – от общественно-политических до информационно-развлекательных. В странах Европейского союза они чаще всего финансируются некоммерческими организациями, представляющими интересы национальных меньшинств.

Например, продюсерская компания Rural Media создала долгосрочный проект Traveller's Time – информационно-развлекательный журнал для цыган и пэйви (ирландские кочевники), в котором представители этих этнических групп рассказывают о последних новостях и событиях в стране и собственном сообществе.

Расселение национальных меньшинств в европейских странах носит по большей части дисперсный характер. В связи с этим, печатные издания на их языках распространяются по территории Европы прямо пропорционально количеству представителей меньшинств в регионе. В некоторых государствах, например, в Греции, практически нет собственных печатных изданий на региональных языках, но импортируется множество газет и журналов на болгарском, арабском, турецком, албанском и чешском языках. Самое большое языковое разнообразие печатных СМИ наблюдается в Великобритании, политика которой известна своей лояльностью к мигрантам. Здесь можно найти издания как на польском, так и силхетском (распространен в области Силхет на северо-востоке Бангладеш и в прилегающих индийских штатах) языках. В Бельгии помимо изданий на трех официальных языках – нидерландском, французском и немецком – существует множество газет и журналов различных типов на итальянском (*Il Bollettino, Il Circolo, Presenza e Azione, Notiziario* и др.), польском (*Nasza Wspolnota, Nowiny Brukselskie, Listy z daleka, Wolne Słowo* и др.), турецком (*Cagdas, Birlik, Turk-Danis* и др.) языках. Распространяются даже двуязычные газеты (на греческом и французском) ТА ΝΕΑ ΤΗΣ ΛΟΥΒΙΕΡ и ΝΙΚΑΝΔΡΟΣ. Тираж изданий, как правило, варьируется от нескольких сотен до 2–3 тысяч экземпляров. Он зависит от региона распространения и численности в нем этнических меньшинств.

Иная ситуация существует в соседней Франции, правительство которой не признает существования национальных меньшинств на своей территории, отстаивая идею единства французской нации. Несмотря на это, во французских региональных изданиях присутствуют статьи на немецком (эльзасский диалект), бретонском, каталанском, окситанском и баскском языках.

Наряду с печатными СМИ в европейских странах существует телевидение и радиовещание на языках меньшинств. По продолжительности, в большинстве случаев, на государственных теле- и радиоканалах оно варьируется от нескольких минут до нескольких часов в неделю. Вместе с тем на приграничных территориях можно легко настроить телеканалы соседнего государства. Например, в Германии на территории Шлезвиг-Гольштейна, где проживает датское меньшинство, доступны радио- и телеканалы из Дании.

Радиостанции имеют более широкую аудиторию, по сравнению с другими СМИ. На них программам на языках меньшинств выделяется больше

эфирного времени. Однако, на государственных станциях такие программы выходят только пару раз в неделю. В Дании совсем отсутствуют радио- и телепередачи на языке немецкого меньшинства, но их можно принимать из соседней Германии. Во Франции телекомпанией France Télévisions был запущен информационно-развлекательный канал с региональными блоками France 3. В основное время вещается общенациональная программа из Парижа, а 4 часа в день уделяется региональным новостям, которые несколько минут ведутся на региональном языке: корсиканском, каталанском, окситанском, немецком (эльзасский диалект), бретонском. На баскском языке идут программы на региональном канале Euskal Telebista TV.

Отдельного внимания заслуживает русское меньшинство в странах Прибалтики, которое составляет значительную часть всего населения Эстонии, Латвии и Литвы. Из-за политической напряженности последних лет между странами Европы и Россией, русское сообщество все чаще подвергается дискриминации и попыткам ассимиляции именно в странах Балтии. Явное нарушение прав на данный момент касается только сфер политики, образования и трудоустройства. Печатные СМИ по-прежнему печатаются небольшими тиражами, например, латвийские газеты «Панорама Резекне» (7500 экз.) [5], эстонская «Северное побережье» и ежемесячная бесплатная газета «Северное побережье-Экстра» (63500 экз.) [6], литовские «Литовский курьер», «Вечерние новости» и др.

Особое место на этнической карте Европы занимают цыгане, как одна из самых многочисленных национальных групп, проживающих на территории многих стран, и евреи, живущие на территории Европы уже насколько веков и подвергавшиеся дискриминации в прошлом. Европейский союз большое внимание уделяет проблеме их интеграции. В 2011 г. вступила в силу европейская программа EU Framework for National Roma Integration Strategies up to 2020 [7]. В ней содержатся рекомендации по предоставлению цыганам рабочих мест, их обучению и образованию; предлагаются меры по борьбе с дискриминацией по отношению к ним со стороны титульного населения. Тем не менее, несмотря на некоторые положительные изменения, они продолжают жить достаточно обособленно. Большинство современных цыган ведет оседлый образ жизни и знает язык страны проживания на достаточном для базового контакта с населением уровне, но именно благодаря некоторой социальной обособленности им удается сохранить свою культуру и язык. Их дети редко посещают общеобразовательные школы, из-за этого у большинства цыган поколениями сохраняется невысокий уровень грамотности. В такой ситуации выпуск периодических изданий на их языке становится нецелесообразен. Все же, в некоторых восточно-европейских странах существуют каналы или передачи на цыганском языке, например, в Словении для цыган вещает станция Murski Val, Radio C в Венгрии, O Roma Vakeren в Хорватии.

В ряде европейских стран евреи отнесены к числу национальных меньшинств, но СМИ на иврите или идише в европейских странах, за редким исключением, практически нет. Возможно, это связано с тем, что евреи-ашkenазы, которые пришли на территорию Европы несколько столетий тому назад достаточно ассимилировались и говорят на национальном языке страны проживания. Тем не менее, для евреев, говорящих на иврите, в Польше выпускаются газеты *Dos Jidisze Wort* и *Midrasz*.

Таким образом, национальные меньшинства в полной мере осуществляют свои права на создание и развитие средств массовой информации на региональных языках, которые являются одним из инструментов сохранения и развития языкового многообразия стран Европейского союза.

Список используемых источников

1. Eva Saganova, The national minorities and the European Charter for Regional or Minority Languages [Электронный ресурс]. URL: https://www1.essex.ac.uk/armed-con/story_id/nationalminoritiesandeuropacharter.pdf (дата обращения 20.02.2018).
2. Официальный сайт Европейской конфедерации автохтонных национальных меньшинств [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fuen.org/european-minorities/general/> (дата обращения 01.03.2018).
3. Гатауллина К. Н. Реализация Европейской хартии региональных языков или языков меньшинств в Соединенном Королевстве: состояние и перспективы // Вестник Томского государственного университета. 2017. № 424. С. 5–11.
4. The European Charter for Regional or Minority Languages, 1998 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.coe.int/ru/web/european-charter-regional-or-minority-languages/zadachi-hartii> (дата обращения 22.02.2018).
5. Официальный сайт газеты «Панорама Резекне» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.panorama-rezekne.lv> (дата обращения 27.03.2018).
6. Официальный сайт газеты «Северное побережье-Экстра» [Электронный ресурс]. URL: <http://sp.pohjarannik.ee> (дата обращения 27.03.2018).
7. Официальный сайт Европейской комиссии / Public Consultation on the Evaluation of the EU Framework for National Roma Integration Strategies up to 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/info/consultations/public-consultation-evaluation-eu-framework-national-roma-integration-strategies-2020_en (дата обращения: 18.03.2018).

ANNOTATIONS

RADIO TECHNOLOGY COMMUNICATION

Akishin A., Alasheev V., Starodubtsev P. Experimental Technique and Results of the Estimation of the Level of Interferences in the Ultra-Short Frequency Waves. – PP. 4–9.

Currently, there is the need to control the state of the electromagnetic environment (noise level) in the range of ultra-short frequency waves. Task predetermined steady trend increase the degree of utilization of this range. Information on the utilization of specific frequency bands is essential for effective planning and use of frequency bands at different times. This problem can not be solved without the constant monitoring of the noise level.

Key words: software defined radio receiver, interference, ultra-short frequency range, radio service, mathematical expectation, dispersion, distribution chart of the frequency bands, spectrum analyzer.

Al-Ameri H., Steputin A. Special Considerations of the Use of LAA Technology in the Mobile Networks Standard LTE. – PP. 9–14.

The traffic transmitted over the mobile networks is huge and will continue to grow at a rapid pace. Traffic from wireless and mobile devices will account for two-thirds of the total IP traffic by 2020, as annual subscribers need more bandwidth to transfer large amounts of data. This article outlines the evaluation of implementation effectiveness of the LAA technology and increase LTE network capacity by use of the unlicensed radio-frequency spectrum 5 GHz.

Key words: LTE, Wi-Fi, capacity, carrier aggregation, unlicensed spectrum, LAA, LBT, CCA, FBE, LBE.

Al-Odhari A., Fokin G. Positioning of Radio Emission Source in Heterogeneous Terrain in the Absence of Line of Sight. – PP. 15–19.

The problem of positioning of radio emission source in the absence of direct visibility is relevant for positioning in high-altitude terrain. Positioning methods based on the time or direction of arrival of a signal are sensitive to the availability of line of sight, which is the direct path between the radio source and the receiving points. The absence of line of sight leads to a significant positioning error. The purpose of this work is to develop a simulation model for identification of line of sight and error compensation non-line of sight for positioning of radio emission sources by time difference of arrival method in three-dimensional space.

Key words: Range-difference method, Non-Line of Sight, Alpine terrain, the simulation model, the radio source.

Al-Osaimi H., Grusdeva N., Ryzhkov A. Carrier Aggregation Development in LTE Networks. – PP. 19–23.

In accordance with release 15 LTE specifications the state of the carrier aggregation technology is discussed. The new materials considering carrier aggregation details and diversities within LAA including secondary cell configurations are presented. The latest downlink data rates statistics in LTE operator networks is presented as well.

Key words: LTE, LAA, carrier aggregation, secondary cell, data rate.

Antipin B., Grachev V., Martirosova N. Planning of Spectrum Monitoring on the Basis of a Risk-Based Approach. – PP. 24–27.

A risk-oriented approach to the formation of a radio monitoring plan using a scale of priorities for the implementation of relevant activities is considered. It is shown that in order to improve the efficiency of spectrum monitoring measures on the basis of this approach it is advisable to use the actual value of the EMC reserve between electronic facilities. The risk-based approach will also require the revision of some regulations in the area of radio frequency resource management.

Key words: spectrum monitoring, electromagnetic compatibility, risk-based approach.

Belyaev M., Serguchev A. Heterogeneous Communication System Based on Wireless Sensor Network Technology. – PP. 28–33.

Automated systems of control and accounting of energy resources are increasingly used by both large companies and small businesses. Very often in practice, experts face the problem of installing sensors and obtaining data from them in both industrial and residential buildings. The use of advanced technologies of wireless sensor networks is not a "panacea for all ills" in this case. For example, in rooms with thick reinforced concrete walls, in some cases it is impossible to establish a reliable radio communication, and the installation of a special cable communication network is expensive. The way out of this situation is to build a heterogeneous communication system that allows data transmission devices to automatically switch between heterogeneous communication channels, choosing the best quality of service channel. The most promising technological basis, at the same time, presents the technology of wireless sensor networks. The present report addresses this issue.

Key words: sensor network, broadband communication systems, narrow-band communication systems, radio modem.

Belyaeva N., Ergandgiev N. Quality Analysis of Color Reproduction in Flat Panel Displays. – PP. 33–36.

The comparative analysis of color coverage of modern displays of various types is carried out. Color triangles of displays are compared with primary (basic) colors, given in the recommendations of The international telecommunication Union (ITU) for television systems of standard, high and ultrahigh definition, the number of human-discernible colors is calculated, the display of which is provided by the color gamut of the display.

Key words: color gamut, color chart, color matching threshold.

Bessoltsev S. Reserch of Finding Parameters of Analog Fiber-Optic Transmission Lines. – PP. 37–43.

Analog fiber-optic transmission lines of microwave signals and their components are increasingly used in the development of modern radio-electronic systems for various purposes (radio-location, radio monitoring, radiointerferometry with extra-long bases, etc.). Of great interest is the use of radiophotonics components in solving the problems of beamforming in the multi-element phased array antennas of the microwave range. In this article we consider the fiber-optic line, working on the principle of IM-DD (intensity modulation - direct detection), the parameters of which are primarily determined by the characteristics of the transmitters. The article presents experimental studies of the characteristics of industrial-manufactured transmitter modules based on a Fabry-Perot resonator laser with direct (internal) intensity modulation based on a DFB laser with external intensity modulation in a Mach-Zehnder modulator, Encore.

Key words: microwave photonics, microwave photonics beamforming scheme, phased array antenna.

Bigildin I. Investigation of the Issues of Constructing a Military Radio Communication System. – PP. 43–46.

Modern problems of increasing noise immunity in the functioning of radiolines for mobile objects of various military purposes are considered, as well as development of proposals for the construction of on-board antenna systems of VHF band.

Key words: antenna array, antenna-feeder devices, noise immunity, MIMO, VHF.

Bogolepov G., Moskalenko N., Osinkin D. Technologies of Tracking Objects in a Video Stream Based on Particle Filter. – PP. 46–49.

The task of tracking objects in a video stream is an integral part of many application areas, such as building video surveillance systems, creating human-computer interfaces, programs for transferring or compressing video, and more. When solving the task of tracking an object in a video stream, it is necessary to process a huge amount of data, frames, which increases the processing power and also increases the processing time. This is especially true if the location of an object in a stream is not normal, multimodal, or generally of an arbitrary nature.

Key words: tracking objects, video processing, particle filter, object recognition.

Borisov E., Golod O., Egorov S. Modeling of the coordinate estimation process by the passive information system. – PP. 49–54.

The report considers the structure and construction of a specialized information system designed to determine the location of the surveillance radar in relation to the information system. The basic relationships for calculating the range and the angle of sight of the radar station are given. The modeling of the information system is performed taking into account the stochastic nature of the information signal arriving at the system input. It is shown that the main cause of errors in the location of the radar station are the fluctuations of the trailing edge of information signals received by the information system.

Key words: information system, surveillance radar, random signal, location estimation, measurement error, dilution of precision.

Borobov A., Karasik N., Lukyanov N., Sosunov B. Study of directivity pattern of antenna mounted on a movable object, radio. – PP. 54–59.

The technique and results of solving the problem of diffraction of electromagnetic waves excited by a radiator placed on a GAZ-2330 vehicle are presented in the article. Calculations of the directional characteristics were carried out by the method of finite differences in the time domain. A study was made of the dependence of the directivity characteristics in the far zone of the radiator on its position on the car and on the frequency of the radiation. Based on the results of the calculations, recommendations were made on the placement of antennas, taking into account the decrease in the influence of the car on the distortion of the directional characteristics.

Key words: finite difference method in the time domain, diffraction, asymmetric vertical vibrator, the directional characteristic, the coefficient of uneven radiation pattern.

Bulyakulov R., Volkov V. Identification of Artificial Structures on the Image. – PP. 59–64.
One of the most difficult elements of the spatial maneuvering aircraft is landing and landing of the aircraft. It is caused by high vertical and horizontal speeds, large mass-controlled vehicles, considerable inertial forces, requires strict observance of the course (direction of movement in the horizontal plane) and glide path (the direction of movement in the vertical plane) for tens of kilometers before the start of the runway.

In this paper we consider a method of increasing the safety, and eventually full automation, by introducing new ways of processing information from on-Board vision systems.

Key words: selecting objects in the image, Sobel operator, Hough transform, operator Canny, median filter, Gaussian filter.

Buchatsky A., Evstavieva Y., Kuznetsova E., Rogozinsky G. Aspects of Polymodal Sensing of Information in Distance Learning. – PP. 64–68.

At the present situation, the world actively shifts towards the technological singularity, though some paradoxes exist as the stagnation in the technological aspects of distance learning. The further development of learning technologies should come together with technological platform within the aspects of perspective information processing, also including polymodal factors.

Key words: polymodal sensing, speech, sound, multi-domain model.

Vasin A., Ryzhkov A. 5G Network Slicing. – PP. 69–73.

For delivering 5G New Radio specified services network slicing is discussed. Vertical and horizontal slicing constructions are shown. In accordance with the 5G network basic structure the network slice is presented as the adequate configuration of the network functions and the underlying cloud infrastructure with physical and virtual resources being shared.

Key words: 5G Network, New Radio, network slice, network function.

Vinogradov E., Spirin A. Intermodulation in radio transmitters. – PP. 73–79.

An overview of mathematical models to estimate levels of intermodulation products in radio transmitters is contained. Conditions for using the models to analyze electromagnetic compatibility of radioelectronic devices are considered.

Key words: transfer function, exponential series, crest-factor, intercept point, intermodulation products, electromagnetic compatibility.

Vinogradov P. Possible Solutions to the Problem of Reliable Power Supply for the IoT. – PP. 79–82.

Filling the concept of "Internet of things" with diverse technological content and the introduction of practical solutions for its implementation since the 2010 has become a stable trend in information technology primarily due to the widespread spread of wireless networks, the emergence of cloud computing, the development of technologies of machine-to-machine interaction. Now the IoT applies not only for "home" use, but also to industrial facilities. Avalanche-like increases the number of IoT objects, such as sensors, often located in hard-to-reach places. No matter how "smart" and low-energy these devices are, they require a power supply. Possible solutions to this problem are discussed in the article.

Key words: IoT, using of energy from radiation and vibrations, piezo transformation.

Vinogradov P. The Development of the Russian Normative Base in the Field of Power Supply for Telecommunication Systems. – PP. 83–86.

According to the law on technical regulation (dated 27.12.2002 №184), regulations should be developed in all areas of activity. In total, there should be more than 700. Standards, instructions, and other regulatory documents now are Advisory in nature. However, such a number of regulations could not be developed quickly. First and foremost the regulations on security, food, etc. were developed. Now the Russian Government has decided to accept European and international technical standards as Russian. Another direction – the development of departmental standards by large national companies (RZD, Gazprom, Rosatom, etc.). The Article is devoted to the state of the domestic regulatory framework in the field of power supply for telecommunications.

Key words: international, European, Russian standards in the field of power supply, categories of reliability of electrosupply, units of guaranteed and uninterrupted power supply.

Volkov V., Sozinova M. Building the Structural Image Description for Imagerecognition. – PP. 86–91.

This article is devoted to one of perspective method of image processing, with allow to create image description in the structural view. The structural description are based on the image representation in the set form of primitive elements of different levels, describing the most significant parts of scene. For the subsequent recognition of a scene defined on the basis of a structural description, it is sufficient to set a description of the most significant structural features of the recognized scene as etalon. Moreover, the advantage of the structural approach is a significant reduction in the resources required to store images in device memory.

Key words: structural description, primary link table, image recognition, all-aspect recognition.

Volkov R., Kuzmin S. Trends of Development of Element Base for Broadband Digital Phased Array Antenna. – PP. 92–95.

In complex radioelectronic systems, both communication and radar, phased array antennas are used, the prospective development directions of which are digital active phased arrays. The article considers the trends in the development of the elemental base for this direction.

Key words: radar, communication, digital signal processing.

Volokobinskii E. Reduction of the Electric Field Strength near Electrodes by Means of Design Methods. – PP. 96–99.

Reduction of the electric field strength near the electrodes can be achieved with the help of design techniques. When the dielectric is narrowed in the central part at high frequencies, the discharge does not occur at the electrodes. The constriction should not be excessive, since otherwise the field strength in the middle part of the dielectric increases. You can make a deepening of the reinforcement in the dielectric; at the armature, it is possible to create protrusions directed along the surface of the dielectric. Good results can be obtained by decreasing the cross-sectional area of the dielectric in the middle part of it and covering the electrodes with a protective coating. Information about the principles of design developed at the department is given.

Key words. Electric field strength, constructive methods, dielectric, discharge, electrode.

Glazkov R. Energy-Efficiency Increasing in Heterogeneous Mobile Networks. – PP. 100–104.

In this paper we present a method for Energy Efficiency increasing in Heterogeneous Mobile Networks. It consists of three stages: pre-cell association, incentive cell association with sharing macro BS resources and base station sleep strategies. Results of computer simulations and proposed algorithm are given.

Key words: energy efficiency, femtocell, load balancing, cell association, a base station on/off strategy.

Gogol A., Sineokov P. Problems of Estimation of Quality of Perception in Modern Devices of Virtual Reality. – PP. 105–107.

Some recommendations for virtual reality devices (VR) are described. A superficial comparison of VR devices and their features with subsequent consideration of their relevance is carried out. The important components of the quality of perception in modern devices of virtual reality are indicated.

Key words: virtual reality, vergence, accommodation, technology NE-LF.

Golod O., Mochalkin N. Physical Modeling of the Motion of the Doppler Radar. – PP. 108–112.

The report deals with the method of physical simulation of the relative motion of a surface scattering radio waves and radar, a method for modeling the required width and spatial arrangement of the Doppler radar antenna pattern, as well as the scattering properties of a moving surface using a serial Doppler radar of the Iskra 1 type ". The necessary relationships are obtained for recalculating the equivalent parameters of the modeled radar by the geometric characteristics of the model. The results of measurements of spectra and a one-dimensional distribution law of instantaneous Doppler signal values are presented, which confirmed the adequacy of the model to real processes. These measurements were carried out using the oscilloscope digital block BORDO-211.

Key words: Random signal, speed, probability density, spectrum, Doppler system.

Golubev V., Pashkevich V. Use of the Unified Broadband Log-Periodic Antennas for Creation the Antenna Fields of the Transmitting Short-Wave Radio Centers. – PP. 112–117.

In article are considered main types of existing short-wave antennas which are used now at the stationary transmitting radio centers of military and civil application. The concept of creation of antenna fields from the unified broadband log-periodic antennas and active phased array antennas developed on their basis allowing to reduce the number of antennas and the area of the antenna field of the transmitting radio center is offered.

Key words: log-periodic antenna, radiation pattern, active phased array antenna, voltage standing wave ratio.

Gorobtsov I., Kirik D. The Use of STM32 Microcontrollers in the Design of Electronic Equipment. – PP. 117–121.

It is spoken about features of the use of microcontrollers of STMicroelectronics Company in the design of electronic equipment. It is described the architecture of microcontrollers, and also the functional capabilities of the periphery of these devices are evaluated.

Key words: microcontrollers, STM32, design of electronic equipment.

Gorshkov P., Gurianov S. The Management of Transmitting Radio Center's Resources with Active Phased Array Antenna. – PP. 122–126.

At the present time the Russian armed forces has new problems. Russian Federation has to react to different emergencies in a short time, because it has a huge territory. So, in this situation we can't do anything without high frequency-range systems. In this article we are going to consider a decision of this problems.

Key words: high frequency, active phased array antenna.

Gurevich V., Egorov S. Selecting the Limitation Threshold in the Power Amplifier of Radio Signals with QAM. – PP. 126–131.

Nonlinear distortions of the multiplexed signal in the wireless access systems with code division and direct spreading of the spectrum (DS-CDMA) are analyzed, taking into account the effect of additive Gaussian noise. Recommendations are given on the choice of the threshold for limiting the radio signal with quadrature-amplitude modulation (QAM). The presented calculations and graphs can be used at the design stage of the transceiver equipment to reduce the nonlinear distortions in power amplifiers and to increase the real noise immunity of radio access systems.

Key words: wireless access, CDMA, radio transmission, multiplexed signal, power amplifier, nonlinear distortion, AM/AM, limitation threshold, error probability, QAM.

Gureeva A., Kirik D., Kovaleva T. The Absorber of Electromagnetic Waves with Flame Retardant Properties. – PP. 131–136.

The results of simulation of electromagnetic wave absorber based on composite materials with fire-resistant properties and experimental studies of electrophysical and fire-resistant parameters of the absorber made in the form of a coating of metal surfaces of protected elements of products are considered.

Key words: composites, filler low viscosity polymer matrix, adhesion, cohesion.

Davydov V., Dudkin V., Polyanskiy V. Magnetic Frame Antenna. – PP. 136–138.

This paper outlines magnetic frame antenna design and operating principle. The receiver features unique manetostrictive coating of the optical fiber. Magnetic component of incoming radiation causes mechanical deformation of cladding and induces changes in optical characteristics of the fiber which results in modulation of optical signal with frequency of detected radiation. Radio reception carried out via successive nonlinear transforms of optical and radio frequencies by summing of modulated and reference signals. The high sensitivity is the key advantage of proposed antenna.

Key words: laser, antenna, optical fiber.

Devlishev A., Turov A., Chernikov D. Radio Technologies of the Organization of Communication for Remote and Sparsely Populated Areas. – PP. 139–144.

The possibilities of use of systems of a broadband radio access in the range 330–360 MHz as radio technologies of the organization of communication for hardly accessible and sparsely populated regions are considered. The option of the budgetary topology of an exchange equipment of the telecom operator is offered. Results of spectral measurements of parameters of the used signals, in different operation modes are provided. Results of express assessment of quality of a radio covering of the serviced territory by means of the subscriber equipment are given.

Key words: systems of a broadband radio access, distributive network, spectral measurements of parameters of signals, quality of a radio covering, subscriber equipment, multiservices.

Demidenko E., Kuzmin S. Application of 3D Prints for Creation of Microwave Devices. – PP. 144–149.

The development of 3D printing technologies makes it possible to apply them for the manufacture of microwave devices not only in the traditional way (for printing bearing structures) but also for the creation of specialized materials, which in turn allows the design and, directly, the functional part to be manufactured in a single technological cycle. The dielectrics used for printing have sufficiently small losses (the tangent of the dielectric loss angle is of the order of 10^{-3}) and can have a permittivity varying depending on the composition of the material. The improvement of 3D printing technologies and a number of obvious technological advantages make it urgent to develop the technological direction related to microwave technology, with the prospect of creating specialized printers for manufacturing microwave devices, antennas and composite materials with various electrical characteristics.

Key words: Microwave devices, materials, 3D printing.

Demichev A. Current Analysis of Imitation of Radioelectronic Means of Complex Military Objects. – PP. 149–154.

In this article, the features of simulating radioelectronic facilities of complex military facilities, as well as methods for estimating the output parameters of the developed communication facilities with the help of simulators of radar signals of different ranges were considered. The principles of construction of radio-electronic means of imitation are proposed, some algorithms of their functioning are considered, as well as possible problems in their design.

Key words: Simulators of radio facilities, simulators of radar targets, imitation of radar conditions, combined false targets.

Deshina N., Kubalova A., Ryzhikova T. Designing of Steppe Elliptic Filters with Realization on the Grid of Related Micropol Lines. – PP. 154–159.

A new method for designing stepped elliptic filters with the implementation of bound microstrip lines on the grid is developed. A method for calculating the physical dimensions of the grids of coupled microstrip lines in an inhomogeneous dielectric medium is presented. The method can be used to design similar devices for connected microstrip lines.

Key words: Stepped elliptical filter, microwave devices, microstrip line, microstrip filter, bandpass filter, multi-wire line, electromagnetic simulation.

Deshina N., Kubalova A., Ryzhikova T. Synthesis and construction Microwave Steppe Elliptic Filters. – PP. 159–165.

Elliptical microwave filters have greater frequency selectivity than Chebyshev or Butterworth filters. In modern communication, radiolocation and radio navigation systems, the problem of reducing the mass-dimensional characteristics of devices is topical. A new method for designing an elliptical stepped microwave filter with an implementation on a microstrip line is proposed.

Key words: elliptical filter, microwave devices, microstrip line, microstrip filter, bandpass filter, multi-wire line, electromagnetic simulation.

Dukelsky K., Kovaleva T., Orlyanskaya Yu. Composite Material for Protection Against Microwave Radiation. – PP. 165–169.

The results of the development of composite materials of a new generation, the use of which in information and communication systems can significantly reduce the level of mutual interference in the transmitting and receiving paths of electronic devices, to protect from the influence of external electromagnetic influences, to ensure the expansion of their functional and tactical and technical capabilities in a given frequency range.

Key words: protective composites, coatings, radiophysical parameters.

Zhdankin V., Lupehin S. Software for Mathematical Processing of Experimental Data in Linux. – PP. 170–174.

There's a program for the mathematical processing of experimental data received during the research of the emission properties of field cathodes. The program was developed in Linux. This program allows to automate the calculation of field gain on the emission surface of the emitter under various conditions of experiment, and also to estimate the area of the emission surface and plot the current-voltage curve for the emission cathode.

Key words: emission, field cathode, Linux, program, Fowler-Nordheim.

Zubitskii P. The Power Inverter Universal Control Circuit Based on Microcontroller. – PP. 175–177.

This paper focuses on design and research of microcontroller based pure sine wave power inverter scheme being a part of uninterruptible power supply. The work deals with performance of the H-bridge scheme driving different loads. Development is provided with generally domestic made devices usage, including a microcontroller. Scheme control is performed with the use of a microcontroller, which produces pulse-width modulated signals. Research indicates performance of the scheme driving linear and non-linear loads.

Key words: pure sine, power inverter, pulse-modulated signals, microcontroller.

Ignatev V., Meshalkin V., Yakovlev A. "Active Phased Array Antenna – Ground Mobile Object" Electrodynamic System Model Based on the Numerical Method of Electrodynamics. – PP. 178–182.

In this article general theory of development and modeling of active phased antenna arrays of VHF range by means of CST STUDIO SUITE software are considered.

Key words: ground mobile object, active phased array, antenna, computational experiment, finite time difference method (FTDR).

Il'ichev S., Rusin S. Electrodynamic Modeling of a Small-Sized Antenna Device for Special Purposes. – PP. 183–187.

The article shows the result of the electrodynamic modeling in the HFSS of a shipborne transmitting antenna for a DV-SV drive radio. As the results, the input characteristics of the antenna and the main parameters of the antenna are given. According to the input characteristics of the antenna, a matching device is calculated.

Key words: antenna, electrodynamic modeling, HFSS, matching device.

Isupova E., Kapralov D., Kirik D. Signal-Code Constructions for Multi-Antenna Systems. – PP. 188–191.

Modern wireless standards use multiple receive and transmit antennas to increase throughput. These standards provide for the use of a cascade design, the internal codes of which are space-time codes (that is, codes for multi-antenna systems built over infinite fields), and the outer codes are known codes over finite fields.

Key words: MIMO, space-time codes, list decoder.

Kayatkin V., Poddubniy S. The Angular Resolution of Two Objects in Radar with Spatial-Temporal Radiated Signal. – PP. 191–197.

The problem of resolution by angular coordinate of a pair target consisting of two objects that are not resolved by radial velocity and range is considered. The approach to the solution of the problem as the problem of the formation of the two channels measuring angular coordinates with the physical suppression of one of the signals of pair goals in each of the measuring channels is formulated. The analysis of a well-known algorithm developed for use in monopulse radar is given. A type of complex signal is proposed, which allows to reduce the number of receiving channels in solving the problem under consideration. The algorithm of measuring angular coordinate of the target pair which consists of two objects that are not resolved in radial velocity and range, based on the use of complex spatial-temporal radiated signal. The results of numerical simulation of these algorithms are presented, their efficiency in comparison with the known algorithm is shown.

Key words: resolution, complex signals, phased array.

Kireev A. Analysis of the Accuracy of the Positioning of the Source of Radio Emission by the Difference-Range Method by the Cramer-Rao Boundary. – PP. 197–201.

In this paper, the accuracy of the positioning of the radio source is estimated because of influence of reference points in LTE networks. The main goal is to analyze the influence of the number of reference points and validate the results with the Cramer-Rao boundary. To solve the system of nonlinear equations of the difference-ranging method, nonlinear least squares methods were implemented with mathematical Gauss-Newton and Levenberg-Marquardt algorithms.

Key words: positioning, LTE, difference-range method, radio source.

Cramin A., Kuzin P., Lipatnikov V. Development of Structure of Complex Forecasting of the Indicators of Noise Immunity of Radio Control Systems for Satellite Communications. – PP. 201–205.

In the present article the structure of the complex predict the performance of noise immunity of radio control systems of satellite communications in terms of negative impact on the transmitted signal of the ionospheric inhomogeneities.

Key words: the radio control satellite communications, complex forecasting indicators of immunity, immunity to interference.

Kuzenov S., Milutin E. Comparison of the Attenuation Coefficients Calculated from the Exact Formulas and Using the Meteorological Visibility Range. – PP. 206–211.

The article deals with the choice of working frequencies of a laser operating in the conditions of the Earth's atmosphere. Comparison of the meteorological visibility range formulas determining the attenuation coefficient of laser radiation in an atmospheric aerosol with exact formulas that take into account the absorption of laser radiation in an atmospheric aerosol is given.

Key words: AOLS, MVR, atmospheric aerosol, attenuation coefficient, absorption coefficient, reference wavelength.

Kuzin P., Lipatnikov V. Method for Proactive Management of Complex Parameters Control Secure Communications in the VHF-UHF Range. – PP. 212–217.

The article outlines a method for proactive management of complex parameters control secure communications, forecasting the future impact of the signal-to-interference condition on the objects of control, communication security, developed on the basis of application of one of the methods of methodology of management by using predictive models (Model Predictive Control), which provides decision support to ensure security.

Key words: control of communications security; by using a predictive model; Model Predictive Control (MPC); the VHF-UHF range.

Kulikov S. Assessment of Service Area of the dvb-t2 Transmitter. – PP. 217–221.

In this article the technique of determination of service area of the transmitting station of terrestrial digital TV broadcasting is considered. Results of measurement of a zone of service of the digital TV transmitter, according to application No. 1 to the decision of SCRF of October 16, 2015 are reported.

Key words: DVB-T2, digital television, service area.

Lazarev V. Hybrid Beamforming Technology in Massive MIMO Systems. – PP. 221–225.

In modern wireless communication systems, various techniques of spatial multiplexing, including beamforming, are widely used to increase the network capacity. In Massive MIMO systems, with an increasing numbers of transmit-receive antennas and the transmission frequency, the requirements to the cost, size and power of the devices increase. In this article, the technology of hybrid beamforming is considered as one of the promising technologies that allow to reduce the cost of equipment and meet the performance requirements. Various approaches to the implementation of the hybrid beamforming technology are considered, and estimates of the spectral efficiency are given.

Key words: massive MIMO, mmWave, hybrid beamforming, spectral efficiency.

Likontsev A., Madaminov H. About Calculation of Electromagnetic Environment Inside the Room. – PP. 226–229.

In this article, an attempt is made to calculate the levels of the electromagnetic wave field intensity, coming through the wall from the base station of mobile communication, located on the roof of the building.

Key words: electromagnetic waves in rooms, the field strength

Makarov L., Protasenya S. Semantic Image of Set of Word Forms. – PP. 229–231.

Questions of computer modeling of an image of set of word forms with use of methods of the statistical analysis of the data submitted by typical fragments of text documents in various scientific directions are considered

Key words: computer modeling, mathematical analysis of the text.

Makarov L., Protasenya S. Entropy of Set of Word Forms. – PP. 232–234.

Questions of work with the network information resources the Internet containing text documents in various thematic directions, allowing carrying out designing of semantic full and complete designs from word forms are considered.

Key words: Internet resources, thermodynamics, computer analysis.

Minlin D. Analysis of the Class of Broadband Antennas for Surface Mobile Objects of Combined Arms. – PP. 235–239.

Analysis of broadband antennas for surface mobile objects of combined arms of the VHF range. Methods for shortening the dimensions of broadband antennas by the example of whip antennas.

Key words: broadband antennas, VHF, shortening methods for whip antennas.

Mitlash A., Smirnov K. Physical Layer Broadband Wireless Access System Model with Space-time Coding. – PP. 239–244.

Provided mathematical description of signals, a propagation channel, and a space-time coding algorithm for a broadband wireless access system. Provided results of the simulation of a system using MIMO technology in the mode of increasing the service area. Key words: broadband wireless access system, space-time coding, mathematical model.

Key words: radiowave propagation channel, mathematical channel model, MIMO, Doppler frequency shift, bit error rate.

Nushtaev E. Modeling of Radiophysical Parameters of Structural Materials. – PP. 245–249.
Using of screens based on modern structural materials is one of the most effective methods of protection against electromagnetic radiation. It is a necessary and mandatory safety measure to reduce the harmful effects on biological objects, as well as to reduce interference and noise from external sources of radiation when working with devices and to eliminate spurious electromagnetic emissions and interference.

Key words: screening, electromagnetic radiation, modeling of radiophysical parameters.

Osadchenko A. Modern Problems of Building NVIS on-the-move Antennas. – PP. 250–253.
Today, when military operations have acquired high dynamism, it is necessary to maintain stable radio communication with mobile objects over long distances. In this sense, the radio systems of the HF band are of interest. However, the use of this range is difficult due to the large size of the antennas, so their installation on moving objects presents certain difficulties. In this article, variety of solution to this problem are given, which are illustrated in the world literature.

Key words: HF antennas, NVIS-antennas, electrically small antennas.

Pavlenko A. Model for the Calculation of the Longitudinal Radiorelay Radio Line Communication Line. – PP. 253–256.

Radio-relay communication allows us to organize high-quality communication channels that are well-tolerant to propagation conditions. In the process of designing a radio-relay link, one of the main tasks is to determine its range. On the way of diffusion there are obstacles of a different nature and form. The effect of the obstacle on the propagation of electromagnetic waves is estimated using the attenuation factor.

Key words: radio relay link, attenuation factor, range, attenuation.

Polshchikov K., Ukrainskyiy O., Fedorov S. Fire Detectors with Video Detection Channel. – PP. 256–259.

Miniaturization of microprocessor technology and increasing the speed of signal processing allowed creating technical means of detecting fires that produce video image processing for detecting an open flame, detecting smoke, controlling the surface temperature of objects. Unlike conventional fire detectors monitoring fire-caused changes in environmental parameters, detectors with a video channel for detecting a fire process the obtained video to identify changes that may be caused by the occurrence of an ignition, excluding the most similar phenomena not associated with a fire (dust, lamp light, objects heated in the normal state, welding glow, etc.).

Key words: fire detector with video detection channel, fire, test procedure.

Ponamarev N., Ukrainskii O. About the Gated Viewing Imaging Method in Television Cameras for Underwater Research. – PP. 259–263.

The underwater television is usually used for obtain an image of objects in a difficult optical conditions, that is why it is important to use a gated viewing method for underwater research. The gated viewing method has been developed to gain knowledge about underwater objects. In the article had described, that it is very important to use the CCD television cameras

and light sources with short-time characteristics. The research of this method must be continued and used for underwater objects detection, classification and identification.

Key words: Low contrast, Weber-Fechner law, gradation of brightness, conditional colors.

Prasolov A. Modeling of Digital AGC of a Broadband Radio Receiver with Quadrature Amplitude Modulation. – PP. 263–268.

Currently, quadrature amplitude modulation is used in a large number of diverse communication systems, including digital television broadcasting, mobile communication systems, and also systems with OFDM. When receiving signals with varying amplitude, such as BPSK, DQPSK or QAM, it becomes necessary to maintain the amplitude of the signal at the demodulator input in certain, predetermined limits.

Key words: digital AGC, reference level, bit error, quadrature amplitude modulation.

Rybakov A. Optional for Implementation of the Coding Diagram and the Operating Protocol of Data Transfer of Software-Configured Radio Channel, Using Meteoric Communication. – PP. 269–274.

In this article, we give a general description of the encoding and decoding algorithms used in the development of signal-code constructions. The frame formats of the broadcast and half-duplex protocols are presented. The results of approbation of technical solutions are given.

Key words: meteor radio communication (MS), coding schemes, meteorological communication system, transmission channel, frequency division multiplexing (FDMA), frequency filters, signal-code constructions, broadcast protocol, half-duplex protocol.

Smirnov A. Selection of Rectangular Segments on Radar Various Images. – PP. 274–279.

Rectilinear segments, apply the method of spatial filtering and search for the maximum of the gradient. On the original image, the gradient is calculated in several directions and subjected to spatially-oriented filtration. This procedure allows you to localize the points of interest and the orientation angle of the potential target, and the selected segments often form a closed loop. The information obtained is used to compare images obtained from different sources and to identify targets on them.

Key words: segment, gradient, image, filtering, point of interest.

Stepanets. I., Fokin G. Estimation of Quality Indicators of the Receive Diversity in Massive MIMO Systems. – PP. 279–284.

The article contains the results of a studies of receive diversity in the massive MIMO system in a channel with Rayleigh fading, which is a characteristic case for mobile communication networks. The quality of the receive diversity with the maximization of the signal-to-noise ratio is estimated by the gain of the signal-to-noise ratio and of the bit error ratio.

Key words: massive MIMO technology, receive diversity, signal-to-noise ratio, bit error ratio.

Stepanov A. Modeling of Universal Neural Network Approximator. – PP. 284–289.

The paper gives the main theoretical information about the universal neural network approximator. Mathematical models of a multilayer perceptron with one and two hidden layers, artificial neural networks based on radial basis functions are considered. A comparison is made

between these neural networks when the approximation is performed. The main stages of modeling the universal neural network approximator in the MATLAB system are given. The paper describes user's graphical interface, developed by the author, which allows us to perform an arbitrary function approximation.

Key words: modeling, universal approximator, artificial neural network, MATLAB.

Sungatullin E., Ustimenko V. "Intelligent" jamming of 3G and 4G communications. – PP. 289–294.

Requirements to the 3G and 4G communications jamming equipment used in police and counter-terrorist operations, in borders and territories guarding, in preventing of confidential and secret information transfer are constantly becoming tougher. The mass and overall dimensions of the equipment tend to decrease to provide mobility. Jammer operation algorithms are being improved all the time – "intelligent" jammers allow you to quickly change the quantity of frequency ranges and channels and other parameters remotely and automatically, and they come to replace the barrage ones. The article describes the methods of "intelligent" jamming of commercial communication systems radio signals and an implementation of one of them in a mobile jammer with its operation principle, and some of its characteristics are given.

Key words: UMTS, LTE, jammer, jammer signal, signal spectrum, frequency channel.

Tatarenkov D. Some Aspects of the Human Detection in Images Using the Distance Information. – PP. 295–300.

In today world the necessity for the autonomous mobile robots and vehicles is increasing. The safety autonomous moving demands the reliable and fast detection algorithms. The Histogram of Oriented Gradients (HOG) descriptors show significantly outperforms the existing feature sets for a human detection. Though the given method has a lot of type I errors. The amount of these errors can be decreased by using the object distance information. This paper presents a robust human detection method using pairs of color frame and depth map. The experimental results show that the new proposed method of HOG and distance restriction combining provides lower false positive and increase the precision in comparison to the HOG method without using the depth map.

Key words: computer vision, HOG, depth map.

Timchenko V., Khmelnitskaya K., Chernov I. Application of Mathematical Morphology in Optoelectronic Systems for Detecting Pre-Emergency Situations. – PP. 300–304.

The principles of constructing image analysis algorithms proposed to improve the detection of pre-emergency situations are described. The advantages of video monitoring are considered. Methods of applying mathematical morphology are suggested.

Key words: mathematical morphology, optoelectronic detection systems, video image filtering.

Fadeyev A., Shuvalov D. Adaptation of Speech Intelligibility Evaluation Method STI for Testing Sound Quality of Musical Instruments. – PP. 305–308.

An attempt to adapt currently existing modern method of speech intelligibility objective evaluation STI (Speech Transmission Index) in closed spaces to assess sound quality of musical instruments was made. A method and a device for pressuring on case of studied musical instrument by test signal were developed. Obtained results were analyzed.

Key words: objective sound quality evaluation, speech transmission index, musical instruments.

Fokin G. Simulation of Radio Communication Channel with Unmanned Aerial Vehicles. – PP. 309–314.

Most of the existing ground-to-air radio channel models are designed for narrow-band channels. Broadband ground-to-air radio channel models have an extremely wide delay spread ranging from 25 ns to 4,000 ns, which indicates a significant difference in the conditions of the radio wave propagation at various locations of ground station antennas, for example, over the sea, in the suburbs, city, desert, rural areas and etc. The purpose of this work is to formalize the parameters of radio channel models with unmanned aerial vehicles for various operation scenarios, and also to construct a simulation model.

Key words: radio communication channel, unmanned aerial vehicle, ground-to-air, air-to-ground, delay spread, operation scenarios.

Fokin G. Development of a Complex Simulation Model for the Positioning of Radio Emission Sources in the Absence of Line of Sight. – PP. 314–319.

The identification of line-of-sight and the compensation of errors in the absence of line-of-sight in the processing of navigation measurements are relevant for positioning in urban conditions, as well as in heterogeneous terrain such as mountains and hills, when there is no direct visibility between the radio source and one and / or several receiving stations and the situation is NLOS (Non-Line of Sight). The purpose of this work is to develop a complex simulation model for the positioning of sources of radio emission by time difference of arrival method in the absence of line of sight.

Key words: Non-Line of Sight, Time Difference of Arrival, RMSE, radio emission source, simulation model.

Sharikova M. Use of Analysis of Images Determining Physiological Parameters. – PP. 320–322.

Measuring the pulse remotely, using a smartphone camera and the application, it is possible now. The article deals with the algorithm for calculating heart rate, based on two approaches – skin color changes and the detection of micro-motions. The experiment illustrates that, when applied together, they give a high accuracy in measuring the pulse.

Key words: pulse measurement, micromovement detection, principal component analysis, Gaussian mixture, Fourier transform.

Kolgatin S., Lobanova A., Fedorova O. Numerical Simulation of GaN MOS-hydride Epitaxy in a Vertical Reactor with a Rotating Susceptor. – PP. 323–326.

Development of super-power, temperature-resistant microwave transistors have been become especially urgent recently.. The generally accepted material for the manufacture of such transistors is gallium nitride (GaN). The most common method for production of doped GaN films is vapor-phase epitaxy. We suggest a simple and effective chemical model for the growth of gallium nitride from trimethylgallium (TMGa) and ammonia (NH₃) as precursors. The chemical model accounts for the volumetric and surface chemistry and condensed GaN particles within a chamber volume. The model made possible to explain the decrease of growth rate at low rotation speed due to GaN particles formation in a vertical type reactor.

Key words: Microwave transistors, gas-phase epitaxy, gallium nitride, MOVPE.

Alekseev A., Seliverstov L., Yurova V. Computer Modeling of the Photodiode in FASTMEAN. – PP. 327–331.

We proposed the model of photodiode for using in the educational process. The dark current flows through photosensitive devices when no photons are entering the device. The balance point is established on the load line the I-V characteristic of a photodiode. The photodiode turn on as the diode in reverse bias mode. So it possible to replace it on the current source. Two more current sources generate the photocurrent. At this case the photodiode is designed as the two-port network. This model allows to investigate different variants of photodiode.

Key words: photoelectric device, Luminous flux, current sensitive, semiconductor structure, PIN diode.

Alekseev A., Filin V. Desensitivity Factor of Feedback Loop and Computer Symbolic Method. – PP. 332–336.

The computer symbolic method for separating the components of the desensitivity factors of feedback amplifiers is presented. The graphs of amplifiers with complicated feedback types are described.

Key words: desensitivity factor, matrix, determinant, directed graph.

Alekseev A., Yurova V. Symbolic Method in Amplifying Stages with a Turn of Phase. – PP. 337–341.

The program of the computer simulation FASTMEAN has a wonderful property; it is possible to use symbolic method. However, the fact that all fundamental active two-port network are designed like unchanged blocks, it is hampered its application to simulate the transistors or its combinations. In article are shows the methods of error protection in analytical expressions.

Key words: active two-port network, dependent source, feedback, phase change, semiconductor transistor.

Artemiev V., Vasileva V., Gatchin Y., Kanaev R. The Principle of Invariance in Information and Measurement Systems with Optical Tract Selection and Transformation of Information. – PP. 341–347.

A scheme for the realization of an optoelectronic speedometer for optically inhomogeneous surfaces with invariant characteristics of noise immunity is considered. A distinctive feature of this approach is the use of a two-channel image analysis method using a two-band spatial frequency filter.

Key words: speed meter, optically non-uniform surfaces, noise immunity, invariant characteristics.

Achmetov R., Bulatova I., Sedyshev E. Analysis of Planar Arithmetic Single and Double-Threaded Helical Microwave Antennas. – PP. 347–352.

The construction of three-dimensional microwave integrated circuits using planar helical antennas opens up new opportunities due to the wide frequency range and circular polarization. Spiral antennas are widely used in digital communication systems. The working principle of these antennas is still not fully understood today, therefore, many researchers engaged in the study of these structures. The single-pass and double-pass planar helical antennas are investigated. The obtained results indicate that the helical antenna is actually an irregular radiating line and is an antenna of a traveling wave.

Key words: the spiral antenna, single and double spiral, spiral planar radiators, three-dimensional integrated circuits.

Bocharov E., Rakova K., Sedyshev E. Investigation of the Ring Resonator on the Strip Line. – PP. 352–356.

The article is devoted to the investigation of an annular cylindrical resonator on a strip line. This type of resonator opens new prospects for the synthesis of microwave integrated circuits. The aim of the work was to study the structure of the field in the cavity, to calculate its distributed elements, to estimate the mathematical frequency of the central frequency and to develop ways to incorporate it.

Key words: ring resonators, strip line, resonance, volumetric integrated circuits of microwave.

Bocharov E., Sapogovskaya A., Sedyshev E. The Circuit of Frequency Selection on the Coupled Resonators. – PP. 356–359.

Nowadays the developers of microwave devices are striving to create new fail-safe and high Q-factor frequency-selective circuit. It is impossible without such functional elements as resonators. This work is devoted to the investigation of slot elliptical resonator and band-pass filter on slot elliptical resonator.

Key words: frequency-selective circuit, microwave, coupled slot resonator, pass-band.

Buhinnick A., Dremuh M., Kupriyanov A., Scherbaty P. Principles of Fiber Optic Transmission Systems with Spectral Multiplexing for Hydroacoustic Stations with Long Antennas. – PP. 360–364.

The main results of the development of the fiber optic transmission system (FOTS) for use in hydroacoustic stations (HAS) with flexible extended towed antennas implemented on the basis of the principles of spectral multiplexing of data streams are presented. FOTS provides interface with HAS on-Board equipment on a single-fiber optical cable and solves the problem of transmission of digital data streams from antenna sections, cross-section synchronization,

control of antenna parameters, self-monitoring and system diagnostics. The choice of the protocol for data exchange on FOTS, the structure of optical digital signals, and the methods of linear coding that support the solution of this problem.

Key words: fiber optic transmission system, hydroacoustic antenna, synchronization, exchange protocols, spectral multiplexing, Ethernet, linear coding, phase jitter.

Gershenkop D., Nikitin Y. Frequency Synthesizers Mathematical Modeling. – PP. 364–369. *Frequency synthesizers based on Phase locked loops is widely used in different modern devices. The most important property of PLL frequency synthesizer is high precision frequency output, which is mostly defined by phase and discrete (in case of a digital PLL) noise. In this paper, different approaches of PLL structures have been examined. Mathematical explanation is given in each case to determine advantages and drawbacks of particular solution.*

Key words: PLL, frequency synthesizers, modeling.

Gorshkov P., Gurianov S. Mathematical Methods for Calculation of Microwave Devices. – PP. 369–373.

In science and technology we constantly have to deal with the problem of calculating systems having a complex geometric configuration and an irregular physical structure. Computers allow such calculations to be performed using approximate numerical methods. Therefore, it is especially important to distinguish between these methods and be able to apply them correctly depending on the conditions of the problem.

In this article, the main methods used in the calculation and modeling of microwave devices were considered. Their operating principles and main advantages are described.

Key words: numerical methods of electrodynamics, the method of moments, the method of finite elements, the method of finite differences in the time domain.

Ershov A., Churkov V. Optimization of Architecture Android-Applications: Working with Data. – PP. 374–376.

Not all methods available to the developer work equally fast, depending on the task, you need to choose the fastest one from the list of possible solutions for the problem.

Key words: Android, optimization, architecture Android.

Zaitseva Z., Logvinova N. Synthesis of Electrical Filters in FASTMEAN and Mathcad Software Environment. – PP. 376–381.

Methodology for the use of FASTMEAN and Mathcad software in the laboratory practicum is discussed. The laboratory classes of “Computer-based analysis of LC-filter attenuation characteristics” and “Synthesis of ARC-filters and computer-based analysis of their frequency responses” are used as examples to demonstrate that software environment allows setting engineering tasks and advancing intramural and extramural students to academic and research work. The work for extramural students is organized within the scope of the remote learning based on the Moodle e-learning platform.

Key words: synthesis of electrical filters, software programme, FASTMEAN, Mathcad, remote learning, Moodle e-learning platform.

Kabardov M., Sharkova N. Calculation Techniques for Constants in the Scattering Matrix Asymptotics of a Two Dimensional Quantum Waveguide with a Resonator. – PP. 382–386.

Electron resonant tunneling in a two dimensional quantum waveguide with a resonator is studied. The resonator is the part of the waveguide between two narrows of small diameter. In the asymptotic expansion of the wave function and the scattering matrix there are constants to be calculated, which require numerical solutions to some boundary value problems, not depending, however, of the small parameter of the asymptotics (the narrows diameter). Based on the approximate solutions, the parameters of the asymptotics are computed. In the work some techniques of computation of the coefficients are discussed.

Key words: quantum waveguide, electron, wave function, scattering matrix.

Kondrashova M., Sedyshev E. The Synthesis of Coplanar Resonator on a Cylindrical Surface. – PP. 386–391.

In this paper, we consider the ring resonator, created on a coplanar waveguide. The dependence of the resonance frequency on the wave impedance of the coplanar line is investigated.

Key words: microwave, ring resonator, coplanar resonator, coplanar waveguide.

Kubalova A., Maksimov A. Microstrip Elliptic Filter with Realization on Standard Sections. – PP. 391–397.

The new method for the synthesis of the microwave planar elliptic band stop filter is developed. The methodology of calculating the filter using an electromagnetic field simulation is proposed. Results of an experimental study of the filter layout are presented.

Key words: elliptic filter, microwave filter, microstrip, coupled microstrip line, bandstop filter, multiple wire line, electromagnetic simulation.

Kubalova A., Maksimov A. Synthesis, Modeling and an Experimental Study of Compact Microstrip Elliptic Microwave Filter with Quarter-Wave Inverters. – PP. 397–402.

The modified method for the synthesis of the microwave elliptic band pass filter with quarter-wave inverters is developed. The resulting filter structure is two times shorter than the canonical one with the same AFC parameters.

Key words: Elliptic filter, microwave filter, microstrip, impedance inverters, bandpass filter, electromagnetic simulation.

Lebedev L., Sedyshev E. Synthesis of Broadband Transitions Between Different Types of Line. – PP. 402–409.

Basic variants of planar transitions of conjugation of coplanar, strip and slot lines are considered in the paper, using different approaches to modeling the current-carrying part. In the first case, a classical transition with a varying thickness of the central line is considered, and in the second case, a transition with an unchanging current-carrying part is investigated. A method for constructing a broadband transition from a coplanar to a slit line.

Key words: microwave, transitions, strip line, coplanar line, slot line.

Luzhkovskaya V., Sedyshev E. Modeling and Analysis of the Wire Structure as the Foundations of the Horn Antenna in the Program MMANA-GAL (BASIC). – PP. 409–414.

This work was aimed at creating (modeling) and analyzing wire structures for the transmission and reception of a microwave signal. It is based on the concept of creating a wire horn antenna,

according to the principle of a contour "butterfly". The main task is to simulate an ordinary horn antenna and perforate its surface to a wire base. The obtained results indicate that the horn antenna is perforated up to the wire structure works.

Key words: microwave signal, horn antenna, wire model.

Lypar I., Filin V. Ultra-low Voltage Resonant DC/DC Converter Topology. – PP. 414–419.
This article presents a resonant DC/DC converter topology for low-power and ultra-low voltage applications. The main feature of this converter is their autonomy, i.e. it working from the low voltage levels without the need of any external startup assistance. The simulation was done in Micro-Cap software, the results shows the relations between the efficiency of converter and the level of input voltage and the resistance of load.

Key words: DC/DC converter, ultra-low voltage, energy harvesting, resonant converter.

Makarova M. Modeling of Electronic Circuits Differential Lienar Equation. – PP. 419–425.
Examines modeling of electronic circuits Lienara differential equation. For example, the mathematical model of oscillator circuits where the solution of differential equations is presented in the form of high-frequency oscillations with variable envelope and phase.

Key words: electronic circuit, local oscillator approximation, differential equation, high frequency oscillation.

Nikitin Y. The Combined PLL Multiplier Ring. – PP. 426–430.

Multiplication of oscillations with a high multiplicity by means of a pulse-phase frequency-locked loop (PLL), a feedback path (FP) in which is implemented by means of two parallel branches – analog (continuous) and digital (pulse). The first branch of the FP is analog and consists of an analog phase detector of the multiplier type with harmonic transformation and a low-pass loop filter. It serves to effectively filter interference in the static mode of the PLL ring. The second branch of the FP is classical with a pulse counter, a frequency-phase detector and a loop filter. It is necessary to enter the PLL ring in synchronism and maintain this mode. The analysis of interference filtering by the PLL ring was carried out using the frequency method.

Key words: Digital frequency synthesis, vernier reduction path, digital single-sideband frequency conversion.

Nikitin Y. The Construction of a Accumulating Adder with Variable Capacitance. – PP. 431–435.

The accumulating adder (AA) or digital integrator is one of the main nodes of the direct (passive) digital synthesizer (DDS) frequency. It consists of an arithmetic adder and a memory register. Averaged over the period of unevenness of the frequency of overflow pulses is directly proportional to the control code at the input of the AA. The current sum at its outputs allows either to form oscillations with the required envelope of the signal - in the case of a multilevel synthesis, or to control the time position of the overflow pulses - in the case of a two-level synthesis of frequencies. Various implementations of the AA with variable (variable) capacity for the purpose of the DDS are considered.

Key words: direct (passive) digital synthesizer (DDS) frequency, accumulating adder.

Nikitin Y., Yurova V. The Computer Simulation of Frequency Mixers Based on Transistor Cells. – PP. 435–440.

Sensitivity of spectrum analyzers, measurement receivers, which are widely used in the production of semiconductor electronics, information technologies and systems, radiolocation and biochemical researches, generally determined by the used schemes of frequency mixers and multipliers. We present results of the calculations of the schemes parameters and computer modulations of the basic schemes of frequency mixers that were made with computer simulation programs MicroCap9 and 11. There're obtained the spectral characteristics of the output signal at different input levels and types of generator and analysis of the results.

Key words: frequency mixer, diode, transistor, *p-n*-junction, semiconductor, MDS-structure.

Sviridov V., Filin V. Manufacture and Research of Antennas for Converter with Rectenna. – PP. 441–444.

Developed inexpensive and easy-to-manufacture microwave antenna, which are suitable for harvesting radio wave energy from the environment and feeding various low-power devices. The main goal is to select the optimal antenna designs, easy to manufacture and effective enough to solve the task. Several trial versions of collinear and patch antennas were made, their VSWR for the frequency range of 1070-4000 MHz was measured.

Key words: antennas, rectennas, VSWR, microwave.

Sedyshev E., Tarasik E. The Research of the Dependence of Electrodynamic Properties of Elliptic Stripline Resonator from the Geometry of Structure. – PP. 444–448.

In this paper, we consider the ring resonator, created on a stripline waveguide. The dependence of the resonance frequency on the geometry of the resonator structure is investigated.

Key words: microwave, ring resonator, microstrip line, microstrip waveguide.

Tashchiyan G. On the Behavior of Solutions of the Stokes System with Boundary Conditions of "Slippery Walls" in Two-Dimensional Domains with Smoothed Corners. – PP. 448–454.

M. Sh. Birman in [1] drew attention to the fact that the pressure in a viscous incompressible fluid is constant if this fluid moves in a convex polyhedron without friction at the wall under the action of a stationary solenoidal force field. This conclusion, as the author of [1] observes, might indicate certain physical incorrectness of the statement of the problem. This paper is devoted to the justification of correctness of the formulation of this problem in the two-dimensional case by means of a limit transition, having first smoothed the polygon from inside with preservation of convexity. It is noted that the approach, with some modifications, takes care of the three-dimensional case as well.

Key words: viscous incompressible fluid, Stokes system, "slippery walls", solenoidal field.

Rezanova V., Skorinov M. On the Relationship of Management of Business Processes and Loyalty of Subscribers of a Telco Operator. – PP. 455–461.

The research is devoted to actual issues of organization, management and optimization of business processes of companies providing communication services. The application of the methodology of Process Mining for carrying out measures to optimize existing business processes is considered. The research suggests the relationship between the quality of performance of specific business processes and the loyalty of subscribers of the telco operator and determines the possibility of using Process Mining to indirectly manage loyalty by forming a positive customer experience of interaction between the subscriber and the telco operator.

Key words: process mining, business processes optimization, customer loyalty, telco operator.

Tsvetan Iliev The Transition From the Economy of Material Resources to Knowledge Economy. – PP. 461–465.

Social and economic reality in the beginning of 21st century can be treated as unique. This attitude is due to all phenomena and processes accompanying human civilization development nowadays. Fundamental factors predetermining relationships between economic entities in processes of production, barter and income distribution are liable to changes. New conditions show that land and assets equipment of production are not enough to guarantee growth of social wealth. That is why knowledge is considered in the paper as current production foundation.

Key words: material resources, institutions, knowledge cities, knowledge regions, knowledge economy.

Arzoumanian Y., Volfson M., Zakharov A., Sotnikov A. Model Blockchain Services. – PP. 465–469.

Further development of Blockchain technology will inevitably lead to a mass emergence of companies providing public services for securely fixing various kinds of documents on the Internet. The model of information interaction of participants of business processes is described, the generalized format of records meeting the requirements of personal data protection is considered, the criteria for selecting Blockchain networks.

Key words: Blockchain technology, model of information interaction, format of records meeting the requirements of personal data protection, criteria for selecting Blockchain networks.

Belyanina N., Golubeva A., Shcherbakov I. The Selection Criteria for Leasing Vehicles for Business Telecommunications Agencies. – PP. 469–472.

On the Russian market there are a large number of leasing companies that lease different property (transport, equipment, machinery, real estate). The system of criteria considered in the article aimed at minimizing the risks to the lessee for further cooperation will help to simplify the choice of the lessor.

Key words: leasing, leasing criteria, the cost of leasing, the rise in cost of leasing, leasing companies.

Belyanina N., Golubeva A., Shcherbakov I. Management of Research Projects in Infokommunikations with Use of Business Processes. – PP. 473–478.

For research projects in the infokommunikations, development of the business processes ordering their performance as activity of this sort is mostly creative is necessary. At the same time

it is necessary to try to obtain balance between standardization and flexibility, and in other words, between order and creativity. The purpose of work is the research of business processes for management of research projects in the infokommunikations.

Key words: business model, research projects, milestone, decision-making point.

Volfson M. Crowd Technologies in the Digital Economy. – PP. 479–484.

In the conditions of the digital economy formation and development, the population of the country as a whole and every citizen in particular becomes an important source of economic growth. Crowd technologies are a set of effective tools working on the principle of using citizens personal resources to produce a product, developing and implementing a service or solving various social problems. In Russia, the experience of using these technologies is still underestimated. However, the world practice testifies to their innovative attractiveness in the emerging contemporary economic realities of business development. The report examines the types, scope and role of crowd technology in the transition to a digital economy.

Key words: crowdfunding, crowdsourcing, crowd investing, crowd technologies, crowd marketing, crowd recruiting.

Goldstein A., Razheva A., Rezanova V., Skorinov M. Usage of Process Mining for Business-Process Optimization in Telecommunications. – PP. 484–488.

The article determines the application of the Process Mining for business process optimization. The requirements for event logs, on which PM is based, are concluded. PM methods allow to avoid attaining expertise for optimization, which may be essential for the cost of the services.

Key words: Process mining, optimization, event logs, business processes, deep process inspection.

Dimitrova P. Problems of the Pension System in Bulgaria. – PP. 488–492.

Social security is one of the elements of the country's social policy. Regardless of the efforts of politicians, in recent years there have been significant problems in the pension system. Poverty and the aging of the population are phenomena that all governments need to struggle with. This report focuses on key issues in the pension system and possible solutions.

Key words: pension system, financial deficit, problems.

Dutlova E., Makarov V. SCOR-Model as a Tool for Improving the Quality Management System. – PP. 492–495.

The role of the SCOR model is to define an international cross-sectoral supply chain management standard. The possibilities of development of the quality management system of Russian enterprises are revealed on the basis of the SCOR-model toolkit. Reference process models not only provide a general description of business processes, but also establish a basis for measurement. They provide standard definitions of key performance indicators so that enterprises use the same indicators when comparing their businesses. Thus, reference process models are the starting points for improving the quality management system.

Key words: reference model, SCOR model, SCOR architecture, quality management system.

Egorova M. The Market of Electronic Digital Signatures. – PP. 495–500.

The report discusses the state and trends of the Russian market of electronic digital signatures. The tasks and functions of certifying centers, legal regulation of the subjects of this market, as well as the prospects for its development are considered.

Key words: electronic signature, digital signature, digital signature.

Katasonova G., Sotnikov A., Strigina E. Models of Competencies Based on the Domain Model. – PP. 501–505.

It is proposed for the formal description of competencies to share two known models the domain model of infocommunications and the object model. This approach is novel and allows building quantitative models of competencies that are necessary for the well-founded formation of educational programs, their objective comparison and evaluation, and the organization of managerial processes in educational systems.

Key words: digital economy, education, competence, domain model, object model, infocommunications.

Kvasha N. The Influence of the Level of Development of Infocommunication Technologies on the Effective Size of the Enterprise. – PP. 506–510.

Improvement of information technologies, as well as the development of communications in the direction of digitalization significantly affects the effective size of the primary economic system, that is, the enterprise. The stage of formation of infocommunication technologies was characterized only by the auxiliary role of information support of "manual" business processes, which led to a sufficiently high level of transformation, as well as internal and external transaction costs. As a result of the transaction, more internalized, which caused the profitability of large-scale business systems. The development of Infocommunications led to the emergence of end-to-end digital technologies, which ensured the transition of most business processes in the electronic form, and, therefore, reducing transaction costs and reducing the effective size of the enterprise.

Key words: digitalization, efficiency, enterprise size, transformation and transaction costs, network-centric business system.

Kotov V. Model of the Gas Market. – PP. 510–515.

The report discusses the results of modeling the gas market, consisting of ten suppliers and ten consumers connected to some conditional gas transportation system. Two scenarios of interaction of players are considered: free price competition and unified planning of deliveries at a given demand. With the help of simulation modeling, an estimation of synergistic gain in the second scenario is given.

Key words: gas market, price competition, synergy, agreed optimum.

Meshkov A., Simonina A. Digital Economy and the Challenges of Accelerating Economic Growth. – PP. 515–520.

The article discusses various definitions of the digital economy and proposes its own definition of this concept in a broad and narrow sense. The paper substantiates the concept that the digital economy is a new, fourth phase of economic development. Special attention is paid to the issue of drastic reduction of transaction costs through digitalization and on the basis of this acceleration of economic growth.

Key words: digital economy, transaction costs, intermediaries, economic growth.

Radyuk M. Knowledge of a Specialist as a Property Type. – PP. 520–524.

This article draws attention to the immaterial property type in the form of an information system of a specialist (ISS) and justifies the introduction of such a concept, and the owner (owner) of the specified type of property is determined by a wage worker, as analysis and research of processes caused by the development of telecommunications led, through the system perception of these processes, to an understanding of the growing role of special knowledge in the modern information and communication society.

Key words: modern economic relations, immaterial property, owner of special knowledge, specialist information system, rental character.

HUMANITARIAN CHALLENGES OF THE INFORMATION SPACE

Bolgov R., Dunaeva Yu., Katsy D., Chernov I. "Stalin" in the Electronic Society: the Soviet Shadow in the Russian Internet. – PP. 525–529.

The paper examines the role of social media in the formation of a political trend on the example of Stalin's image. Based on the methods of semantic, linguistic, content analysis and the method of "understanding text," the content of posts and slogans in social media (Facebook, Twitter, VKontakte, VKontakte-News, VKontakte-Future, Youtube, Instagram) is analyzed and a conclusion is drawn about creating a "virtual Stalin", which has nothing to do with his historical character.

Key words: social media, virtual character, DDOS attack, post-truth, clickbait.

Katsy D., Shmatkowa L. The Concept of Cybersecurity in the European Union Documents. – PP. 530–535.

The article analyzes the approach of the European Union to the notion of "cybersecurity". It notes the stability of the trend towards more frequent use of this term in official EU documents and traces a certain evolution of the cybersecurity concept in the EU legislation over the past few years. Special attention is given to some recent legislative initiatives, in particular, the creation of the EU Cybersecurity Agency. It is concluded that strengthening cybersecurity, as it is understood in the EU, is becoming an increasingly organized and coordinated process that deserves careful consideration.

Key words: European Union, cybersecurity, network security, single digital market.

Stoyanova N. The Bulgarian legal system in the field of internet sites. – PP. 535–541.

This topic addresses the issue of copyright related to a number of online businesses related to copying (retrieving or stealing) website content – its texts, graphics, designs, photos and commercial concepts. The trend on a global and national scale indicates that within a few years, any commodity, including author's works – books, musical works, architectural projects, computer programs, etc. will be offered on-line. This fact requires the increased attention paid to the appropriate copyright protection of the content of the websites

and the formulation of the general terms and conditions for their use, in order to avoid unfair practices in this respect carried out by third parties. This Statement will address the main guidelines that should be marked as a means of protecting and preventing precisely the illegal "copying, copying or theft" that takes place in terms of content or functionality of Internet sites.

Key words: copyright, protection, Internet sites, Bulgarian legal system.

Andrianova-Kacheishvili L., Kuznetcova E., Shutman D. Digital Instruments for PR on the Internet. – PP. 541–544.

Due to technological progress, the appearance on the market of a wide range of digital media and various gadgets, channels for communication and information transfer is becoming more popular. The task of PR-specialist in the new conditions is to find methods for the effective use of these new channels. More and more companies are not simply present online today, but also actively promote or construct their image in the network, receive and establish feedback with their customers, and analyze the activities of competitors. In this connection, a new concept has appeared, which is now included in the daily practice of PR-specialist – digital. The article is devoted to the research of instruments of new digital communications on the Internet.

Key words: internet, digital-tools, PR.

Belova E. The Correlation Between Cognitive-Role Model of Headship and Psychological Barriers in the System of Communications in Modern IT-companies. – PP. 545–549.

The article discusses from the new point of view the problem of psychological barriers in the communication system in modern IT-companies according the studies psychology of management. Psychological barriers are represented as special systemic formations in the communicative environment of the organization. Features of the functioning of these barriers as the results of the interaction of the thinking activity of the leaders of the organization and its communicative environment are considered. The prospects of the study of the relationship between the cognitive-role model of leadership and psychological barriers in the communications system in modern IT-companies are evaluated.

Key words: cognitive-role model of leadership, systemic thinking of leaders, psychological barriers, communication system, IT-organizations.

Belova E. The role a Teacher Plays in Forming English Language University Students' Grammatical Competence in a Virtual Learning Environment. – PP. 550–553.

The article is dedicated to English language teacher's functions whilst forming English Language grammatical competence among university students in an information-based space. In this article attention is paid to the understanding of English language grammatical competence among non-linguistic university students in a new environment. In this research the teacher's and students' opportunities whilst working in a virtual learning environment are considered. New functions of the teacher who uses Moodle whilst forming English Language university students' grammatical competence in an information-based space are discussed.

Key words: English Language grammatical competence, virtual learning environment, teacher, cognition, Moodle.

Bogdanova I., Bogdanova N., Moseev V. Initial Phase of Creationsoviet Electronic Computer Engineering. – PP. 553–558.

The initial period of the development of Soviet computer technology (1948–1968) is considered in the article, the main computer developments of this period – electronic computers MESM, SESM, BESM series (from BESM-1 to BESM-6) are described and analyzed, their main technical characteristics, comparisons were made with the English and American computers of the specified period.

Key words: electronic computers, computer center, computer speed, computer technology.

Volokobinskij M., Pekarskaya O. The Human Role in the Formation and Development of the New Information Culture. – PP. 558–562.

In this article is shown that nowadays the role of a person in the modern information society is objectively increasing, because individuals are considered as the main resource and the factor of its development. The humanitarian aspect of the most serious problems of the existing information-rich society is also discussed. Accelerating the pace of development and the introduction of information, computer and other communication technologies, and the emerging worldwide system of knowledge in our days open new horizons for humanity in the sphere of educational, intellectual and creative improvement. A new information culture and ethics are now introduced in society. It is the clearly visible humanitarian result of the global information space.

Key words: information society, sustainable development, education, culture, development of humanity.

Voronov I., Gencheva A. Postal Department for the Reign of Alexander I (1801–1825). – PP. 562–567.

The article is devoted to the reorganization of the postal authority in connection with the establishment and debugging of the functioning of the ministerial system of government of the Russian Empire. The paper studies the structure, functions and changes in the departmental affiliation of the postal department during the reign of Alexander I (1801–1825).

Key words: Alexander I, Postal Department, Ministry of Internal Affairs, Ministry of Spiritual Affairs and Public Education.

Vyazmin A. Phoneme and Its Communicative Function. – PP. 567–570.

Phoneme as a ground structure of lexemes and communication is a phenomenon, which reveals several levels of its constitution in different regions of consciousness. Existing research in the phenomenology of language, as well as philosophical criticism of such research, and theoretical developments in adjacent to phenomenology areas – semiotics and structural linguistics, including mathematical modeling linguistic signs and phonemes as phenomena – can be re-examined in the context of phenomenology. In this case, it is possible to specify the conditions of the phoneme's genesis into sound phenomenon with certain communicative and auto-communicative functions. The results of determining such conditions are of great importance for understanding the nature of consciousness.

Key words: phenomenon, structural linguistics, neo-Kantianism, consciousness.

Galieva T. Communication Mobility as a Component of Professional Communication Competence of Technical University Students. – PP. 570–576.

The article defines “communication mobility” and describes the importance of communicative mobility and its role in the development of professional communicative competence of technical university students. Also the article is devoted to the analysis of the professionally-oriented goals established by the state educational standards of higher education for the training of technical university students ready to cooperate for professional communication.

Key words: communication mobility, communicative competence, professional competence, state educational standards.

Geht A. Development of Scientifically-Educational Complex of Sweden and Finland in the Second Half of the XX Century. – PP. 576–581.

This article contains a brief consideration of scientific and educational complex during the second half of the twentieth century in the largest and most developed Scandinavian country – Sweden, and also in historically closely related to it Finland. Largely due to the availability of effective education and research institutions, these countries still occupy a high position in the field of modern wide-profile scientific research.

Key words: Sweden, Finland, scientifically-educational complex.

Dolgomer A., Osipov D. Humanitarian Approach to Technical Education. – PP. 582–586.

Liberal education in technical university is a constituent part of both cultural education and professional training. Humanities are the basis that creates a professional identity. Humanitarian approach to technical education ensures personality development of a trainee specialist. The article presents the main tendencies of humanitarization development, the place and the role of the humanitarization in the education.

Key words: humanitarization, education.

Zobova M., Rodukov A. Voluntability and Charity in Russia: Infocommunication Resources. – PP. 587–594.

The spiritual and moral sources of voluntariness and charity are substantially reinforced in the modern world by the growth of the capabilities of the world's media and communications (Internet, mobile communications, television, social advertising, Skype, "Contact", etc.). The historical development of charity resources is considered in the article. Charity is presented as one of the actual criteria of the selfless responsible activity of people which contains its own reward. There is a synergistic regularity in changing phases of growth and decline in charity and volunteerism during the public history.

Key words: volunteering, charity, voluntariness, paternalism, infocommunication, mass media, freedom, responsibility, charity resources.

Izmozik V., Trukhanovich E. Information technologies in Soviet intelligence operations in Western Europe in the end of 1930. – PP. 594–598.

Article is dedicated to information technologies problem of Soviet intelligence operations in Western Europe in the end of 1930. This work shows some historical events, that illustrate shortage of transmitters for connection with Moscow on the eve of Second World War.

Key words: information technologies, Soviet intelligence, Kent, Gurevich A. M., red orchestra, the second world war.

Komissarova T., Moseev V. Russian Post Service: its Way from Agrarian to Information Society. – PP. 599–604.

This work suggests some prerequisite of originating and developing post service as the first form of communication in the world civilization history. The relationship between the society development stages and the peculiarities of Russian post service evolution is shown. The circumstances that resulted in crises in the post service and the ways of overcoming them are considered. It is justified that the role of post service as an important element of social infrastructure of modern society is to be maintained.

Key words: agrarian, industrial, information stages, post service evolution, innovations.

Lashin Yu., Moseev V., Cherenkov V. Participation of the Friends Society of Radio (Odr) and Other Voluntary Societies in Military Training of Youth (1927–1941). – PP. 604–610.

Some areas of youth training in voluntary societies such as Osoviakhim, SDT, Avtodor, ROKK are considered, in order to train military personnel and specialists for the Red Army. Different areas of activity of voluntary societies are considered. The wide scope of the work was achieved by involving young people at work and residence (military training centers, red corners, various circles, libraries, defense houses, library rooms, etc.).

Key words: defense of the country, military training of youth, military-patriotic education, voluntary societies.

Malchenkova A. Deviant Behavior of Underage Teenagers in the Context of the Social Educator's World View. – PP. 610–615.

This article is devoted to the problem of offenses and crimes committed by minors in educational institutions in the context of the social educators' world outlook. The used data of sociological research in the surveyed set of social educators of educational institutions of St. Petersburg, which was conducted in November, 2016.

Key words: a crime, offense, socialization, world view, social norm.

Manyakhina M. Religious Life in the Soviet and Post-Soviet Period. – PP. 615–621.

The article examines the problem of the activity of religious organizations in the Soviet and post-Soviet periods – from secularization to religious revival.

Key words: secularism, Russian Orthodox Church, Buddhism, neo-Buddhism, shamanism, Islam, religious revival.

Makhonina I. Business English as a Lingua Franca (BELF) is a Key to Effective Global Business Communication. – PP. 622–626.

In the globalizing world of strong competition English is a basic verbal way of international business communication. Business English as a lingua-franca (BELF) adapted to modern conditions and requirements of the business world is being used more and more effectively. The article deals with the distinctive features of BELF, advantages and problems of BELF implementation and usage in global companies, and its role in effective business communication.

Key words: Business English as a lingua franca (BELF), cross-cultural communication, English for special purposes (ESP), multilingual competence, multicultural competence, company language policy, BELF competence.

Ovchinnikova E. On the Importance of History and Culturology in Comprehension of the Past, Understanding the Present and Predicting the Future. – PP. 627–629.

The article is devoted to the importance of studying history and cultural studies in understanding the past, understanding the present and forecasting the future. The opinion of I. Herder, O. Spengler that the main content of history is culture is given. Attention is drawn to the fact that in order to establish an objective picture of the past, understanding the present and forecasting the future, it is necessary to use a wide range of not only the most diverse sources, but also methods of both historical and cultural knowledge, in particular, a synergetic approach to the cultural and historical process of M. S. Kagan.

Key words: history, culturology, comprehension of the past, understanding of the present, forecasting the future, the Marxist method, reasons, lessons of October 1917, synergetic approach.

Seliverstov V. Historical and Philosophical Parallels of the Ancient and Modern images of the Universe. – PP. 630–633.

The history of philosophy and the history of European science contribute not only to knowing when the first time any method of scientific research was formulated and what their next path was.

In general, the conversation about the essence of scientific research is inextricably linked with the nature of thought itself. The antithesis of thinking and being eventually reduces to unity, but with a different factual set of what will be called "ens". Such a meaning had in the history of science the phrase of Parmenides "to think and to be – one", as well as the attributed to Thales "wisdom in knowing everything as one". In ancient, the philosopher designed the object of scientific knowledge with pure speculation, not particularly relying on the empirical basis of the household level. The principles of constructing a modern images of the Universe are just as far from everyday primitive materialistic consciousness and require a certain mathematical and philosophical preparation of perception from a person.

Key words: history of philosophy, history of science, ancient and modern images of the Universe.

Serebriakova S. Temporal Deixis in the Digital Story “Glimmer” by A. Campbell. – PP. 634–638.

Though digital storytelling has been studied for 30 years, there remain many aspects which have yet to be researched. This paper aims to discover how temporal deixis in a narrative influences the perception of the story as a whole. Analysis of tenses that are used to express temporal deixis suggests that changing the tense allows the introduction of a character's recollections in order to intertwine them with the character's current position in time.

Key words: digital storytelling, interactive fiction, multimedia, temporal deixis, recollection.

Sokolova A. Arctic Policy of Denmark in the Modern Period. – PP. 638–642.

The article is devoted to the actual strategy of Denmark in the Arctic region. The paper studies potential of polar territories in connection with global warming and ice melting. It contains

review over the relevant international agreements, description of the existing territorial conflicts.

Key words: Arctic region, Arctic strategy, Arctic countries, the law of the sea, global warming.

Sokolova Yu. Teaching Writing in a Foreign Language with the Use of ICTs. – PP. 642–645.
The article is devoted to teaching writing to university students on the example of a written exercise which involves working with the text in English posted on the Internet. Some difficulties that hamper the quality of fulfilment of similar written exercises are indicated, as well as ways of overcoming them are described. The educational potential of English in frames of some topics of the social sphere and the sphere of education and labor is considered.

Key words: teaching writing in English, teaching with the use of ICTs, formation of strong-willed personality qualities.

Syrovatskaya E. Engineering ICT Discourse as a Fundamental for Didactic Units Selection in Teaching Foreign Languages for Professional Purposes. – PP. 646–649.

The article considers the problem of didactic units selection necessary for teaching foreign languages in groups of future ICT engineers. Information about typical communication forms between participants of the ICT discourse helps form the competency in teaching foreign languages for professional purposes.

Key words: engineering discourse, communicative aspect of discourse, competence, professional communicative skills, communication channels.

Terentev V., Terenteva E. 839-th Separate Signal Battalion in the Battles for Holm. February-April 1942. – PP. 650–654.

The article depicts a short but important period of the history of one of the Soviet units during the Great Patriotic War – of the 839-th separate signal battalion of the 391-st infantry division. In early 1942 the famous Battle for Holm broke out. In the course of that battle the Soviet troops surrounded and for a long time blocked the German garrison in Holm on the river Lovat. The article outlines the contribution of the military signalers to the combat action of the Soviet troops. The advantages and disadvantages of equipment, structure and training of the battalion are analyzed for the first time in the historical science.

Key words: signal troops, 839-th separate signal battalion, 391-st rifle division, Holm, Great Patriotic War.

Fedorova O. About the Role of Information and Educational Environment in the Foreign Language Learning of Technical University Students. – PP. 655–659.

This article is devoted to significance of information and educational environment in professionally oriented foreign language education. In the publication the contents of the term «Open Educational Modular Multimedia System» in relation to language education are defined. The author presents the electronic means classification of foreign language teaching.

Key words: information and educational environment, professionally oriented foreign language education, Open Educational Modular Multimedia System, the electronic means classification.

Chernov S. On the Concept of Synchronicity. – PP. 659–664.

A brief analysis of discussions on the concepts of time and synchronicity in the history of philosophy, Newton's physics, Kant's "analogies of experience", Einstein's relativity theory, and the quantum mechanics. Kant's theory of space and time remains urgency as a result of "return" of time's and consciousness' problems in scientific theories which combine the relativity theory, the quantum mechanics, the nonlocality principles, global time and the absolute definition of synchronicity.

Key words: the time aporia, synchronicity, relativity, locality, Kant, Einstein, the quantum cosmology.

Shcherbina N., Yakovlev O. National Minorities' Mass Media in European Union Countries. – PP. 664–668.

According to data of Federal Union of European Nationalities (FUEN) in European Union along with 24 official languages there are more than 60 regional and minority languages. Their total number of speakers is estimated at 40 million citizens. This article is devoted to the implementation of the art. 11 of the European Charter for Regional and Minority Languages on the media, which is one of the instruments for the protection, preservation and development of the linguistic diversity of European countries.

Key words: national minorities, European Charter for Regional and Minority Languages, mass media.

АВТОРЫ СТАТЕЙ

ILIEV Tsvetan PhD, Associate Professor University of agribusiness and rural development –Plovdiv, Bulgaria, ts.iliev@gmail.com

STOYANOVA Natalya Mihova assoc. prof. PHD at University of Agribusiness and Rural Development / Plovdiv, Bulgaria, lecturer of : Management of Human resources, Agro business Management, Marketing, natally_1971@abv.bg

АКИШИН Андрей Владимирович адъюнкт Военной академии связи имени С. М. Буденного, akishin1977@mail.ru

АЛАШЕЕВ Вадим Викторович кандидат технических наук, докторант Военной академии связи имени С. М. Буденного, alvdmv@mail.ru

АЛЕКСЕЕВ Алексей Георгиевич кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, cathseugut@gmail.com, aleksei.al3kseev@yandex.ru

АЛЬ-АМЕРИ Хамед Абдо аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, hamedru2008@gmail.com

АЛЬ-ОДХАРИ Абдулвахаб Хуссейн аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, abdwr2011@yandex.ru

АЛЬ-ОСАИМИ Халид Абдулла Мухаммед аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alosaimi@mail.ru

АНДРИЯНОВА-КАЧЕИШВИЛИ Лиана Тамазиевна старший преподаватель кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, K.liana78@gmail.com

**АНТИПИН
Борис Маврович** кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, boris_antipin@mail.ru

**АРЗУМАНЯН
Юрий Вазгенович** кандидат технических наук, доцент кафедры бизнес информатики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, arz@fem.sut.ru

**АРТЕМЬЕВ
Василий Викторович** кандидат технических наук, генеральный директор Инженерного центра ТЕХНОКОН,
vas-artemiev@yandex.ru

**АХМЕТОВ
Роберт Раилевич** магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, robertakhmetov@bk.ru

**БЕЛОВА
Елизавета Васильевна** кандидат психологических наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, limax3@yandex.ru

**БЕЛОВА
Евгения Николаевна** старший преподаватель кафедры иностранных и русского языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
evgenia.belova@bath.edu

**БЕЛЯЕВ
Михаил Владимирович** инженер сектора беспроводных сенсорных сетей ОАО «Авангард», магистрант Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина),
miha7lych@mail.ru

**БЕЛЯЕВА
Наталия Николаевна** кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
n.belyaeva@inbox.ru

**БЕЛЯНИНА
Наталья Николаевна** кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
nn-bel@yandex.ru

- БЕССОЛЬЦЕВ**
Сергей Алексеевич
оператор научной роты Военной академии связи
им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
serg.bess@mail.ru
- БИГИЛЬДИН**
Ильдар Мансурович
оператор научной роты № 7 Военной академии связи
им. С. М. Буденного, bigildin93@mail.ru
- БОГДАНОВА**
Ирина Феликовна
кандидат социологических наук, доцент, заведующая
кафедрой информационных технологий Института
подготовки научных кадров НАН Беларуси,
nf_80@mail.ru
- БОГДАНОВА**
Нина Феликовна
доцент кафедры информационных технологий
Института подготовки научных кадров НАН Беларуси,
nf_80@mail.ru
- БОГОЛЕПОВ**
Григорий Сергеевич
заместитель начальника НИО-4 НИЦ Военной академии
связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
bogolepov@inbox.ru
- БОЛГОВ**
Радомир Викторович
кандидат политических наук, доцент кафедры мировой
политики Санкт-Петербургского государственного
университета, r.bolgov@spbu.ru
- БОРИСОВ**
Евгений Геннадьевич
доктор технических наук, профессор кафедры
радиосистем и обработки сигналов Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
begspb1967@mail.ru
- БОРОБОВ**
Антон Андреевич
адъюнкт ИВО Военной академии связи им. Маршала
Советского Союза С. М. Буденного,
antonborobov@yandex.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
- БУЛАТОВА**
Ирина Александровна
аспирант кафедры электроники и схемотехники
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
usatova_ia@mail.ru
- БУЛЯКУЛОВ**
Рифкат Рафикович
аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
alien109@mail.ru

**БУХИННИК
Александр Юрьевич**

кандидат технических наук, начальник НИЛ
Опорных сетей связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
bhnnk@mail.ru

**БУЧАТСКИЙ
Александр Николаевич**

кандидат технических наук, доцент кафедры
телеизделия и метрологии Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
alexanderbuchatsky@yandex.ru

**ВАСИЛЬЕВА
Вера Сергеевна**

магистрант кафедры проектирования и безопасности
компьютерных систем Санкт-Петербургского
национального исследовательского университета
информационных технологий, механики и оптики,
selfish_77@mail.ru

**ВАСИН
Антон Сергеевич**

студент группы РМ-42 Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
antoshca-vasin@yandex.ru

**ВИНОГРАДОВ
Евгений Михайлович**

кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник научно-исследовательской лаборатории
радиоконтроля и электромагнитной совместимости
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vin@irga.sut.ru

**ВИНОГРАДОВ
Петр Юрьевич**

кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи
и вещания Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, power@sut.ru

**ВОЛКОВ
Владимир Юрьевич**

доктор технических наук, профессор кафедры
радиосистем и обработки сигналов Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vladimi-volkov@yandex.ru

**ВОЛКОВ
Роман Эрнестович**

магистрант кафедры конструирования и производства
радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
romawolf@yandex.ru

- ВОЛОКОБИНСКИЙ**
Евгений Михайлович
аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
voloknatal@mail.ru
- ВОЛОКОБИНСКИЙ**
Михаил Юрьевич
доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой «Математика и бизнес-информатика» Санкт-
Петербургского филиала Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации,
MYVolokobinskij@fa.ru
- ВОЛЬФСОН**
Михаил Борисович
кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес
информатики Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, wolfson75@gmail.com
- 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
- ГАЛИЕВА**
Татьяна Ринатовна
старший преподаватель кафедры иностранных
и русского языков Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, gtanyar@mail.ru
- ГАТЧИН**
Юрий Арменакович
доктор технических наук, профессор кафедры
проектирования и безопасности компьютерных систем
Санкт-Петербургского национального
исследовательского университета информационных
технологий, механики и оптики,
gatchin@mail.ifmo.ru
- ГЕНЧЕВА**
Алёна Валерьевна
студентка группы ИСТ-721 Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
alyona_gen@mail.ru
- ГЕРШЕНКОП**
Дмитрий Игоревич
магистрант кафедры электроники и схемотехники
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
dmitriy2109@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
- ГЛАЗКОВ**
Роман Викторович
аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, roman.v.glazkov@ya.ru
- ГОГОЛЬ**
Александр Александрович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой телевидения и метрологии, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, al.gogol@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
- ГОЛУБЕВ**
Валерий Михайлович
кандидат технических наук, главный научный сотрудник отдела перспективных исследований и разработок ОАО «НТИ «Радиосвязь», aleks-gol1311@yandex.ru
- ГОЛУБЕВА**
Алла Владимировна
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kasik07@yandex.ru
- ГОЛЬДШТЕЙН**
Александр Борисович
кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, agold@niits.ru
- ГОРОБЦОВ**
Илья Александрович
инженер кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, iliya_gorobtsov@mail.ru
- ГОРШКОВ**
Павел Андреевич
оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, pavel_pg@rambler.ru

- ГРАЧЁВ**
Владимир Олегович инженер-исследователь НИЛ Радиоконтроля и ЭМС
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vladimir.o.grachev@yandex.ru
- ГРУЗДЕВА**
Надежда Андреевна магистрант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
nadya-gruzdeva@yandex.ru
- ГУРЕВИЧ**
Виктор Элизарович кандидат технических наук, профессор кафедры
радиосистем и обработки сигналов Санкт-
Петербургского университета телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
gurvic23@mail.ru
- ГУРЬЯНОВ**
Сергей Сергеевич оператор научной роты Военной академии связи
им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного,
sergury@yandex.ru
- ГУРЯЕВА**
Антонина Сергеевна студентка Санкт-Петербургского государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-
Бруевича, tonya.guryaeva@mail.ru
- ДАВЫДОВ**
Вадим Владимирович кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
фотоники и линий связи Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
davydov_vadim66@mail.ru
- ДЕВЛИШОВ**
Александр Григорьевич генеральный директор ООО «КоммИнформ»,
ceo@comminform.ru
- ДЕМИДЕНКО**
Евгений Викторович студент группы РК-41 Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
evgenii_demidenko@mail.ru
- ДЕМИЧЕВ**
Алексей Владимирович оператор научной роты Военной академии связи
им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
alexdemichev@yandex.ru
- 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

**ДИМИТРОВА
Павлина Петкова** доктор по экономике, доцент кафедры бухгалтерского учета Высшей школы агробизнеса и развития регионов, Пловдив, Болгария, pdimitrova@uard.bg

**ДОЛГОМЕР
Ася Андреевна** студентка группы ИКТВ-52 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Dolgomer@mail.ru

**ДРЕМУХ
Михаил Сергеевич** ведущий инженер ОАО «Концерн «Океанприбор», kupriyanov_mfp@mail.ru

**ДУДКИН
Валентин Иванович** доктор физико-математических наук, профессор кафедры фотоники и линий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vidoodkin@mail.ru

**ДУКЕЛЬСКИЙ
Константин
Владимирович** кандидат технических наук, доцент кафедры, проректор по научной работе Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vicerector.sc@sut.ru

**ДУНАЕВА
Юлия Генриховна** кандидат исторических наук, старший преподаватель кафедры мировой политики Санкт-Петербургского государственного университета, j.dunaeva@spbu.ru

**ДУТЛОВА
Екатерина Валерьевна** аспирант кафедры экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, akad.makarov@mail.ru

**ЕВСТАФЬЕВА
Янина Владимировна** аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, highwaye18@gmail.com

**ЕГОРОВ
Станислав Геннадьевич** ассистент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sgegorov@gmail.com

**ЕГОРОВА
Марина Александровна** кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, egorova-mak@yandex.ru

ЕРГАНЖИЕВ
Николай Аркадьевич

кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ergan@list.ru

ЕРШОВ
Александр Владимирович

начальник НИО-5 НИЦ Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, aerchov@mail.ru

ЖДАНКИН
Владислав Николаевич

студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zhdankinvladislav@rambler.ru

ЗАЙЦЕВА
Зинаида Викторовна

кандидат технических наук, доцент кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zaitch13@yandex.ru

ЗАХАРОВ
Ариан Арианович

кандидат технических наук, доцент кафедры бизнес информатики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, za54ar@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

ЗУБИЦКИЙ
Павел Сергеевич

оператор научной роты Военной академии связи им. С. М. Буденного, futileresistance@yandex.ru

ИГНАТЬЕВ
Вячеслав Михайлович

адъюнкт Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного, Slava.ign.85@mail.ru

ИЗМОЗИК
Владлен Семенович

доктор исторических, профессор кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, izmozik@mail.ru

ИЛЬИЧЕВ
Святослав Игоревич

инженер ПАО «Интелтех»,
svyatoslav.cv@gmail.com

ИСУПОВА
Екатерина Анатольевна

старший преподаватель кафедры автоматизации предприятий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
kat_isupova@list.ru

КАБАРДОВ
Муаед Мусович
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
kabardov@bk.ru

КАНАЕВ
Роман Евгеньевич
инженер Инженерного центра ТЕХНОКОН,
romanych.kanaev@mail.ru

КАПРАЛОВ
Дмитрий Дмитриевич
аспирант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
dmitry_kapralov@mail.ru

КАРАСИК
Наталья Яковлевна
специалист по учебно-методической работе кафедры физической культуры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
n_karasik@mail.ru

КАТАСОНОВА
Галия Рузитовна
кандидат технических наук, доцент кафедры бизнес-информатики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1366galia@mail.ru

КАЦЫ
Дмитрий Васильевич
кандидат политических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
dmitrikatsy@mail.ru

КАЯТКИН
Владимир Николаевич
аспирант кафедры радиотехнических систем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения,
volodya.kin@gmail.com

КВАША
Надежда Владимировна
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
nadia_kvasha@rambler.ru

КИРЕЕВ
Артем Валерьевич
аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
kireyev@list.ru

- КИРИК**
Дмитрий Игоревич кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоэлектронных средств, декана факультета Радиотехнологий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, d_i_kirik@mail.ru
- КОВАЛЕВА**
Татьяна Юрьевна кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производство радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, tankrивous@yandex.ru
- КОЛГАТИН**
Сергей Николаевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kolgatin@spbgut.ru
- КОМИССАРОВА**
Татьяна Сергеевна кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, komissar_ts@mail.ru
- КОНДРАШОВА**
Мария Александровна магистрант группы ФП-71м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, m.kondrashova2010@yandex.ru
- КОТОВ**
Виктор Иванович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kotov-vi@yandex.ru
- КРАМИН**
Алексей Петрович старший оператор научной роты Военной академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного, kramin.alexey@gmail.com
- 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 студент группы ФП-71м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, skuzenov@ya.ru

КУЗИН
Павел Игоревич преподаватель кафедры Военной академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
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
Сергей Павлович аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kulikovsp.rtrn@yandex.ru

КУПРИЯНОВ
Алексей Анатольевич ведущий инженер ОАО «Концерн «Океанприбор»,
kupriyanov_mfp@mail.ru

ЛАЗАРЕВ
Виталий Олегович аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, laviol.94@gmail.com

ЛАШИН
Юрий Фёдорович начальник цикла – старший преподаватель военной кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, y lashin@yandex.ru

ЛЕБЕДЕВ
Лев Сергеевич магистрант группы ФП-71м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, LIONjh@yandex.ru

ЛИКОНЦЕВ
Алексей Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Likontsev-rts@mail.ru

ЛИПАТНИКОВ
Валерий Алексеевич доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник НИЦ Военной академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
lipatnikovanl@mail.ru

**ЛОБАНОВА
Анна Витальевна**

инженер-физик ООО «Софт-Импакт»,
fedorova.oa21@gmail.com

**ЛОГВИНОВА
Нина Константиновна**

кандидат технических наук, доцент кафедры теории электрических цепей и связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, logvinova.nk@yandex.ru

**ЛУЖКОВСКАЯ
Вероника Альгирдовна**

магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Luzhkovskaia_V.A@mail.ru

**ЛУКЬЯНОВ
Николай Олегович**

преподаватель ИВО Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного, LukyanovNO@yandex.ru

**ЛУПЕХИН
Сергей Матвеевич**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sml50@mail.ru

**ЛЫПАРЬ
Иван Юрьевич**

магистрант группы ФП-61м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lypar1995@gmail.com

**МАДАМИНОВ
Хайдар Худаярович**

старший преподаватель, кафедры технологии мобильной связи Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада аль-Хоразмий, h.madaminov1978@gmail.com

**МАКАРОВ
Владимир Васильевич**

доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, akad.makarov@mail.ru

**МАКАРОВ
Леонид Михайлович**

кандидат технических наук, профессор кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, elfbio@gmail.com

**МАКАРОВА
Мария Валентиновна**

кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, makarovammatem@rambler.ru

- МАКСИМОВ
Алексей Павлович** аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
apmaksimov@gmail.com
- МАЛЬЧЕНКОВА
Анна Евгеньевна** кандидат социальных наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, palzu73@gmail.com
- МАНЯХИНА
Марина Ревовна** доктор культурологии, профессор кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
manyachina@mail.ru
- МАРТИРОСОВА
Наталья Рэмовна** инженер-исследователь НИЛ Радиоконтроля и электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
martyra@irga.sut.ru
- МАХОНИНА
Ирина Николаевна** старший преподаватель кафедры иностранных и русского языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, irmakhnina@mail.ru
- МЕШАЛКИН
Валентин Андреевич** кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, Meshalkin.Valentin@mail.ru
- МЕШКОВ
Александр Владимирович** кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
Aleksander-v-meshkov@yandex.ru
- МИЛЮТИН
Евгений Рафаилович** доктор технических наук, профессор кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
skuzenov@ya.ru
- МИНЛИН
Дмитрий Эрикович** оператор научной роты Военной академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
mde92@bk.ru

- МИТЛАШ**
Александр Николаевич старший оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
renq3x@gmail.com
- 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
- МОСКАЛЕНКО**
Николай Александрович оператор научной роты военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
ice11.11@mail.ru
- МОЧАЛКИН**
Никита Сергеевич магистрант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
nikitaser94@gmail.com
- НИКИТИН**
Юрий Александрович кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
yuriyan@list.ru
- НУШТАЕВ**
Ефим Сергеевич оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
efnushtaev@gmail.com
- ОВЧИННИКОВА**
Елена Григорьевна кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
egovc@mail.ru
- ОРЛЯНСКАЯ**
Юлия Борисовна студентка Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
tankrивous@yandex.ru
- ОСАДЧЕНКО**
Алексей Юрьевич оператор научной роты Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
sun72_69@mail.ru
- ОСИНКИН**
Дмитрий Александрович оператор научной роты военной академии связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
dm.osinkin@gmail.com

ОСИПОВ
Денис Леонидович
кандидат педагогических наук, преподаватель
учебного военного центра Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
os.denis2018@yandex.ru

ПАВЛЕНКО
Антон Витальевич
оператор научной роты Военной академии связи
им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
mtransver@yandex.ru

ПАШКЕВИЧ
Василий Дмитриевич
заместитель начальника отдела перспективных
исследований и разработок ОАО «НТИ «Радиосвязь»,
pashkevich_vd@ntiradio.ru

ПЕКАРСКАЯ
Ольга Анатольевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры
«Математика и бизнес-информатика» Санкт-
Петербургского филиала Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации,
pekarskaya.olga@mail.ru

ПОДДУБНЫЙ
Сергей Сергеевич
кандидат технических наук, доцент кафедры
радиосистем и обработки сигналов Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
poddubnyy_47@mail.ru

ПОЛЬЩИКОВ
Кирилл Андреевич
магистрант кафедры телевидения и метрологии Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
leverin235@yandex.ru

ПОЛЯНСКИЙ
Владимир Александрович
доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой высшей математики Санкт-Петербургского
государственного университета гражданской авиации,
professor44@bk.ru

ПОНАМАРЕВ
Николай Владимирович
начальник отдела Санкт-Петербургского предприятия
Специализированное конструкторское бюро «Энергия»,
n.ponamarev@gmail.com

ПРАСОЛОВ
Александр Александрович
старший преподаватель кафедры радиосвязи и вещания
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
prasolov.alex@gmail.com

ПРОТАСЕНЯ

Сергей Витальевич

кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, saitvodabur@yandex.ru

РАДЮК

Максим Анатольевич

старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, workbonch@gmail.com

РАЖЕВА

Анастасия Олеговна

студентка группы ИКТС-63м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, anastasiya.razheva@kaspersky.com

РАКОВА

Ксения Александровна

магистрант факультета Фундаментальной подготовки Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, rakova_2@mail.ru

РЕЗАНОВА

Виктория Сергеевна

аспирант кафедры экономики и финансов Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, victoria.rezanova@gmail.com

РОГОЗИНСКИЙ

Глеб Генрихович

кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания 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 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, a.rodukov@yandex.ru

РУСИН

Сергей Васильевич

кандидат технических наук; заместитель начальника отдела 1051, НТЦ-1, ПАО «Интелтех», s.rusin@ntc1.inteltech.ru

РЫБАКОВ

Алексей Игоревич

ведущий инженер отдела автоматизации и защиты информации АО НПП «Авиационная и морская электроника», аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, lexeus.r1@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

**САПОГОВСКАЯ
Алина Геннадьевна**

магистрант кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного политехнического университета,
alina.sapogovskaya@yandex.ru

**СВИРИДОВ
Василий Александрович**

студент группы ФП-61м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
basiluzumaki@ya.ru

**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

**СЕЛИВЕРСТОВ
Лев Александрович**

магистрант группы ФП-61м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
levaseliverstov@bk.ru

**СЕРГУШЕВ
Алексей Геннадьевич**

кандидат технических наук, начальник сектора беспроводных сенсорных сетей ОАО «Авангард»,
alextel2015@yandex.ru

**СЕРЕБРЯКОВА
Светлана Георгиевна**

кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков гуманитарного факультета Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
c_ssg@bk.ru

- СИМОНИНА**
Анна Александровна
старший преподаватель кафедры управления и
моделирования в социально-экономических системах
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
Ann-simonina@yandex.ru
- СИНЕОКОВ**
Павел Иванович
аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
pashasineokov@gmail.com
- СКОРИНОВ**
Максим Юрьевич
аспирант кафедры инфокоммуникационных систем
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
skorinov@iks.sut.ru
- СМИРНОВ**
Александр Дмитриевич
аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
woljin1@mail.ru
- СМИРНОВ**
Кирилл Станиславович
старший оператор научной роты Военной академии
связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
kirillsmirnovtusur@gmail.com
- СОЗИНОВА**
Мария Владимировна
аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
sim-maria@mail.ru
- СОКОЛОВА**
Алёна Васильевна
ассистент кафедры истории и регионоведения
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
alena.sokolowa@mail.ru
- СОКОЛОВА**
Юлия Михайловна
старший преподаватель кафедры иностранных языков
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
аспирант кафедры современных европейских языков
Российского государственного педагогического
университета им. А. И. Герцена,
sokolovaum@yandex.ru
- СОСУНОВ**
Борис Васильевич
доктор технических наук профессор, профессор
кафедры ИВО Военной академии связи им. Маршала
Советского Союза С. М. Буденного,
bsosunov@gmail.com

СОТНИКОВ Александр Дмитриевич	доктор технических наук, профессор, декан факультета цифровой экономики, управления и бизнес-информатики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, adsotnikov@mail.ru
СПИРИН Александр Дмитриевич	инженер-исследователь научно-исследовательской лаборатории радиоконтроля и электромагнитной совместимости Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, sad@irga.sut.ru
СТАРОДУБЦЕВ Петр Юрьевич	адъюнкт Академии Федеральной службы охраны Российской Федерации, petrstarodubtsev@gmail.com
СТЕПАНЕЦ Ирина Валерьевна	менеджер проектов мобильной связи, Deutsche Telekom Technik GmbH, stepanets.irina@gmail.com
СТЕПАНОВ Андрей Борисович	кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dsp.sut@yandex.ru
СТЕПУТИН Антон Николаевич	кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, руководитель проекта 1234G.ru, председатель Оргкомитета Международного съезда TELECOMTREND «Технологии мобильной и беспроводной связи. Тренды и перспективы», steputin@1234G.ru
СТРИГИНА Елена Владимировна	доцент кафедры бизнес-информатики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Elena_strigina@mail.ru
СУНГАТУЛЛИН Эльдар Нурисламович	аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sungeldar@mail.ru
СЫРОВАТСКАЯ Елена Фёдоровна	кандидат филологических наук, заведующая кафедрой иностранных и русского языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, elesyro55@gmail.com

**ТАРАСИК
Елизавета Эдуардовна**

магистрант группы ФП-71м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
elizaveta.tarasik@yandex.ru

**ТАТАРЕНКОВ
Дмитрий Александрович**

главный специалист НОЦ «Медиацентр» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
duferob@gmail.com

**ТАЩИЯН
Григорий Михайлович**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, grigorii@rbcmail.ru

**ТЕРЕНТЬЕВ
Вячеслав Олегович**

кандидат исторических наук, заведующий музеем Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, terehv@mail.ru

**ТЕРЕНТЬЕВА
Екатерина Анатольевна**

кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, e.a.terenteva@bk.ru

**ТИМЧЕНКО
Владимир Иванович**

кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
timchen@mail.ru

**ТРУХАНОВИЧ
Екатерина Владимировна**

магистрант кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
mskatrin@yandex.ru

**ТУРОВ
Алексей Валентинович**

технический директор ООО «КоммИнформ»
Ceto@comminform.ru

**УКРАИНСКИЙ
Олег Владимирович**

кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
oleg.ukrainskiy@gmail.com

**УСТИМЕНКО
Вячеслав Михайлович**

кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ustimenko38@yandex.ru

- ФАДЕЕВ**
Александр Альфонсович
кандидат технических наук, доцент кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dfadeev@sut.ru
- ФЕДОРОВ**
Сергей Леонидович
кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sergf7@mail.ru
- ФЕДОРОВА**
Ольга Алексеевна
магистрант кафедры физики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
fedorova.oa21@gmail.com
- 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
- ФИЛИН**
Владимир Алексеевич
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры 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
- ХМЕЛЬНИЦКАЯ**
Ксения Андреевна
аспирант кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
hmelnickaya@mail.ru
- ЧЕРЕНКОВ**
Виктор Егорович
кандидат педагогических наук, доцент военной кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
cherenkovve@mail.ru
- ЧЕРНИКОВ**
Дмитрий Юрьевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникации» Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, cto@comminform.ru

- ЧЕРНОВ**
Игорь Вячеславович кандидат политических наук, доцент кафедры мировой политики Санкт-Петербургского государственного университета, i.chernov@spbu.ru
- ЧЕРНОВ**
Игорь Николаевич старший преподаватель кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, full41@bk.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
- ЧУРКОВ**
Валерий Викторович старший оператор научной роты Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, v_v_churkov1994_06_01@rambler.ru
- ШАРИКОВА**
Мария Игоревна аспирант кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sharikova.mi@mail.ru
- ШАРКОВА**
Наталия Михайловна старший преподаватель кафедры высшей математики и математической физики Санкт-Петербургского государственного университета, n.sharkova@spbu.ru
- ШМАТКОВА**
Любовь Павловна независимый исследователь. Выпускница аспирантуры Московского государственного института международных отношений (Университета) МИД России, shmatkowa.liubow@yandex.ru
- ШУВАЛОВ**
Дмитрий Владимирович аспирант кафедры радиосвязи и вещания Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dmitryshuvalov@mail.ru
- ШУТМАН**
Денис Валерьевич кандидат политических наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, denis_sh2@mail.ru
- ЩЕРБАКОВ**
Игорь Борисович кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента инфокоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, sib8@yandex.ru

ЩЕРБАТЫЙ
Павел Евгеньевич инженер-исследователь НИЛ Опорных сетей связи
Санкт-Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
spdli@sut.ru

ЩЕРБИНА
Надежда Вадимовна магистрант кафедры истории и регионоведения Санкт-
Петербургского государственного университета
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
scherbina-94@list.ru

ЮРОВА
Валентина Александровна кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
электроники и схемотехники Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, va-yurova@mail.ru

ЯКОВЛЕВ
Андрей Кириллович младший научный сотрудник научно-
исследовательского центра Военной академии связи
имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного,
Andrew_rmc@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

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Iliev T. **461**
Stoyanova N. M. **535**
Акишин А. В. **4**
Алашеев В. В. **4**
Алексеев А. Г. **327, 332, 337**
Аль-Амери Х. А. **9**
Аль-Одхари А. Х. **15**
Аль-Осами Х. А. М. **19**
Андрянова-Качеишвили Л. Т. **541**
Антипин Б. М. **24**
Арзуманян Ю. В. **465**
Артемьев В. В. **341**
Ахметов Р. Р. **347**
Белова Е. В. **545**
Белова Е. Н. **550**
Беляев М. В. **28**
Беляева Н. Н. **34**
Белянина Н. Н. **469, 473**
Бессольцев С. А. **37**
Бигильдин И. М. **43**
Богданова И. Ф. **553**
Богданова Н. Ф. **553**
Боголепов Г. С. **46**
Болгов Р. В. **525**
Борисов Е. Г. **49**
Боробов А. А. **54**
Бочаров Е. И. **352, 356**
Булатова И. А. **347**
Булякулов Р. Р. **59**
Бухинник А. Ю. **360**
Бучатский А. Н. **64**
Васильева В. С. **341**
Васин А. С. **69**
Виноградов Е. М. **73**
Виноградов П. Ю. **79, 83**
Волков В. Ю. **59, 86**
Волков Р. Э. **92**
Волокобинский Е. М. **96**
Волокобинский М. Ю. **558**
Вольфсон М. Б. **465, 479**
Воронов И. И. **562**
Вязьмин А. Ю. **567**
Галиева Т. Р. **570**
Гатчин Ю. А. **341**
Генчева А. В. **562**
Гершенкоп Д. И. **364**
Гехт А. Б. **576**
Глазков Р. В. **100**
Гоголь А. А. **105**
Голод О. С. **49, 108**
Голубев В. М. **112**
Голубева А. В. **469, 473**
Гольдштейн А. Б. **484**
Горобцов И. А. **117**
Горшков П. А. **122, 369**
Грачёв В. О. **24**
Груздева Н. А. **19**
Гуревич В. Э. **126**
Гурьянов С. С. **122, 369**
Гуряева А. С. **131**
Давыдов В. В. **136**
Девлишов А. Г. **139**
Демиденко Е. В. **144**
Демичев А. В. **149**
Дёшина Н. О. **154, 159**
Димитрова П. П. **488**
Долгомер А. А. **582**
Дремух М. С. **360**
Дудкин В. И. **136**
Дукельский К. В. **165**
Дунаева Ю. Г. **525**
Дутлова Е. В. **492**
Евстафьева Я. В. **64**
Егоров С. Г. **49, 126**
Егорова М. А. **495**
Ерганжиев Н. А. **34**
Ершов А. В. **374**
Жданкин В. Н. **170**
Зайцева З. В. **376**
Захаров А. А. **465**
Зобова М. Р. **587**
Зубицкий П. С. **175**
Игнатьев В. М. **178**
Измозик В. С. **594**

- Ильичев С. И. **183**
Исупова Е. А. **188**
Кабардов М. М. **382**
Канаев Р. Е. **341**
Капралов Д. Д. **188**
Карасик Н. Я. **54**
Катасонова Г. Р. **501**
Кацы Д. В. **525, 530**
Каяткин В. Н. **191**
Кваша Н. В. **506**
Киреев А. В. **191**
Кирик Д. И. **117, 131, 188**
Ковалева Т. Ю. **131, 165**
Колгатин С. Н. **323**
Комиссарова Т. С. **599**
Кондрашова М. А. **386**
Котов В. И. **510**
Крамин А. П. **201**
Кубалова А. Р. **154, 159, 391, 397**
Кузенов С. Р. **206**
Кузин П. И. **201, 212**
Кузнецова Е. И. **64, 541**
Кузьмин С. В. **92, 144**
Куликов С. П. **217**
Куприянов А. А. **360**
Лазарев В. О. **221**
Лашин Ю. Ф. **604**
Лебедев Л. С. **402**
Ликонцев А. Н. **226**
Липатников В. А. **201, 212**
Лобанова А. В. **323**
Логвинова Н. К. **376**
Лужковская В. А. **409**
Лукьянов Н. О. **54**
Лупехин С. М. **170**
Лыпарь И. Ю. **414**
Мадаминов Х. Х. **226**
Макаров В. В. **492**
Макаров Л. М. **229, 232**
Макарова М. В. **419**
Максимов А. П. **391, 397**
Мальченкова А. Е. **610**
Маняхина М. Р. **615**
Мартиросова Н. Р. **24**
Махонина И. Н. **622**
Мешалкин В. А. **178**
Мешков А. В. **515**
Милютин Е. Р. **206**
Минлин Д. Э. **235**
Митлаш А. Н. **239**
Мосеев В. И. **553, 599, 604**
Москаленко Н. А. **46**
Мочалкин Н. С. **108**
Никитин Ю. А. **364, 426, 431, 435**
Нуштаев Е. С. **245**
Овчинникова Е. Г. **627**
Орлянская Ю. Б. **165**
Осадченко А. Ю. **250**
Осинкин Д. А. **46**
Осипов Д. Л. **582**
Павленко А. В. **253**
Пашкевич В. Д. **112**
Пекарская О. А. **558**
Поддубный С. С. **191**
Польщиков К. А. **256**
Полянский В. А. **136**
Понамарев Н. В. **259**
Прасолов А. А. **263**
Протасеня С. В. **229, 232**
Радюк М. А. **520**
Ражева А. О. **484**
Ракова К. А. **352**
Резанова В. С. **455, 484**
Рогозинский Г. Г. **64**
Родюков А. Ф. **587**
Русин С. В. **183**
Рыбаков А. И. **269**
Рыжикова Т. А. **154, 159**
Рыжков А. Е. **19, 69**
Сапоговская А. Г. **356**
Свиридов В. А. **441**
Седышев Э. Ю. **347, 352, 356, 386, 402,**
409, 444
Селиверстов В. Л. **630**
Селиверстов Л. А. **327**
Сергушев А. Г. **28**
Серебрякова С. Г. **634**
Симонина А. А. **515**
Синеоков П. И. **105**
Скоринов М. Ю. **455, 484**
Смирнов А. Д. **274**
Смирнов К. С. **239**
Созинова М. В. **86**
Соколова А. В. **638**
Соколова Ю. М. **642**
Сосунов Б. В. **54**

- Сотников А. Д. **465, 501**
Спирин А. Д. **73**
Стародубцев П. Ю. **4**
Степанец И. В. **279**
Степанов А. Б. **284**
Степутин А. Н. **9**
Стригина Е. В. **501**
Сунгатуллин Э. Н. **289**
Сыроватская Е. Ф. **646**
Тарасик Е. Э. **444**
Татаренков Д. А. **295**
Тащиян Г. М. **448**
Терентьев В. О. **650**
Терентьева Е. А. **650**
Тимченко В. И. **300**
Труханович Е. В. **594**
Туров А. В. **139**
Украинский О. В. **256, 259**
Устименко В. М. **289**
Фадеев А. А. **305**
Федоров С. Л. **256**
Федорова О. А. **323**
Федорова О. М. **655**
Филин В. А. **332, 414, 441**
Фокин Г. А. **15, 279, 309, 314**
Хмельницкая К. А. **300**
Черенков В. Е. **604**
Черников Д. Ю. **139**
Чернов И. В. **525**
Чернов И. Н. **300**
Чернов С. А. **659**
Чурков В. В. **374**
Шарикова М. И. **320**
Шаркова Н. М. **382**
Шматкова Л. П. **530**
Шувалов Д. В. **305**
Шутман Д. В. **541**
Щербаков И. Б. **469, 473**
Щербатый П. Е. **360**
Щербина Н. В. **664**
Юрова В. А. **327, 337, 435**
Яковлев А. К. **178**
Яковлев О. А. **664**