

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



# ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы III Всероссийской  
студенческой конференции

*Йошкар-Ола, 21-24 ноября 2017 г.*

## Часть 3 НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ, РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ПРОРЫВНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Йошкар-Ола  
2017

УДК 378:621.3

ББК 74.58

И 62

***Редакционная коллегия:***

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи,  
декан радиотехнического факультета ПГТУ ***А. Н. Дедов***;  
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи, зам. декана  
радиотехнического факультета ПГТУ ***А. В. Зуев*** (отв. за выпуск)  
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехнических  
и медико-биологических систем ПГТУ ***А. О. Евдокимов***

**Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России:** материалы III Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 21-24 ноября 2017 г.): в 8 ч. *Часть 3: Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности.* – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 138 с.

ISBN 978-5-8158-1919-1

ISBN 978-5-8158-1922-1 (Ч. 3)

В рамках Всероссийского студенческого форума «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России» представлены результаты научно-исследовательских работ студентов, магистрантов, аспирантов в области радиотехники и электроники с перспективой их практического использования.

УДК 378:621.3

ББК 74.58

ISBN 978-5-8158-1922-1 (Ч. 3)

ISBN 978-5-8158-1919-1

© Поволжский государственный  
технологический университет, 2017

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Важным направлением развития современной промышленности России являются новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники. Создавая техническое будущее нашей страны, они обеспечивают возможность развития современных технологий.

В данной книге представлены материалы Всероссийской студенческой конференции «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России», состоявшейся 21-24 ноября 2017 года на базе Поволжского государственного технологического университета. В конференции приняли участие студенты, магистранты и аспиранты из вузов Йошкар-Олы, Санкт-Петербурга и Ульяновска.

В сборник вошли наиболее интересные доклады и сообщения, сделанные на секции «Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности», демонстрирующей исследовательские и инновационные возможности научных молодежных групп.

Тематика выступлений актуальна и разнообразна. Она касается важных сфер радиотехники и электроники:

- исследование параметров вибраторных антенн;
- исследование данных ионосферных измерений;
- исследования тонкоплёночных материалов;
- варианты модернизации существующих сетей связи;
- анализ технологий беспроводных сетей;
- исследование в области процесса изготовления печатных плат.

В современных условиях участие молодежи в подобных мероприятиях призвано способствовать решению задач импортозамещения.

УДК 621.396.67

**Алексеев Роман Евгеньевич,**  
направление Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи (магистратура), гр. ЗИТСМ-21

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович,**  
канд. техн. наук, кафедра радиотехники и связи  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН С УДЛИНЁННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ НА ЧЕТЫРЕ ПРОЦЕНТА И УКРОЧЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА ВОСЕМЬ ПРОЦЕНТОВ В ДЛИНАХ ВОЛН ОТНОСИТЕЛЬНО АКТИВНОГО ВИБРАТОРА**

**Цель работы** – выявление конструкций трехэлементных вибраторных антенн с удлинённым рефлектором на четыре процента и уменьшенным директором на восемь процентов в длинах волн относительно активного вибратора, обеспечивающих наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад и наименьший средний уровень  $KCB$  в полосе рабочих частот для конструкций с расстоянием от активного вибратора до рефлектора  $0,2$  длины волны.

### **Решаемые задачи:**

- автоматизация процессов расчета частотно-зависимых параметров антенн в программе *MMANAGALPro*;
- обработка частотно-зависимых массивов и расчет параметров антенн с помощью табличного процессора *MSExcel*;
- анализ полученных результатов.

Вибраторные антенны получили широкое распространение в различных профессиональных устройствах радиосвязи и радиолокации. В процессе разработки антенн требуется обеспечение требуемой полосы рабочих частот для передачи информации без потерь. При выборе конструкции антенны в первую очередь обращают внимание на ее коэффициент усиления и отношение излучения вперед-назад, так как они отвечают за дальность действия и уменьшение влияния на приемную часть радиосистемы.

Ввиду необходимости исследований большого количества конструкций антенн использованы возможности программы *TronanMacroMachine* для создания моделей антенн и получения частотно-зависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлемент-

ных вибраторных антенн с помощью макроса, аналогичного созданному ранее [1]. Использована авторская методика формирования базы данных параметров множества конструкций вибраторных антенн.

С помощью файла, созданного в табличном процессоре *MSExcel*, рассчитаны параметры заданных вариантов конструкций трехэлементных вибраторных антенн и построены зависимости относительной полосы рабочих частот, средних значений коэффициента усиления, отношения излучения вперед/назад, *KCB* в полосе рабочих частот по уровню  $KCB = 1,5$  и 2 при расстояниях от активного вибратора до директора в пределах  $0,04 \cdot \lambda \dots 1,03 \cdot \lambda$  (рис. 1-3).

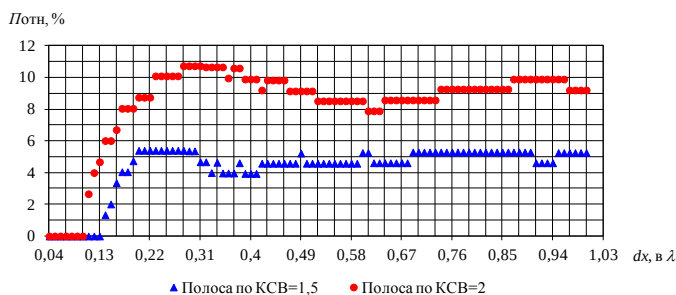


Рис. 1. Зависимости относительной полосы рабочих частот  $P_{OTN}$  от расстояния между активным вибратором и директором

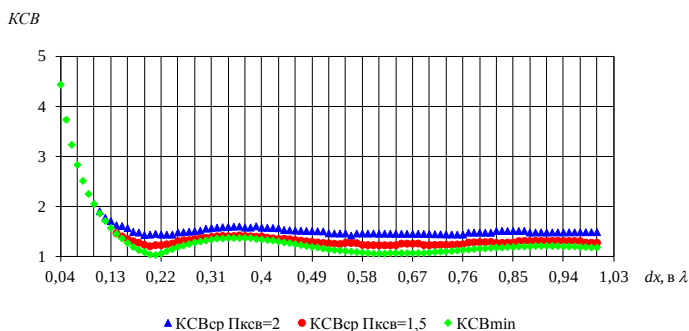


Рис. 2. Зависимости средних значений *KCB* в полосе рабочих частот и минимального значения *KCB* от расстояния между активным вибратором и директором

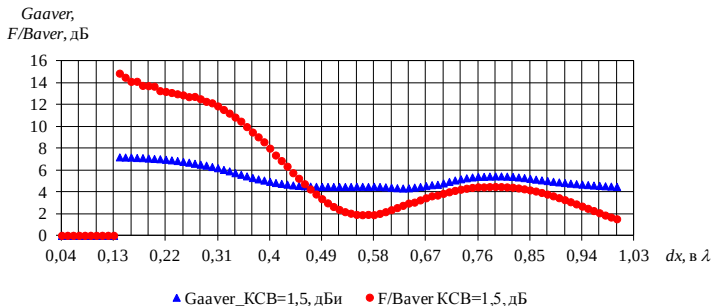


Рис. 3. Зависимости средних значений коэффициента усиления  $G_{aver}$  и значений отношения излучения вперед/назад  $F/B_{aver}$  в полосе рабочих частот от расстояния между активным вибратором и директором по уровню  $KCB = 1,5$

**Выводы.** Совокупность конструкций трехэлементных вибраторных антенн с удлинненным рефлектором на четыре процента и укороченным директором на восемь процентов в длинах волн относительно активного вибратора при диаметре проводников  $0,004$  длины волн с изолированной траверсой при расстоянии от активного вибратора до рефлектора  $0,2 \cdot \lambda$  и от активного вибратора до директора от  $0,04 \cdot \lambda$  до  $1,03 \cdot \lambda$  с шагом  $0,01 \cdot \lambda$  обеспечивают следующие предельно достижимые параметры:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $\Pi_{OTH} = 5,41 \%$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,14 \cdot \lambda$ );  $G_{AVER} = 7,19$  дБи ( $d_{AB-ДПР} = 0,14 \cdot \lambda$ ) и  $F/B_{AVER} = 14,85$  дБ ( $d_{AB-ДПР} = 0,14 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,22$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,2 \cdot \lambda$ );

- по уровню  $KCB = 2$ :  $\Pi_{OTH} = 10,1 \%$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,25 \cdot \lambda$ );  $G_{AVER} = 7,16$  дБи ( $d_{AB-ДПР} = 0,11 \cdot \lambda$ ) и  $F/B_{AVER} = 14,35$  дБ ( $d_{AB-ДПР} = 0,09 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,47$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,53 \cdot \lambda$ ).

В случае необходимости обеспечения максимальных значений параметров антенны для равнозначных весовых коэффициентов значимости параметров рекомендуются конструкции обеспечивающие:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $\Pi_{OTH} = 1,05 \%$ ,  $G_{AVER} = 7,04$  дБи и  $F/B_{AVER} = 5,41$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,22$  при расстоянии  $d_{AB-ДПР} = 0,2 \cdot \lambda$ ;

- по уровню  $KCB = 2$ :  $\Pi_{OTH} = 10,1 \%$ ,  $G_{AVER} = 6,9$  дБи и  $F/B_{AVER} = 12,62$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,45$  при расстоянии  $d_{AB-ДПР} = 0,23 \cdot \lambda$ .

### Список литературы

1. Иванов В.А., Рябова Н.В., Павлов В.В. The radiation patterns of an antenna in MMANA for Tronan Macro Machine: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011619372 от 07.12.2011 г. / Роспатент. – Москва, 2011.

УДК 621.396

**Бахметьева Виктория Валентиновна,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-22

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,**  
канд. техн. наук, доцент кафедры РТиС  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ИОНОСФЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Разработка технологий использования GPS-измерений для дистанционной диагностики ионосферы ведется по нескольким направлениям. Создана технология GIM (Global Ionospheric Maps) – построение глобальных ионосферных карт абсолютного вертикального значения полного содержания электронов в атмосфере (ПЭС). Для хранения и передачи карт ПЭС в цифровом виде разработан специальный стандартный формат IONEX (стандарт файлов по технологии Global Ionospheric Maps). Каждый файл IONEX содержит мировые карты абсолютного вертикального ПЭС, соответствующие им карты погрешностей вычисления ПЭС за одни сутки по шкале мирового времени UT с временным разрешением 2 часа. Карты ПЭС представлены на сайте <ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/ionex> в формате IONEX.

На сайте <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/center> для каждого центра обработки дана краткая справка по используемым программам, стратегии вычислений, моделям, структуре публикуемых данных, для центров хранения данных – дерево каталогов ftp-сервера. Некоторые центры, например SIO, предоставляют удобный web-интерфейс с большим количеством разнообразных сервисов: поиском данных по запросу, интерактивными картами и пр.

В России организован Информационно-аналитический центр (ИАЦ) Федерального космического агентства, где хранятся результаты анализа навигационной информации, а также различные типы измерительной и справочной информации из международных систем сбора и хранения данных.

Информацию о координатах зарегистрированных GPS-приемников можно получить по адресу <http://lox.ucsd.edu/cgi-bm/allCoords.cgi>. Станции наблюдений IGS ежечасно передают файлы RINEX (Receiver Independent Exchange Format) в центры накопления данных. Внутренняя

структура RINEX-файлов, в которых зашифрованы данные о характеристиках GPS-сигналов, достаточно сложна. RINEX-файл содержит измеренные GPS-приемником параметры сигналов всех космических аппаратов (КА), находящихся в зоне радиовидимости приемника: альманах созвездия КА, значения фазы для одной или обеих несущих частот, значения псевдодальности, метки времени, сведения о работоспособности бортовой аппаратуры КА и др. В отдельный навигационный RINEX-файл объединяются эфемериды КА, необходимые для вычисления координат НКА.

Так, RINEX-файлы с GPS-приемников глобальной сети IGS хранятся на HTTP-сервере SOPAC (<http://lox.ucsd.edu>) или на FTP-сервере (<ftp://lox.ucsd.edu/pub>). Навигационные файлы находятся на том же сервере в директории <ftp://lox.ucsd.edu/pub/nav>.

Программы обработки RINEX-файлов делятся на программы первичной и вторичной (детальной) обработки. К программам первичной обработки относится программа TEQC. Она позволяет проводить проверку качества данных, получать данные за конкретные временные интервалы, производить архивирование, редактирование и ряд других функций. К программам вторичной обработки относятся программные комплексы GAMIT и GLOBDET. Программный пакет GAMIT разработан Массачусетским технологическим институтом. Программы нет в открытом доступе, однако для желающих есть возможность обработки с помощью этого продукта небольшого объема файлов RINEX-формата на сервере SOPAC.

Программный комплекс глобального детектирования и мониторинга ионосферных возмущений естественного и техногенного происхождения на основе измерений вариаций полного электронного содержания (GLOBDET) разработан в Институте солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН (<http://ckm.iszf.irk.ru/>). Он, как и пакет GAMIT, позволяет производить расчет вариаций ПЭС, моделировать изменения ПЭС и др.

Из краткого обзора видно, что существуют широкие возможности получения данных о состоянии ионосферы, которые могут быть использованы в интересах проведения исследований в различных областях знаний. Причем большинство таких данных доступно для свободного использования. Такое положение позволяет с минимумом затрат использовать предоставляемые возможности для проведения прикладных исследований и для обучения специалистов в области компьютерных наук по применению и дальнейшему совершенствованию технологий сбора и обработки информации, получаемой с НКА.



Большое количество НКА, значительные вычислительные процедуры обуславливают применение различных программных средств.

Данные навигационных приемников GPS/ ГЛОНАСС могут записываться как в собственных бинарных форматах, характерных для каждой компании-разработчика приемников ГНСС, так и в формате RINEX. Формат RINEX состоит из файлов.

При этом наземные приемники в основном обеспечивают возможность получения файлов навигационных данных для ГЛОНАСС и GPS, а также файла наблюдений. Обработка данных в формате RINEX осуществляется как коммерческими программными продуктами, так и продуктами с открытым кодом.

Для разработки комплекса используется объектно-ориентированное программирование, что позволяет уменьшить время разработки новых классов, наследуя их от уже имеющихся в программных библиотеках. Это было применено при разработке программного кода, отвечающего за расчет полного электронного содержания по характеристикам сигналов НКА ГЛОНАСС, где требуется знание частотного поддиапазона каждого НКА. Соответственно, взаимодействие между блоками комплекса также выполняется на основе объектных структур данных. Структура разрабатываемого программного комплекса приведена на рисунке.



Рис. 1. Структура разрабатываемого программного комплекса

Библиотека GPS Toolking (<http://www.gpsstk.org>) – набор классов, базирующихся на стандарте ISOC++ для работы с данными ГНСС GPS/ГЛОНАСС,– используется на разных платформах. Классы построены по модульному принципу с расширением возможностей за счет широкого применения концепций объектно-ориентированного программирования.

Классы GPSTk подразделяются на классы ядра, вспомогательных утилит и приложений. В целом набор классов GPSTk обеспечивает широкий спектр готовых решений для задач, связанных с ГНСС, в том числе обработку и использование данных в стандартных форматах, таких как RINEX. В библиотеке реализовано большое количество моделей и алгоритмов, определенных в различных публикациях по обработке данных ГНСС, например, для определения местоположения пользователя или оценки атмосферной рефракции.

Поскольку в ГНСС ГЛОНАСС вместо фиксированных частот используются 14 частотных поддиапазонов (от  $-7$  до  $+6$ ), НКА, расположенные по разные стороны Земли, могут иметь один частотный поддиапазон. При этом несущая частота  $L1$  для нулевого поддиапазона ( $f_{01}$ ) равна  $1\,602$  МГц, несущая частота  $L2$  для нулевого поддиапазона ( $f_{02}$ ) составляет  $1\,246$  МГц. Обе несущие частоты формируются на основе опорного генератора частотой  $5$  МГц.

Описание используемых частотных поддиапазонов целесообразно оформить в виде XML-документа, для обработки которого используется программная библиотека TinyXML (<http://www.grinninglizard.com/tinyxml/index.html>). Таким образом, данные, хранимые в XML-файле, преобразуются в объекты C++, что позволяет легко ими манипулировать в программном коде.

Библиотека TinyXML обладает рядом достоинств:

- имеет малый размер кода;
- компилируется на любой системе, поддерживающей язык C++;
- может применяться совместно с *Standart Template Library* (STL);
- поддерживает кодировку UTF-8.

Для визуализации исходных и рассчитанных данных, а также построения графического интерфейса (GUI) целесообразно использовать возможности кроссплатформенной библиотеки QT, отличительной чертой которой является использование системы предварительной обработки исходного кода Meta Object Compiler.

Библиотека QT широко используется в зарубежных космических проектах, выполняемых Европейским космическим агентством (ESA), американским Национальным агентством океанографии и атмосферы (NOAA) и др.

Таким образом, применение указанных программных библиотек и их интеграция в едином программном продукте позволит разработать кроссплатформенный программный комплекс мониторинга ионосферы с помощью характеристик НКА GPS/ГЛОНАСС и затем расширять его

возможности путем добавления поддержки новых систем спутниковой навигации.

### **Список литературы**

1. Tolman B.R., Harris B., Gaussiran T., Munton D., Little J., Mach R., Nelsen S., Renfro B., Schlossberg D. The GPS Toolkit – Open Source GPS Software // Proc. 17th Intern. Tech. Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2004). – Long Beach, California, 2004. – September.
2. Codrescu M.V., Viereck R. The Importance of Radio Oc-cultation Measurements for Ionosphere modeling. – URL: [http:// www.irowg.org/docs/ Presentation/ codrescu.pdf](http://www.irowg.org/docs/Presentation/codrescu.pdf) (дата обращения: 23.09.2013).
3. Xu G. GPS: Theory, Algorithms and Applications, Springer. – 2nd ed. – 2007. – 340 p.
4. Решетников В.Н. Космические телекоммуникации (начала). – Тверь: НИИ «Центрпрограммсистем», 2009. – 128 с.

УДК 62.408

**Булаев Алексей Геннадьевич,**

направление Электроника и наноэлектроника (магистратура), гр. ЭИНЭМ-11

Научный руководитель **Филимонов Виталий Евгеньевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования  
и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ТЕМАТИКЕ ПОЛУЧЕНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ПЛЁНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ МЕДИ**

Одним из важнейших направлений развития современных технологий является миниатюризация изделий различного функционального назначения, которая приводит к экономии материальных и энергетических затрат, связанных с их производством и эксплуатацией, а также расширяет возможности их применения в тех областях, где требования к уменьшению их размеров и массы являются особенно жесткими. Одной из областей исследования является самоорганизация наноструктур [1].

**Актуальность работы** обуславливается тем, что сегодня характерной чертой нанотехнологий является формирование нанообъектов путём самоорганизации, или самосборки.

Путём самосборки создаются тонкие плёнки, представляющие собой атомные или молекулярные моно- или полислои. Такие плёнки могут

быть получены в ходе непосредственного осаждения вещества на подложку, в том числе и методом магнетронного распыления. Кристаллическая структура может формироваться при осаждении вещества в определенных технологических условиях как на собственные, так и на инородные по составу подложки, что позволяет получать наноплёнки с заданными свойствами. Однако на сегодняшний день условия формирования многих самоорганизующихся плёночных наноструктур не изучены в полной мере. Это касается и плёночных наноструктур на основе меди, получаемых методом магнетронного распыления. В связи с этим разработка и исследование технологии получения самоорганизующихся плёночных наноструктур на основе меди становится актуальной проблемой, решение которой позволит формировать данные структуры с обеспечением у них заданных свойств, что может найти практическое применение при создании новых нанoeлектронных приборов и устройств.

**Цель работы** – провести анализ технологических методов изготовления и исследования самоорганизующихся плёночных наноструктур на основе меди в плане определения технологических параметров, влияющих на изменение свойств этих структур.

Суть процессов самоорганизации заключается в том, что атомы, молекулы, а также отдельные наночастицы способны под действием сил взаимного притяжения самопроизвольно объединяться в упорядоченные структуры, последовательного соединяясь между собой. Движущей силой самоорганизующихся процессов является стремление атомной или молекулярной системы принять конфигурацию, соответствующую минимуму ее потенциальной энергии. Самоорганизация является одной из наиболее общих закономерностей в природе. Она осуществляется различными путями, но всегда с одной общей целью – обеспечить наибольшую устойчивость системы.

Кристаллическая структура может формироваться при осаждении вещества как на собственные, так и на инородные по составу подложки, обладающие подобными параметрами кристаллической решетки, что позволяет, используя методы эпитаксиального наращивания, получать нанопленки с однородной структурой или гетероструктурой.

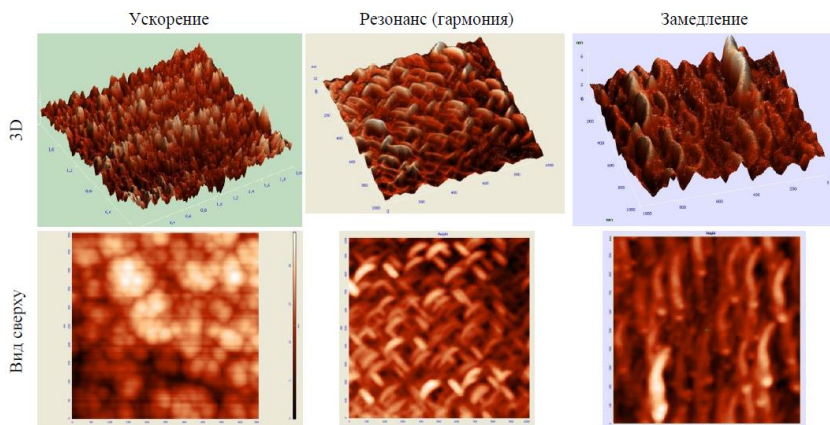
Для получения самоорганизующихся плёночных наноструктурных плёнок будет применяться метод магнетронного напыления. Работа магнетронного распылительного устройства основана на свойствах катодной области аномального тлеющего газового разряда, в которой катод распыляется под действием ионной бомбардировки.

Структуру поверхности медной подложки возможно изменять с помощью следующих воздействий: увеличения или уменьшения темпера-

туры в рабочей камере, воздействия ультразвуком, уменьшая или увеличивая частоту, из-за давления в камере и т.д.

Ранее в материалах Восьмой международной научной школы «Наука и инновации-2013» была опубликована работа по коррекции скорости фазового перехода меди при ее кристаллизации в процессе вакуумного магнетронного распыления на стеклянную подложку под воздействием слабого акустического излучения с амплитудно-временной модуляцией интенсивности.

Результаты проведенного исследования показаны на рисунке [2].



Коррекция скорости фазового перехода, приводящей к изменению структуры медной пленки в зависимости от содержания сигнала амплитудно-временной модуляции слабого акустического излучения, на фоне которого формировалась пленка

**Вывод.** Исследование самоорганизации плёночных наноструктур на основе меди сегодня является одной из перспективных методов развития современной микро- и нанoeлектроники, которая найдет практическое применение при создании новых нанoeлектронных приборов и устройств.

#### Список литературы

1. Наноматериалы и нанотехнологии: учебник / Анищик В.М. [и др.]; под ред. Борисенко В.Е., Толочко Н.К. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2008. – С. 89-90.
2. Материалы Восьмой международной научной школы «Наука и инновации-2013» ISS «SI-2013» – Йошкар-Ола: ГБОУ ДПО (ПК) С «Марийский институт образования» / ред. коллегия: доцент Н. М. Кузнецова, проф. И. И. Попов, чл.-корр. РАЕ, проф. В. А. Козлов, акад. РАЕН, проф. В. В. Самарцев, 2013. – С. 284-286.

**Бушуева Ксения Дмитриевна,**

направление Конструирование и технология ЭС (магистратура), гр. ЭВСм-21

**Научный руководитель Роженцов Валерий Витальевич,**

д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **МЕТОД ТЕСТИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ**

Функциональное состояние человека представляет собой прогностический показатель для оценки его работоспособности и определяется степенью активации всех систем организма, задействованных в исследуемом виде деятельности [1].

На сегодняшний день существует несколько способов оценки функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС). Наиболее простым методом, основанным на объективных параметрах, является оценка простой сенсомоторной реакции (ПСМР) и сложной сенсомоторной реакции (ССМР). В основе ПСМР лежит рефлексорная двигательная реакция на предъявляемый раздражитель. При ее реализации задействованы как основные анализаторные системы человека (зрительная и кинестетическая), так и определенные отделы головного мозга, что позволяет сделать вывод о текущем функциональном состоянии ЦНС.

Основным инструментом ССМР является методика «реакция выбора», при которой испытуемому предъявляется ряд стимулов, в ответ на каждый из которых он должен реагировать определенным образом. Данная методика позволяет выявить широкий пласт различных показателей, определяющих степень развития регуляторных, сенсорных, моторных компонент, а также изучить механизм принятия решения [2].

**Цель работы** — модернизация известного метода исследования сложной сенсомоторной реакции выбора, позволяющая дифференцировать реакцию выбора цвета стимула и реакцию выбора расположения стимула в пространстве.

Предъявляемому стимулу могут быть заданы различные физические характеристики (модальности), такие как цвет, размер, форма, пространственное расположение и др.

Анализ методик показал, что ПСМР предполагает тестирование стимулом с одной модальностью. С точки зрения теории управления

данную реакцию можно представить как последовательное соединение нескольких звеньев запаздывания (рис. 1).



Рис. 1. Структурная схема простой сенсомоторной реакции

В данном тесте имеет место восприятие модальности стимула  $W_{11}(p)$  и моторный ответ  $W_{21}(p)$  на него.

В наиболее широко применяемом тесте ССМР с выбором цвета используются 3 светодиода разного цвета, разнесенных в пространстве. В этом случае предъявляются стимулы с двумя модальностями — цвет стимула и его расположение в пространстве. Структурная схема теста представлена на рис. 2.

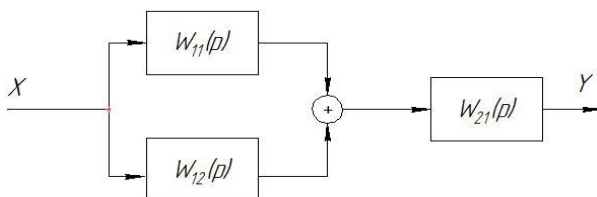


Рис. 2. Структурная схема сложной сенсомоторной реакции

Здесь  $W_{11}(p)$  – восприятие цвета,  $W_{12}(p)$  – восприятие расположения в пространстве,  $W_{21}(p)$  – моторный ответ.

Очевидно, что в тесте нет дифференциации выбора цвета и выбора расположения в пространстве, что не позволяет получить объективные данные по результатам тестирования.

В предлагаемом методе тестирования на выбор цвета используется один полноцветный светодиод (рис. 3).

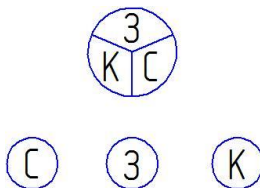


Рис. 3. Структурная схема метода тестирования на выбор цвета

В данном тесте испытуемому необходимо реагировать на появляющийся цвет стимула нажатием на соответствующую ему кнопку.

Метод тестирования на выбор расположения в пространстве предполагает наличие двух полноцветных светодиодов, загорающихся одним цветом (рис. 4).

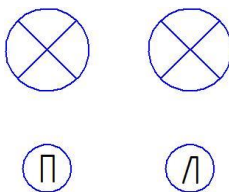


Рис. 4. Структурная схема метода тестирования на выбор расположения в пространстве

В этом тесте испытуемый должен реагировать, например, нажатием левой кнопки при появлении стимула с правой стороны и нажатием правой кнопки при появлении стимула с левой стороны.

**Вывод.** Предлагаемый метод тестирования позволяет дифференцировать реакцию выбора цвета стимула и реакцию выбора расположения стимула в пространстве. Последний тест также позволит оценить влияние цвета на результаты тестирования. Таким образом, прибор, реализующий предложенный метод, будет иметь больше функциональных возможностей и позволит получить более достоверные результаты тестирования.

#### Список литературы

1. Шутова С.В., Муравьева И.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС // Вестник ТГУ. – 2013. – № 18 (5). – С. 2831-2840.
2. Полякова К.Д. Методики тестирования сенсомоторных реакций // Физическая культура, спорт и здоровье. – 2017. – № 29. – С. 118-120.



**Бушуев Александр Владимирович,**

направление Электроника и наноэлектроника (магистратура), гр. ЭиНЭм-21

**Научный руководитель Леухин Владимир Николаевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования

и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*

*г. Йошкар-Ола*

## **РАЗРАБОТКА ПРИБОРА И ТЕХНОЛОГИИ ОСУШЕНИЯ ГАЗОВ ДЛЯ ХРОМАТОГРАФИИ**

**Цель работы** – разработка прибора и технологии осушения газов для хроматографии.

Сегодня существует довольно много различных приборов для осушки газа, но в большинстве случаев они довольно внушительных размеров и применяются для осушки и очистки газа в больших объемах после добычи газа из скважины и последующей его подачи в резервуары для хранения или транспортировки.

Воду из газа, как и любой другой компонент, можно удалять физическими (адсорбцией, абсорбцией, мембранами, конденсацией (холодом)), химическими методами ( $\text{CaCl}_2$  и пр.) и их бесконечными гибридами.

подавляющее количество установок в мире основано на следующих двух способах осушки газа:

- 1) абсорбция (гликолевая осушка);
- 2) адсорбция (цеолиты, силикагели, активированный алюминий).

Сущность адсорбционной осушки состоит в избирательном поглощении поверхностью пор твердого адсорбента молекул воды с последующим извлечением их из пор внешними воздействиями (повышением температуры адсорбента или снижением давления среды).

Установка осушки адсорбцией состоит, как минимум, из двух адсорбционных аппаратов. Принципиальная схема установки приведена на рисунке 1 [1].

Подобные приборы в большинстве случаев используют силикагель (который нужно часто менять) или спрессованный в шарики порошок оксид алюминия. В данном исследовании предлагаем напылить оксид алюминия на пористую подложку, тем самым при напылении он приобретет пористую структуру подложки, что увеличит поглощающую способность алюминия и сможет принять больше влаги перед регенера-

цией. Уменьшится число примесей в напыляемом материале, а также при напылении оксида алюминия на пористую подложку увеличится плотность поглощающего материала в заданном объеме адсорбера, в отличие от круглых шариков спрессованного алюминия [2].

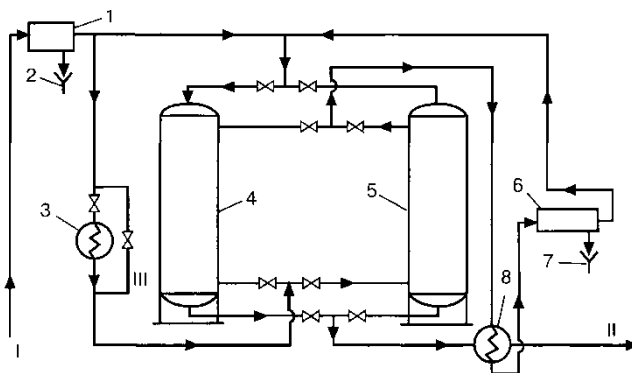


Рис. 1. Технологическая схема осушки газа твердыми поглотителями:

1 – водоотбойник; 2, 7 – воронка; 3 – трубчатый нагреватель;

4, 5 – адсорберы; 6 – сепаратор; 8 – теплообменник

Потоки: I – влажный газ; II – осушенный газ; III – обводная линия

В дальнейшем будет разработан и изготовлен прибор, который будет мобильнее, легче и проще в использовании, чем существующие аналоги.

Данный прибор можно использовать в следующих отраслях:

- хроматографии;
- медицине;
- промышленности.

### Список литературы

1. Сиротин Д. Г., Алиев В. К. Технологический процесс на абсорбционной установке осушки газа // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 2. – С. 398-408.
2. Голдаев С. В., Хушвактов А. А. Анализ вариантов осушения влажного воздуха с помощью силикагеля при консервации АПТ тепловой электрической станции // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – №2 (325). – С. 120-126.

## **МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО ТЕППИНГ-ТЕСТИРОВАНИЯ**

**Цель работы** – разработать технологию теппинг-теста, позволяющую повысить достоверность результатов тестирования.

Теппинг-тест отслеживает временные изменения максимального темпа движений кистью. Методика для массового тестирования предложена Е.П. Ильиным [1], по которой на листе бумаги, разделенном на четыре равные части (квадраты) кистью руки по команде «Начали» в течение 10 секунд в максимальном темпе карандашом ставятся точки в первом квадрате, затем по команде «Стоп» в течение 10 секунд следует период отдыха, и вновь по командам «Начали» и «Стоп» повторяют процедуру тестирования на втором, третьем и четвертом квадратах. Для оценки теста подсчитывается количество точек в каждом квадрате.

Недостатками методики являются:

- возможность ошибки при подсчете числа точек в квадрате вследствие их совпадения;
- возможность поставить лишние точки после сигнала «Стоп» из-за наличия определенного времени реакции обследуемого.

В [2] описывается наиболее широко применяемая методика исследования индивидуально-типологических свойств человека путем теппинг-тестирования с использованием листа бумаги, разделенного на шесть равных квадратов. Время обследования занимает 30 с, показания регистрируются каждые 5 с. Тестирование выполняется по командам «Начали» и «Стоп», то есть прерывается по времени перерывами длительностью порядка 1-2 секунды. Вывод об индивидуально-типологических свойствах дается на базе анализа кривых изменения максимальной частоты движения во времени. Например, на рисунке 1 показаны усредненные результаты тестирования теппинг-теста для человека с сильной нервной системой.

В то же время предполагается, что индивидуально-типологические свойства человека влияют на результаты какой-либо деятельности, выполняемой непрерывно. Возникает противоречие, так как по результатам тестирования, разделенного во времени перерывами, делается вы-

вод, относящийся к непрерывному процессу какой-либо деятельности. Очевидно, что для устранения данного противоречия необходимо теппинг-тестирование выполнять непрерывно.

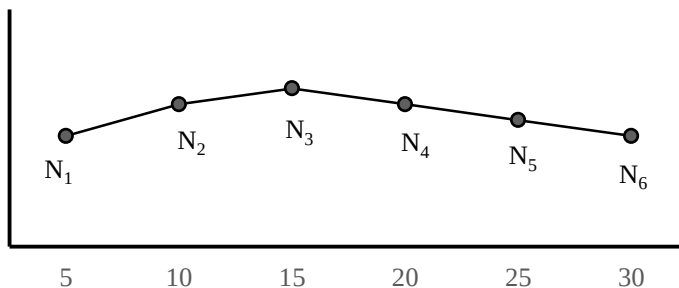


Рис. 1. Усредненные результаты тестирования теппинг-теста: по горизонтальной оси – время  $t$ , с; по вертикальной – число постукиваний  $N$ ;  $N_i$  – число постукиваний за  $i$ -е 5 секунд,  $i=1,2,\dots,6$

Если рассматривать представление результатов тестирования в общепринятой форме, то считается число ударов за отведенное время, например, с дискретностью 5 секунд. Тогда первая точка на рисунке 1 – это число ударов за первые 5 секунд, следующая точка – за вторые 5 секунд и т.д. Здесь происходит осреднение числа ударов на каждом 5-секундном интервале.

Если же рассматривать этот процесс с дискретностью в одну секунду (рис. 2), то первые 5 точек – число ударов в каждую секунду от 1-й до 5-й. После 5-й секунды имеется перерыв (допустим, продолжительностью одной секунды) из-за перехода ко второму квадрату по команде исследователя, и в результате в начале первой секунды 2-го интервала (т.е. за шестую секунду условно) число ударов не будет с учетом тренда по первым 5 секундам соответствовать числу ударов последней секунды первой серии, т.е.  $n_{2,1} \neq n_{1,5}$ . Таким образом, получается разрывная функция, и очевидно, что этот перерыв влияет на результаты тестирования последующих 5 секунд.

На рисунке 3 показаны усредненные результаты непрерывного теппинг-тестирования с дискретностью в одну секунду. Сравнивая графики на рисунках 2 и 3, можно сказать, что при  $n_{1,1}=m_{1,1}, \dots, n_{1,5}=m_{1,5}$  уже  $n_{2,1} \neq m_{2,1}$  из-за перерыва, связанного с переходом на другой квадрат листа.

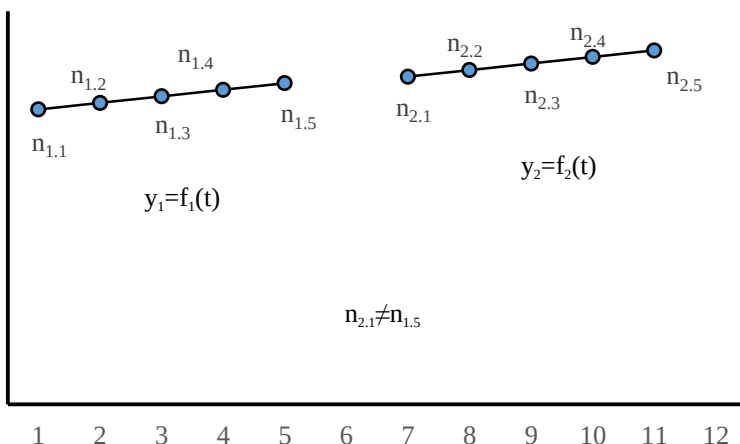


Рис. 2. Модель процесса тестирования во времени:  
 по горизонтальной оси – время, с; по вертикальной – число постукиваний.  
 $y_1 = f_1(t)$  – функция числа постукиваний от времени за первые 5 секунд;  
 $y_2 = f_2(t)$  – функция числа постукиваний за следующие 5 секунд после  
 перехода на другой квадрат листа;  $n_{1.1}$ -  $n_{1.5}$  – число постукиваний за 1-5 секунд  
 соответственно в первом 5-секундном интервале;  $n_{2.1}$ -  $n_{2.5}$  – число постукиваний  
 за 1-5 секунд соответственно во втором 5-секундном интервале

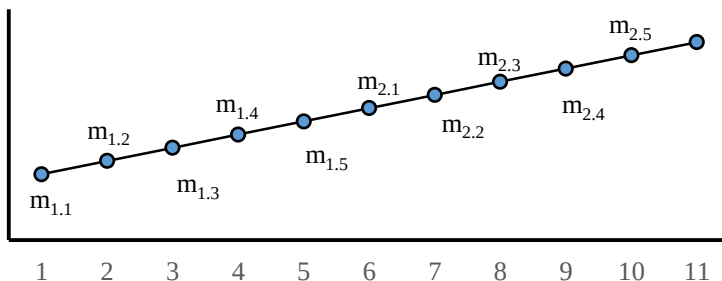


Рис. 3. Усредненные результаты непрерывного теппинг-теста: по горизонтальной  
 оси – время  $t$ , с; по вертикальной – число постукиваний;  $m_{1.1}$ -  $m_{1.5}$  – число  
 постукиваний за 1-5 секунд соответственно в первом 5-секундном интервале;  
 $m_{2.1}$ -  $m_{2.5}$  – число постукиваний за 1-5 секунд соответственно во втором  
 5-секундном интервале

Для исключения перерыва, связанного с переходом на другую площадку, и обеспечения непрерывности теппинг-теста, проводить его следует по одной площадке. При этом подсчет результатов теста ручным (визуальным) способом с разделением на интервалы становится невозможным, поэтому для проведения теста по одной площадке в непрерывном режиме необходима разработка электронного устройства под микроконтроллерным управлением.

**Заключение.** Разработанный метод тестирования позволяет проводить теппинг-тест в непрерывном режиме и дает возможность получить более достоверные результаты исследования, чем в случае использования классической технологии с несколькими площадками. Данные постукиваний могут быть собраны ненавязчиво у пациентов на частых консультациях, и нет необходимости обучения эксперта для проведения тестирования.

#### **Список литературы**

1. Патент на изобретение №2473300 РФ, МПК А61В3/00. Способ оценки силы нервной системы человека / Петухов И.В., Дегтярев Н.В. – Опубл. 27.01.2013.

2. Сентищева В.П., Харлампов Г.А. Необходимость развития сенсомоторики у спортсменов // Физическая культура и спорт [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.rusnauka.com> (дата обращения 24.10.2017).

УДК 621.371

**Гасников Сергей Юрьевич,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-22

**Научный руководитель Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет"*  
*г. Йошкар-Ола*

## **СОВРЕМЕННЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА**

**Цель исследования** – обзор современных систем беспроводных технологий для широкополосного доступа.

**Определение и задачи технологий.** Технологии WiFi, WiMAX, LTE дают возможность расширить спектр предоставляемых услуг, улучшить качество связи, увеличить зону покрытия.

Основное достоинство WiMAX – наличие общепринятого стандарта, который позволяет производителям работать над одной технологией, обеспечивая взаимную совместимость оборудования.

Цель беспроводных технологий заключается в том, чтобы предоставить универсальный беспроводный доступ для широкого спектра устройств (рабочих станций, бытовой техники "умного дома", портативных устройств и мобильных телефонов) и их логического объединения – локальных сетей.

По сравнению с проводными системами, сети WiMAX, Wi-Fi, LTE должны позволить операторам и сервис-провайдерам экономически эффективно охватить не только новых потенциальных пользователей, но и расширить спектр информационных и коммуникационных технологий, доступ.

Технология WiMAX использует механизм, основанный на связи между базовой станцией и устройством пользователя. Каждое соединение основано на конкретных алгоритмах планирования.

WiMAX и Wi-Fi имеют совершенно разный механизм Quality of Service (QoS). WiMAX использует механизм, основанный на установлении соединения между базовой станцией и устройством пользователя. Каждое соединение основано на специальном алгоритме планирования, который может гарантировать параметр QoS для каждого соединения. Wi-Fi, в свою очередь, использует механизм QoS, подобный тому, что используется в Ethernet, при котором пакеты получают различный приоритет. Такой подход не гарантирует одинаковый QoS для каждого соединения.

Стандарты LTE и WiMAX достаточно близки между собой. Они оба используют технологию кодирования OFDM и систему передачи данных MIMO. И в том и в другом стандарте применяются FDD- и TDD-дуплексирование при пропускной способности канала до 20 МГц. И обе из систем связи используют в роли своего протокола IP. В сетях LTE применена другая технология устранения частотно-селективных замираний. Она называется частотно-селективной диспетчеризацией ресурсов (Frequency Selective Scheduling). При этом для каждой абонентской станции и каждого частотного блока несущей создаются индикаторы качества канала CQI (Channel Quality Indicator).

### **Список литературы**

1. Вишневский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия WiMAX путь к 4G: учебное пособие. – М.: Техносфера, 2009;
2. Шахнович И. Архитектура сети WiMAX: основные элементы и принципы // Первая миля. – 2009. – №1. – С. 6-15.

3. Иванов А., Портной С. Оборудование WiMAX – решение компании Alvarion // Первая миля. – 2009. – №2. – С. 32-39.

4. Сети LTE: структура и принцип работы [Электронный ресурс]. – URL: [http://mobile-networks.ru/articles/seti\\_lte\\_struktura\\_i\\_princip\\_raboty.html](http://mobile-networks.ru/articles/seti_lte_struktura_i_princip_raboty.html)

УДК621.396.93

**Гребнев Александр Германович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы  
связи (магистратура), гр. ИТСм-21з

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, кафедра радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ ОАО «МЕГАФОН» ДО 4G/LTE В г. ВЕТЛУГЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Цель работы** – рассмотреть оборудование для усовершенствования существующей сети сотовой связи до четвертого поколения посредством технологии LTE и выбрать наилучший вариант, который обеспечит гораздо большую пропускную способность.

На российском рынке оборудования для мобильных сетей LTE представлены продукты многих фирм, среди которых Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia, Siemens, Networks, Fujitsu, Huawei Technologies, Motorola, Cisco Systems.

При выборе высокотехнологичного оборудования для сетей LTE необходимо руководствоваться следующим критериями:

- цена;
- качество;
- гарантийные обязательства;
- функциональность оборудования и возможности по ее расширению;
- возможность интеграции в существующие сети;
- диапазон частот и так далее.

В первую очередь при выборе оборудования оператор обращает внимание на соотношение цена/качество.

Все элементы сети LTE обмениваются информацией по IP-протоколу, часть узлов и протоколов обмена информации между ними



упрощена. Изменен и процесс шифрования передаваемых данных: в сети LTE за это самостоятельно отвечает каждая из базовых станций.

В связи с этим необходимо обеспечить гораздо большую пропускную способность, чем в существующей сети. В проекте модернизации сети транспортная сеть будет реализована с помощью оптоволоконных линий передач по технологии Ethernet. Существенным преимуществом систем Ethernet являются широкая масштабируемость и максимальная приближенность к стеку протоколов IP. Транспортная сеть должна обеспечить скорость до 10 Гбит/с.

В качестве транспортного оборудования сети радиодоступа подойдет коммутатор Huawei S3700-28TP-EI-24S-AC (рис.1). Коммутатор обладает широким функционалом и низкой стоимостью, что делает его отличным решением для использования в качестве коммутатора агрегации в сети операторов связи.



Рис. 1. Внешний вид коммутатора *S3700-28TP-EI-24S-AC*

В качестве оборудования базовой станции выбрано решение на основе DBS3900 LTE компании Huawei, показанного на рисунке 2. Преимущество этой базовой станции перед Flexi Multiradio BTS в том, что у DBS3900 LTE модульная структура, которая позволяет с большим удобством и меньшими затратами проводить ремонт и модернизацию оборудования. Также такое решение обеспечит большую гибкость и меньшую зависимость от конкретных составных частей оборудования базовой станции.



Рис. 2. Базовый блок *BBU 3900 LTE*

В состав оборудования базовой станции сети подвижной связи стандарта LTE входят:

- три антенны 80010674 («Kathrein» Германия);
- базовый блок BBU 3900 LTE («Huawei Technologies Co., Ltd», Китай);
- три радиомодуля RRU 3268 (2600) («Huawei Technologies Co., Ltd», Китай);
- панель распределения питания DCDU-03 («Huawei Technologies Co., Ltd», Китай);
- три радиомодуля RRU 3268 (800) («Huawei Technologies Co., Ltd», Китай).

Секторные антенны 80010674 «Kathrein», установленные на здании, не представляют угрозы здоровью людей, находящимся в нём. Секторные антенны излучают всю свою мощность на территорию вокруг себя, а вниз, то есть в само здание, практически ничего не излучается.

RRU 3268 имеет небольшой вес и характеризуется простотой установки. Подстатив RRU 3268 можно установить на стальной мачте, стене или бетонном основании.



Рис. 3. Радиочастотный модуль *DBC3900*

Оборудование устанавливается в аппаратной. Кабели от кабинета БС до антенн и внешних радиоблоков прокладываются по существующим металлоконструкциям.

Монтаж секторных антенн осуществляется на существующих трубах.

**Вывод.** Таким образом, для планируемой сети выбор сделан в пользу оборудования компании «Huawei», потому что DBS3900 имеет более гибкие возможности установки и обеспечивает быстрое развертывание сети, в отличие от своих оппонентов. Также имеет значение модульная структура базового блока, особенно при ремонте и модернизации си-

стемы. Коммутатор S3700-28TP-EI-24S-AC обладает широкой масштабируемостью и максимальной приближенностью к стеку протоколов IP.

### **Список литературы**

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Высочин В.П. Сети мобильной связи LTE/LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура. – М.: Медиа Паблишер, 2014. – 384 с.
2. Зеленская К.М. Развитие оптоволоконных технологий в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://journalpro.ru/articles/razvitie-optovolokonnykh-tehnologiy-v-rossii/> (дата обращения 3.12.2016).
3. Бабков В.Ю. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учебное пособие для вузов. – СПб.: BHV, 2013. – 432 с.
4. Тулинов С. В. Поведение транспортных протоколов в предельно нагруженном транковом канале // Информационно-телекоммуникационные технологии и электроника. – Режим доступа: <http://econf.rae.ru/article/1933> (дата обращения 21.12.2016).
5. Абдул Б. Расчет сетей LTE [Текст]: справ.-метод. пособие. – Хельсинский технологический университет: Интернет будущего, 2009. – 149 с.

УДК 629.7

**Ермаченко Никита Викторович,**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-21

Научный руководитель **Роженцов Алексей Аркадьевич,**

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехнических  
и медико-биологических систем

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **СИСТЕМА МАШИННОГО ЗРЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРА**

**Введение.** Мы с Вами живем в век робототехники. На наших глазах происходит создание и активное повсеместное внедрение нового класса беспилотных летательных аппаратов – мультикоптеров – с возможностями недоступными для самолётов и вертолётов. В последние 5 лет в России наблюдается взрывной рост числа беспилотных летательных аппаратов с четырьмя пропеллерами – квадрокоптеров. Их используют и любители, и профессионалы в Вооружённых силах РФ, МВД, МЧС. Квадрокоптер является источником повышенной опасности. Аварии квадрокоптеров влекут за собой дорогостоящие ремонты самих летательных аппаратов, могут нанести ущерб людям и различным наземным объектам.

**Актуальность.** Система машинного зрения новейшего квадрокоптера DJI Phantom 4 включает в себя набор ультразвуковых сенсоров. Эти сенсоры работают как глаза квадрокоптера, обнаруживая впереди себя препятствия на расстоянии до 15 метров. Сенсоры высоты расположены снизу корпуса квадрокоптера. Они анализируют поверхность под квадрокоптером на высоте до 10 метров [1]. Существует ряд аварийных ситуаций, в которых система машинного зрения квадрокоптеров не срабатывает, что влечет за собой аварии и, как следствие, значительные материальные потери.

**Постановка задачи.** Ставится задача снизить число аварийных ситуаций, возникающих в следующих случаях:

1) при экстренной автоматической посадке (в результате потери управляющего сигнала и невозможности автоматически вернуться в точку старта) квадрокоптер приземляется на случайные необорудованные площадки. Существующие системы не могут распознать и выбрать площадку для приземления при автоматической посадке (вода, лес, поле, шоссе, человек и т.п.). Разрабатываемая система на основе специальных математических моделей представления изображений позволит выбрать наиболее безопасную площадку для посадки квадрокоптера в автоматическом режиме [2];

2) при полётах квадрокоптеров в городах и в сельской местности существует угроза столкновения с кабелями, протянутыми между зданиями и проводами ЛЭП. Разрабатываемая система позволит заблаговременно распознавать и избежать столкновений с кабелями и проводами ЛЭП, находящимися по курсу движения квадрокоптера.

**Техника решения.** Система машинного зрения представляет собой программно-аппаратный комплекс, анализирующий снимки с фотокамеры квадрокоптера. При наличии опасного объекта в виде провода подается управляющий сигнал на двигатели и происходит уклонение квадрокоптера от препятствия. При нахождении безопасной площадки для приземления после распознавания подается управляющий сигнал на двигатели и квадрокоптер корректирует свой полёт для совершения посадки на выбранную посадочную площадку.

Распознавание наиболее безопасной площадки для приземления квадрокоптера начинается с сегментации анализируемой фотографии земной поверхности. Далее для каждого сегмента изображения рассчитываются значения дисперсии и математического ожидания. На основании этих значений определяется, к какому типу земной поверхности относится фрагмент: река, лес или поле [3].

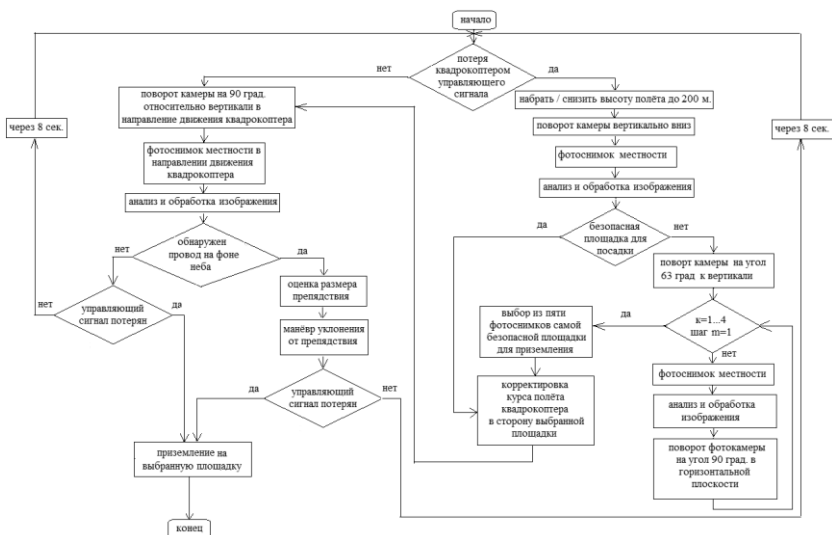


Рис. 1. Алгоритм работы системы машинного зрения квадрокоптера

Так как отнесение фрагмента изображения типа земной поверхности происходит с определенной вероятностью, то для увеличения надежности распознавания проводится ещё и анализ двумерного спектра каждого фрагмента изображения [4]. На основании этих двух методик из трёх типов земной поверхности (лес, поле, река) выделяется наиболее безопасная площадка для приземления – поле [3].

Теперь рассмотрим случай, когда квадрокоптеру нужно распознать кабель или провод ЛЭП на фоне неба. Распознавание происходит также на основе анализа двумерных спектров фрагментов фотоснимков земной поверхности [4]. Так принимается решение об отсутствии или наличии объекта в виде провода по курсу полёта квадрокоптера и оценивается расстояние до этого препятствия (рисунки 2-4).



Рис. 2. Фрагмент чистого неба и двумерный спектр чистого неба



Рис. 3. Фрагмент неба с проводом на расстоянии 20 м и двумерный спектр фрагмента неба с препятствием «провод»

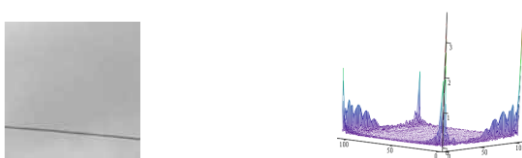


Рис. 4. Фрагмент неба с проводом на расстоянии 10 м и двумерный спектр фрагмента неба с препятствием «провод»

**Выводы.** Разрабатываемая система машинного зрения квадрокоптера будет представлять собой программно-аппаратный комплекс, который анализирует снимки с фотокамеры квадрокоптера и в соответствии с этой информацией корректирует полёт, делая его менее аварийным. Использование системы машинного зрения квадрокоптера позволит уменьшить число аварий и, как следствие, избежать дорогостоящих ремонтов самого летательного аппарата, оборудования, установленного на нем, и избежать нанесения вреда дорогостоящим наземным техническим объектам.

### Список литературы

1. Ермаченко Н.В., Евдокимов А.О. Существующие системы безопасности полёта мультироторных беспилотных летательных аппаратов // Modern Science. – 2017. – № 6. – С. 27-29.
2. Ермаченко Н.В., Евдокимов А.О. Аварийные ситуации при полётах квадрокоптеров // Modern Science. – 2017. – № 7. – С. 22-24.
3. Ермаченко Н.В. Разработка программного комплекса аварийной посадки квадрокоптера // Научному прогрессу – творчество молодых: сборник материалов Международной научной студенческой конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам, 21-22 апреля 2017 г. : [в 3 ч.] / Марийский гос. техн. ун-т, Центр фундаментального образования; [ред. кол.: Иванов В. А. и др.]. – Йошкар-Ола, 2017.
4. Теоретические основы цифровой обработки изображений: учебное пособие / В.А. Сойфер, В.В. Сергеев, С.Б. Попов, В.В. Мясников. – Самара: СГАУ, 2000. – 256 с.

**Еруткина Наталья Эдуардовна,**

направление Информационные технологии и системы связи  
(бакалавриат), гр. ИТС-21

**Научный руководитель Зуев Алексей Валерьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола

## **ИОНОЗОНДОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Рассматривается задача определения методов ионозондовых измерений для исследования ионосферных неоднородностей

Цель работы – рассмотреть основные методы исследования структуры ионосферы.

Ионозондовые измерения являются одним из методов, применяемых для исследования ионосферных неоднородностей.

Стандартный ионозонд представляет собой достаточно простую установку, состоящую из импульсного передатчика с плавно изменяющейся рабочей частотой, приемника с синхронно изменяющейся настройкой и регистрирующего устройства, которое фиксирует рабочую частоту и время запаздывания сигнала. У большинства ионозондов несущая частота в процессе измерения изменяется от 1 до 20 МГц. На выходе ионозонда записывается ионограмма – зависимость действующей высоты отражения (пропорциональна времени распространения радиоволны до высоты отражения и обратно) от частоты.

1. *Вертикальное зондирование.* Старейшим и одним из основных методов исследования структуры и динамики ионосферы является метод вертикального зондирования с помощью импульсного радиолокатора – ионозонда, расположенного на поверхности Земли. В основе данного метода лежит резонансное отражение: радиоволна с частотой  $f$ , падающая на ионосферу вертикально.

Максимальная частота радиоволны, которая отражается от слоя ионосферы при вертикальном падении, называется критической частотой.

2. *Наклонное зондирование.* Модификациями вертикального зондирования являются наклонное, возвратно-наклонное и внешнее зондирование. При наклонном зондировании передающая и приемная части ионозонда пространственно разнесены. На однокачковых трассах рас-

пространения отраженная радиоволна несет информацию о состоянии ионосферы в средней области трассы.

Максимальная частота радиоволны, отражающейся от ионосферы при наклонном падении, называется максимально применимой частотой. Таким образом, для наклонного зондирования частотный диапазон в несколько раз больше, чем при вертикальном зондировании, и зависит от длины трассы. Аппаратура для получения ионограмм наклонного зондирования не отличается от аппаратуры вертикального зондирования.

3. *Возвратно-наклонное зондирование.* Основой возвратно-наклонного зондирования является регистрация сигнала, рассеянного назад при наклонном падении на ионосферу от ионосферы и земной поверхности на частотах, превышающих максимально применимую частоту, при совмещенных передатчике и приемнике. Данные возвратно-наклонного зондирования позволяют получить информацию о горизонтальном распределении плотности электронов на высоте максимума ионизации.

Данный метод является инструментом для определения структуры неоднородностей: оценки размера, скорости движения и т.п.

4. *Внешнее зондирование.* Так как ионосферная станция на поверхности Земли дает информацию о той части ионосферы, которая находится ниже главного максимума ионизации, т.е. до 300-350 км, то для исследования внешней ионосферы используют ионозонды, расположенные на борту искусственного спутника Земли.

Метод внешнего зондирования позволяет наблюдать явления, недоступные наземным ионозондам. Также он охватывает большое пространство за относительно короткий интервал времени. Как правило характеристики аппаратуры неизменны, поэтому различия в ионограммах могут быть вызваны только ионосферными вариациями, но не различиями в работе ионозондов.

В результате проделанной работы мы изучили методы исследования ионосферы и определили основу каждого метода.

### **Список литературы**

Афраймович Л.Э., Первалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. – Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – С. 16-19.



УДК 621.371:551.510.535

**Жураева Узрам Ботиркизи, Павлов Евгений Витальевич,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(бакалавриат), гр. ИТС-31

Научный руководитель **Кислицын Алексей Александрович,**  
старший преподаватель кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*  
*г. Йошкар-Ола*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ В ТРАНСИОНОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛАХ**

**Цель работы** – изучение дифференциальных кодовых задержек и влияния их на характеристики трансionoсферных радиолоний. Для инженероо радиосвязи **актуальность проекта** обусловлена необходимостью разработки меропрятий, обеспечивающих минимизацию дифференциальных кодовых задержек в трансionoсферных радиолониях.

Между приемником и спутником располагается слой заряженных частиц – ионосфера Земли. Ионосферой называют пограничную часть атмосферы Земли, в которой уровень ионизации достаточно велик, чтобы оказывать заметное влияние на распространение радиолон. Отрицательно заряженные частицы, хаотично двигаясь, могут менять направление радиолон и даже поглощать их энергию. В результате этого возникают сильные помехи, происходит временное исчезновение радиосвязи или усиление слышимости дальних радиостанций. Основной характеристикой, определяющей изменение параметров радиосигнала, является полное электронное содержание (ПЭС) и его составляющие вдоль пути распространения [1]. Она определяет количество электронов в столбе единичного сечения с основанием у поверхности Земли и до высоты расположения космического аппарата, спутника или некоторой эталонной высоты (рис. 1.10). Общепринятой единицей измерения ПЭС является TECU (1 TECU = 10<sup>16</sup> м<sup>-2</sup>):

$$TECU = N_t = \int_s N_e(z) dz .$$

Кроме того ПЭС является ключевым параметром при определении основных характеристик трансionoсферного радиоканала и испытывает различные вариации (суточные, связанные с циклом солнечной активности и случайными возмущениями профиля). Все это негативно сказывается на распространении радиосигнала в радиоканале и требует дополнительного исследования.

**Методика определения ПЭС.** ПЭС можно определить по данным кодовых измерений на двух частотах [1, 2]:

$$ПЭС = \frac{1}{40,308} \frac{f_1^2 \cdot f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} [(P_2 - P_1) + \sigma P], \quad (1)$$

где  $f_1, f_2$  – рабочие частоты навигационных систем ГЛОНАСС/GPS;  $P_1, P_2$  – дополнительные пути радиосигналов, обусловленные групповым запаздыванием в ионосфере;  $\sigma P$  – ошибка измерения дальности по Р-коду.

Также можно использовать методику определения ПЭС по фазовым измерениям псевдодальности на двух частотах:

$$ПЭС = \frac{1}{40,308} \frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \left[ (L_1 \lambda_1 - L_2 \lambda_2) + const_{1,2} + \sigma L \right], \quad (2)$$

где  $L_1 \lambda_1$  и  $L_2 \lambda_2$  – приращения фазового пути радиосигнала, вызванные задержкой фазы в ионосфере;  $L_1 = \Delta\varphi/2\pi$  и  $L_2 = \Delta\varphi/2\pi$  – фазовые измерения приемника, выполненные на частоте  $f_1$  и  $f_2$  соответственно;  $const_{1,2}$  – неоднозначность фазовых измерений;  $\sigma L$  – ошибка измерения фазы.

В ряде случаев при исследовании ионосферных возмущений требуется некоторая нормировка амплитуды вариаций ПЭС. Для этого используется преобразование «наклонного» ПЭС ( $I$ ) в эквивалентное «вертикальное» значение  $I_V$ , соответствующее  $\theta_s = 90^\circ$ . В случае плоской ионосферы и плоской Земли

$$I_V = I \sin \theta_s; \quad (3)$$

с учетом сферичности

$$I_V = I \cos \left[ \arcsin \left( \frac{R_E}{R_E + h_{\max}} \cos \theta_s \right) \right]. \quad (4)$$

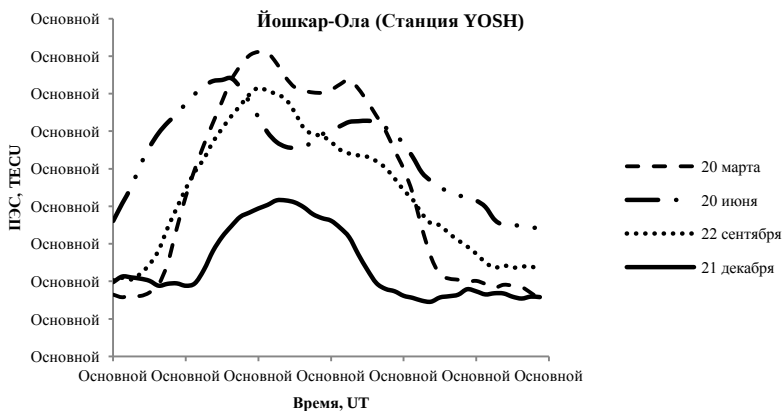
где  $I$  – значение наклонного ПЭС;  $R_E$  – радиус Земли;  $h_{\max}$  – высота максимума концентрации электронов в слое  $F_2$  ионосферы;  $\theta_s$  – угол места навигационного спутника.

Исследования показали, что при углах  $\theta_s > 70^\circ$  возможно использование модели плоская Земля – плоская ионосфера, а в случае низких углов места ( $\theta_s < 30^\circ$ ) необходимо использовать формулу (4).

Однако для определения абсолютного значения ионосферного вертикального ПЭС необходим одновременный учёт групповых и фазовых измерений [3].

Необходимые результаты фазовых и кодовых измерений сигналов спутниковых систем для заданного широтно-долготного региона можно получить из RINEX-файлов. RINEX – стандартный формат хранения и передачи данных измерений приёмников спутниковых радионавигационных систем.

**Экспериментальные результаты станции YOSH (г. Йошкар-Ола).** В качестве экспериментальных данных использовались результаты измерений за 4 дня 2016 года при спокойной ионосфере. Это дни зимнего и летнего солнцестояния и весеннего и осеннего равноденствия. На рисунке представлены суточные ходы ПЭС в выбранные дни.



Суточные ходы абсолютного ПЭС над г. Йошкар-Олой

**Заключение.** Анализируя результаты исследования, можно сделать следующие выводы: во временном интервале 10-13 часов локального времени наблюдается полуденный максимум с явно выраженным переходом к ночной ионосфере в вечернее время. В летние месяцы перепад дневных и ночных значений становится менее выраженным. При этом максимальная амплитуда ПЭС наблюдается в весенний период и составляет 16 TECU, минимальная – в зимний период, 8 TECU.

#### Список литературы

1. Афраймович Э.Л., Первалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. – Иркутск: Изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.

2. Татаринов П.В., Ясюкевич Ю.В., Косогоров Е.А. Определение абсолютного значения полного электронного содержания по данным ГЛОНАСС // Труды конференции XII Конференции молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом»: международная Байкальская молодежная школа по фундаментальной физике. 19-24 сентября 2011 г. – Иркутск, 2011. – С. 255-257.

3. Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мыльникова, В.В. Демьянов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. В. Зуев, М.И. Рябова, А. А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3(19). – С. 18-29

УДК 62-523

**Иванова Лидия Сергеевна,**

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат) гр. ЭиНЭ-31

Научный руководитель **Филимонов Виталий Евгеньевич,**

канд. техн. наук, кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*

*г. Йошкар-Ола*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УХОДА ЗА КОМНАТНЫМИ РАСТЕНИЯМИ**

**Введение.** В настоящее время интерес человека к комнатному цветоводству возрастает, что обусловлено веком высоких технологий и расширенного информационного пространства. Однако существует проблема ухода за комнатными растениями, остающимися без присмотра, которая может быть решена путём автоматизации данного процесса за счёт использования электронных средств [1]. В настоящее время придумано множество автоматизированных систем полива комнатных растений, но нет идеальной системы, учитывающей и другие важные факторы ухода за растением помимо влажности почвы [2].

**Цель работы** – разработать автоматизированную систему ухода за комнатными растениями, которая даёт возможность управлять данными в режиме реального времени, учитывая время суток и время года при работе устройства, включающую автоматизированные грунтовой полив, листовой полив (орошение), регулировку освещённости и учитывающую при своей работе изменение следующих климатических факторов: влаж-

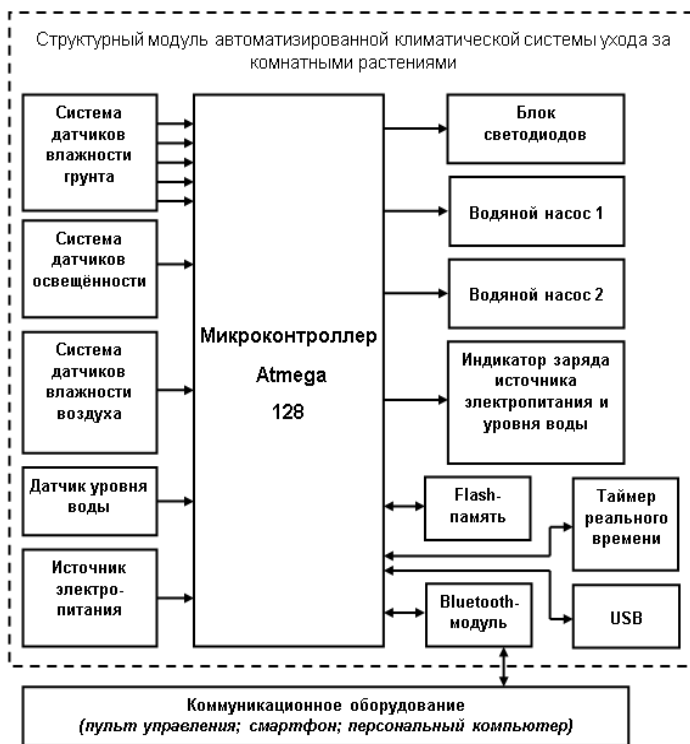
ности грунта после полива, изменение относительной влажности воздуха после орошения, суточной освещённости.

**Решаемые задачи:** 1) разработать усовершенствованную автоматизированную климатическую систему ухода за комнатными растениями, включающую автоматизированные грунтовой полив, листовой полив (орошение), регулировку освещённости; 2) установить влияние изменения влажности грунта после полива, относительной влажности воздуха после орошения, суточной освещённости на качество ухода за комнатными растениями; 3) разработать структурную схему управления автоматизированной системой ухода за комнатными растениями, включающую автоматизированные грунтовой полив, листовой полив (орошение), регулировку освещённости и учитывающую при своей работе изменение влажности грунта после полива, относительной влажности воздуха после орошения, суточной освещённости.

**Техника решения (описание проекта).** Уход за комнатным растением предполагает не только осуществление грунтового полива, но и поддержание определенной влажности воздуха и необходимого освещения растения. Следовательно, чтобы учитывать данные климатические факторы, предлагается добавить в уже существующие автоматизированные системы полива растений, которые состоят из датчика влажности грунта и водяного насоса, дополнительные датчики влажности воздуха и освещения, а также систему распыления воды (орошения листьев) и систему освещения. Также предлагается встроить дополнительные датчики влажности грунта по глубине для возможности составить целостное представление о кинетике изменения влажности в горшке при поливе. Работа устройства основывается на анализе поступающих данных с датчиков, которые фиксируют изменения влажности почвы, влажности воздуха и освещения. В связи с этим были проведены предварительные исследования изменений данных факторов с той целью, чтобы учесть эти исследования при проектировании [3].

Для реализации автоматизированной климатической системы ухода за комнатными растениями была разработана структурная схема, представленная на рисунке.

Эта схема включает микроконтроллер Atmega 128, который программируется через Bluetooth-модуль с помощью коммуникационного устройства. Микроконтроллер управляет автоматизированными системами полива грунта, освещения и орошения листьев и увлажнения воздуха вблизи растения. Составными частями устройства также являются Flash-память и таймер реального времени, позволяющие хранить и управлять данными в режиме реального времени, учитывая время суток



Структурная схема управления автоматизированной климатической системой ухода за комнатными растениями

и время года при работе устройства, а также датчик уровня воды, источник электропитания, индикатор заряда источника электропитания и уровня воды и порт USB для отладки.

Одним из вариантов реализации предлагаемого устройства является вариант, когда все элементы системы, кроме коммуникационного устройства, располагаются в одном корпусе. То есть конечный продукт будет представлять собой цветочный горшок со встроенной автоматизированной климатической системой ухода за комнатным растением, дистанционно управляемой коммуникационным устройством [4].

### Выводы

1. Предложена усовершенствованная автоматизированная климатическая система ухода за комнатными растениями, включающая автома-

тизируемые грунтовой полив, листовой полив (орошение), регулировку освещённости.

2. Установлено влияние изменения влажности грунта после полива, относительной влажности воздуха после орошения, суточной освещённости на качество ухода за комнатными растениями, что выявляет важность данных параметров при этом уходе.

3. Разработана структурная схема управления автоматизированной системой ухода за комнатными растениями, включающая автоматизированные грунтовой полив, листовой полив (орошение), регулировку освещённости и учитывающая при своей работе изменение влажности грунта после полива, относительной влажности воздуха после орошения, суточной освещённости.

### **Список литературы**

1. Трофимов В.Б., Кулаков С.М. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 232 с.

2. Скрипко И.А. Системы полива. – М.: Вече, 2008. – 210 с.

3. Иванова Л.С., Филимонов В.Е. Совершенствование автоматизированных систем ухода за комнатными растениями // Материалы XII международной научной школы «Наука и инновации-2017». – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 134-138.

4. Заявка на патент РФ (полезная модель). МПК А 01 G 9/00 (2016.01). Цветочный горшок с климатической системой / В.Е. Филимонов, Л.С. Иванова. – №2017115591; заявлено 03.05.2017.

УДК 621.396

**Иванов Александр Сергеевич,**

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УиТсм-21

Научный руководитель **Рябов Игорь Владимирович,**

д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола

## **СИСТЕМА ЗАМЕНЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА НА РЕГИОНАЛЬНЫЙ**

Главный вопрос, который надо решать при построении системы замены сигнала, – это выбор оптимального варианта архитектуры распределительной сети цифрового телевидения. От выбранного варианта ар-

хитектуры зависит и схема построения сети цифрового телевидения в Марий Эл. При выборе будущей архитектуры распределительной сети цифрового вещания очевидно, что решением, предусматривающим доставку мультимплекса в точки вещания, кажется вариант только на основе спутниковой связи [2]. К данному варианту подталкивают и существующие ситуации, когда в магистральных распределительных сетях цифровизация аналогового телевидения успешно окончена, а приемные станции аналоговых вещаний получают с функционирующих спутников сигналы в формате *MPEG-4* [4]. Очевидно, что данный же подход должен распространяться и на сети цифрового телевидения без особых изменений. Наземные линии связи рассматривали только как резервные, на случай нестабильной работы спутника, либо в непреднамеренных ситуациях [1].

Необходимо детально рассмотреть вопрос, к которому подтолкнули работы по подготовке технических заданий на разработку проекта развития цифрового вещания в РФ. Очевидно, что проблемы опять же существуют. Забегая вперед, можем сказать, что запланированных спутниковых ресурсов может и не хватить. Данную ситуацию рассмотрим более подробно.

Для организации вещания мультимплекса общедоступных телевизионных программ огромное значение будет иметь замена содержащихся в данных программах видеоматериалов на региональные. К данным региональным видеоматериалам следует отнести выпуск региональных новостей, передач, которые посвящены деятельности местных органов власти, выступления губернаторов, региональные рекламные видеоролики. Отказываться от этой замены представляется затруднительным. Такая замена традиционно практикуется в аналоговом ТВ-вещании и является важным элементом информационной политики местных органов власти. В показе региональной рекламы заинтересованы как крупные телекомпании, так и местные бизнес-организации.

Подобная замена должна будет задействована в региональных центрах формирования телевизионных программ, после этого мультимплекс, дополненный программой, должен быть доставлен в региональный пункт вещания. Определенным образом встает вопрос о различных вариантах доставки регионального пакета ТВ в пункт вещания, об их сравнительном технико-экономическом анализе, а также о роли спутникового средства связи для осуществления доставки.

В данной статье нами рассмотрены различные варианты регионального распределения пакета программ цифрового ТВ-вещания и проведен сравнительный анализ этих вариантов с точки зрения технических и финансовых ресурсов, которые потребуются для реализации каждого из



этих вариантов [3]. При этом особое значение имеет спутниковый ресурс, который требуется для каждого из них, так как именно данный ресурс является наиболее дорогостоящим.

Реализация задач по региональной модификации программ с использованием типовых вариантов построения одночастотных сетей возможна только при реализации схемы, приведенной на рисунке.

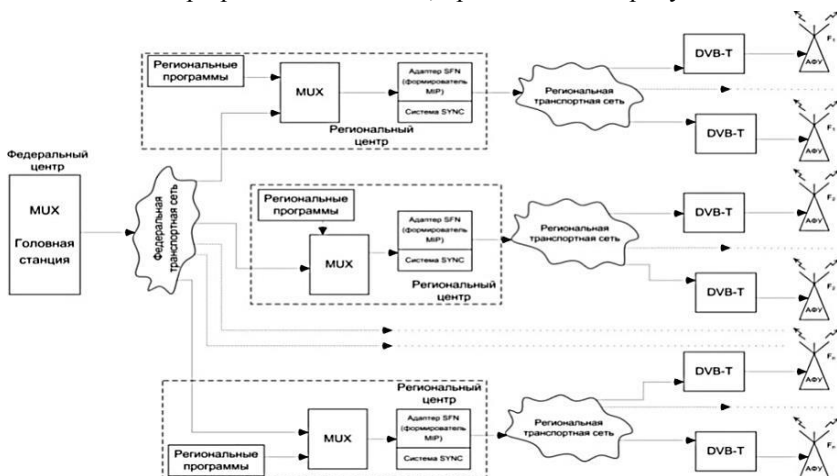


Схема организации региональных сетей при модификации федерального пакета программ

Один из вариантов – это доставка региональных пакетов цифрового ТВ с использованием замены видеоматериалов на региональные в пунктах вещания. В данном варианте сигнал мультиплекса принимается определенно в пункте вещания, и вся вышеописанная процедура, включающая демультиплексирование, вставку регионального сюжета, повторное мультиплексирование и вставку сигнала *MIP*, осуществляется у каждого передатчика.

Очевидно, что при таком варианте сильно поднимается цена передающего комплекса. Для данной реализации понадобится специальный аппаратный комплекс в составе ремультиплексора, видеосервера для хранения принятого регионального материала.

Следующий вариант – это доставка региональных пакетов цифрового ТВ-вещания в пункты вещания с использованием наземной линии связи. Данный вариант по сравнению с предыдущими реалистичен на 100 процентов. Сигнал мультиплекса идет со спутника на региональный вещательный центр, где производят его демультиплексирование. Идут

вставка регионального сюжета, добавление региональной программы, вторичное мультиплексирование и вставка сигналов *MIP*. Таким образом, сформированный региональный пакет программ доставляется в пункт вещания по наземным линиям связи по ВОЛС или ЦРРЛ.

### **Список литературы**

1. Кривошеев М. И. Международная стандартизация цифрового вещательного телевидения: учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 400 с.: ил.
2. Серов А. В. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 464 с.: ил.
3. Телекоммуникационные системы и сети: учебное пособие: в 3 т. Т 1: Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попвнтонопуло, В.П. Шувалов; под ред. проф. В. П. Шувалова. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 647 с.: ил
4. Капуро П.А., Ткаченко А.П. Телевизионные системы: учебно-методическое пособие. – Минск: БГУИР, 2008. – 315 с.

УДК 621.311.25

**Казаков Евгений Васильевич,**

Направление Конструирование и технология электронных средств  
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Захаров Юрий Владимирович,**

канд. техн. наук кафедра проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

### **Цель работы:**

1) исследование систем, использующих возобновляемые источники энергии; 2) исследование фотопреобразователей и конструкций солнечного модуля; 3) исследование потерь мощности солнечного модуля при влиянии на его работу различных факторов.

Для обеспечения заданной потребителем электрической мощности солнечных модулей необходимо собрать и преобразовать энергию солнечного излучения с достаточной площади. При этом либо вся площадь может быть покрыта солнечными фотопреобразователями, либо излучение будет собираться концентраторами и направляться на панель фо-

топреобразователей меньшей площади. И в том и в другом случае количество задействованных фотопреобразователей оказывается велико, и их приходится тем или иным способом соединять между собой [2]. Вследствие несоответствия разброса характеристик фотопреобразователей [3] возникают потери мощности, которые можно уменьшить, выбрав наиболее подходящую для данных конкретных условий схему соединения элементов. Вопросы потерь мощности в солнечной батарее или модуле могут быть рассмотрены с различных позиций, основывающихся как на аналитических, так и на численных методах расчета вольтамперной характеристики солнечных элементов.

Качество солнечных элементов очень часто оценивается коэффициентом заполнения вольтамперной характеристики [3]:

$$\xi = P_0 / u_{xx} * i_{кз}, \quad (1)$$

где  $P_0$  – максимальная электрическая мощность, генерируемая освещенным солнечным элементом;  $u_{xx}$  и  $i_{кз}$  – напряжение холостого хода и ток короткого замыкания солнечного элемента при заданном освещении.

Очевидно, коэффициент  $\xi$  характеризует в первую очередь степень прямоугольности вольтамперной характеристики солнечного элемента, которая не отражает эффективности нескольких соединенных солнечных элементов с точки зрения потерь, вызванных соединением элементов в батарею.

Для увеличения выходного напряжения СБ солнечные элементы соединяются последовательно в цепочки элементов. Если все элементы обладают одинаковыми параметрами и освещенность их также одинакова, то выходное напряжение, даваемое цепочкой из  $n$  солнечных элементов, равно

$$u_a = u_1 n, \quad (2)$$

а ток, даваемый цепочкой, не зависит от числа элементов  $n$ . В реальных условиях часть элементов оказывается затененной и ток цепочки определяется наиболее затененным элементом. Соответственно, напряжения, даваемые каждым из элементов цепочки, различаются, и формула (2) становится весьма приближенной, а при существенно различающихся уровнях освещенности элементов и не применимой далее для приближенных оценок. С другой стороны, и в условиях одинаковой освещенности фототоки  $i_\phi$ , генерируемые элементами, различаются, что также приводит к некорректности (2). Аналогичная ситуация создается и в отношении мощности, снимаемой с цепочки.

Для обеспечения необходимой мощности солнечная батарея собирается из параллельно соединенных цепочек солнечных элементов.

Анализ потерь мощности в солнечной батарее, влияния затенения, разброса параметров элементов в этом случае весьма затруднен и в литературе отсутствует. Для решения этого вопроса предлагается упрощенная процедура. Она заключается в следующем. При параллельном соединении элементов напряжение на них считается равным напряжению, генерируемому наименее облученным элементом. При последовательном соединении параллельных секций ток определяется наихудшей секцией. Исходя из этих правил, ведется суммирование токов и напряжений и вычисляется полная мощность солнечной батареи [4].

Система энергоснабжения автономного объекта представляет собой совокупность трех независимых друг от друга подсистем:

- подсистема на основе солнечных модулей с асимметричными параболическими концентраторами, обеспечивающая автономный объект электричеством, горячей водой и частично теплом для отопления автономного объекта;
- подсистема дублера теплоснабжения;
- подсистема непосредственного солнечного отопления автономного объекта, основанного на циркуляции теплого воздуха из гелиоприемников в помещения дома при помощи вентилятора.

Система имеет дублирующий источник тепла – водяной электрический котел, который в свою очередь имеет питание от генераторов, работающих на органическом топливе.

Система классифицируется как круглогодичная, с дублерами нагрева воды, с комбинированной системой тепло- и энергоснабжения, двухконтурная с жидкостным (антифриз) первичным теплоносителем, с принудительной циркуляцией теплоносителя с помощью насосов.

### **Выводы**

1. Разработаны рекомендации по проектированию и оптимизации теплового баланса автономных объектов для повышения эффективности применения систем энергоснабжения на основе комплексного использования солнечной энергии и традиционных видов топлива.

2. Предложена комбинированная система подачи электроснабжения на основе солнечных модулей с асимметричными концентраторами, имеющая в составе дублирующий водяной котел на твердом топливе и резервный генератор на органическом топливе, обеспечивающая устойчивое энергоснабжение автономного объекта.

### **Список литературы**

1. Доброхотов В.И. Роль возобновляемых источников энергии в энергетической стратегии России // Теплоэнергетика. – 2011. – № 2. – С. 2-3.

2. Энергосберегающие и нетрадиционные технологии производства электроэнергии / А.И. Леонтьев, В.И., Доброхотов И.А. Новожилов, О.О. Мильман, В.А. Федоров // Теплоэнергетика. – 2009. – №4. – С. 2-6.

3. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. – СПб.: Наука 2009. – 310 с.

4. Проблемы развития и использования малой и возобновляемой энергетики в России: тезисы докладов семинара. – СПб.: ЦНИИЭлектроприбор, 2007. – 42 с.

5. Cable R., Cooen G., Rearney D., Price H. SEGS PlantPerformance 19 // ASME International Solar Energyconference, Albuquerque, NM, June, 2007 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.desware.net/> (свободный доступ) (дата обращения 05.12.2016).

УДК 621.371:551.510.535

**Каширов Алексей Валерьевич,**

направление Информационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-11

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **АНАЛИЗ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН ПО ИОНОСФЕРНЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ**

Коротковолновая радиосвязь играет большую роль в структуре сети страны. Свойства связи в области высоких частот делают ее в некоторых случаях незаменимой. Для дециметровых радиотехнических систем общим радиотехническим элементом являются ионосферные каналы распространения. Характеристики каналов распространения зависят от рабочей частоты, пропускной способности канала и других параметров канала. Эти параметры имеют региональные особенности и зависят от различных ионосферных возмущений. Слабый учет этих факторов приводит к ухудшению помехоустойчивости, скрытности и надежности радиосвязи.

Надежность радиотехнической системы непостоянна вследствие того, что среда распространения испытывает постоянные вариации. Поэтому для повышения надежности радиосвязи необходимо применять некоторые методы адаптации системы, основанной на определении и

прогнозировании характеристик среды в реальном времени. При этом для работы выбираются наилучшие рабочие частоты и информационно-технические характеристики.

К ионизации атмосферы приводит солнечное излучение. Оно состоит из электромагнитной и корпускулярной составляющих. Электромагнитная составляющая, в свою очередь, состоит из ультрафиолетового и рентгеновского излучений. Каждая часть солнечного излучения воздействует на разные области атмосферы.

Ионосфера характеризуется развитой хаотической неоднородной структурой в виде электронных облаков с повышенной или пониженной относительно среднего концентрацией электронов. Их масштабы составляют от единиц метров до сотен километров. Они могут быть связаны как с турбулентной структурой ионосферы, так и с многочисленными неустойчивостями ионосферной плазмы. Неоднородности ионосферы приводят к рассеянию и дефокусировке радиоволны, а сигналы, распространяющиеся через области неоднородностей, испытывают искажения. Существенное влияние на ионосферные сигналы также оказывают такие явления, как внезапные ионосферные возмущения (ВИВ), перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ). ВИВ возникают внезапно, длятся от нескольких минут до нескольких часов. Большая их часть обусловлена вспышками на солнце. При ПИВ возникают периодические изменения электронной концентрации. В большинстве случаев ПИВ коррелируют с солнечными вспышками и магнитными возмущениями, однако иногда они независимы от этих событий. Ионосферные бури генерируются потоком заряженных частиц, называемым «солнечным ветром», выбрасываемым в момент вспышек.

Под помехами понимаются все колебания в радиоканале, мешающие приему и искажающие полезный сигнал. Радиопомехи могут возникать в самом приемном устройстве (РПУ), так называемые внутренние помехи, и вне РПУ – в ионосферном канале, так называемые внешние помехи. В совокупности помехи определяют электромагнитную обстановку в месте приема.

Искажения полезного сигнала в РПУ обусловлены неидеальностью его характеристик, а искажения вне РПУ чаще всего обусловлены внешними процессами, сопровождающими распространение радиоволн, такими как многолучевость, частотная интерференция, эффект Доплера и т.д.

Внешние помехи, влияющие на распространение радиоволн при работе в ДКМ-диапазоне, можно подразделить на активные и пассивные. Разновидностями активных помех являются помехи, обусловленные

тепловым излучением Земли, атмосферные помехи, космические (галактические) помехи, помехи от радиостанций, промышленные помехи. Пассивные помехи в основном обусловлены отражением сигнала от земной поверхности (при многоскачковом распространении), ионосферными неоднородностями.

Помехи, обусловленные тепловым излучением от земной поверхности, являются очень малыми по сравнению с другими видами помех. Поверхность Земли является источником электромагнитного излучения в широком диапазоне частот, как и всякое нагретое тело.

Источником атмосферных помех являются различные электрические процессы, проявляющиеся в атмосфере. Так, грозовые разряды проходят одновременно примерно 100 раз в секунду по всему земному шару. Они могут воздействовать на РПУ даже при отсутствии местных гроз. Здесь можно выделить два вида электрических процессов: импульсные (ближние грозы) и флуктуационные (дальние грозы).

Космические помехи обусловлены радиоизлучением межзвездного газа, звезд. Уровень помех зависит от частоты, времени суток, года, ориентации антенны относительно неба, географических координат места приема и т.д. По функциональным характеристикам шумы характерны «белому» тепловому шуму. С ростом частоты галактические помехи убывают.

Промышленные помехи обусловлены работой различных электрических установок, создающих излучения в диапазоне ДКМ. Эти помехи распространяются либо в виде электромагнитных излучений земной волной, либо в виде высокочастотных токов по токонесущим проводам, которые также могут быть излучателями помех. В основном уровень помех зависит от географических координат приема и времени суток.

Источниками сосредоточенных помех являются радиостанции, их энергия заключена в узком диапазоне частот. Такие помехи подразделяют на преднамеренные и непреднамеренные. Последние обусловлены нарушением регламента распределения радиочастот или при расположении РПУ вблизи передатчиков с недостаточной «чистотой» спектра излучения. Преднамеренные помехи в основном используются в военной технике для подавления радиосредств противника.

Основными источниками пассивных помех являются диффузная и дискретная многолучевости, доплеровское смещение частоты, частотная дисперсия, сигналы кругосветного эха и для многоскачковых линий рассеянные сигналы, отраженные от Земли. Они являются наиболее мощным источником пассивной помехи для РТС, так как имеют сложный характер.

Для эффективной работы необходимы сведения о текущей помеховой обстановке и условиях распространения, по которым меняются параметры систем. Адаптация при этом производится по рабочей частоте, т.е. выбирается оптимальная частота.

#### ***Список литературы***

1. Рябова Н.В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 292 с.

2. Иванов В.А., Рябова Н.В., Шумаев В.В. Основы радиотехнических систем ДКМ-диапазона: учебное пособие / под общ. ред. проф. В.А. Иванова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – 204 с.

УДК 004.05

**Ковалев Егор Владимирович,**

направление Конструирование и технология электронных средств  
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель **Захаров Юрий Владимирович,**

канд. техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПО КРИТЕРИЮ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОТ ПРИБОРОВ УЧЕТА**

**Целью работы** является анализ построения систем учета энергоресурсов по отдельным видам учета с целью разработки универсального контроллера системы учета энергоресурсов, пригодного для решения общих задач.

Проведен анализ различных электронных устройств учета в автоматизированных системах учета потребления энергетических ресурсов в ЖКХ. На его основе выбраны основные протоколы передачи данных, распространенные в России. Основные характеристики протоколов приведены в таблице 1.

Наиболее рациональной методикой при выборе протокола является метод анализа иерархий (МАИ). Преимущество МАИ над большинством существующих методов – четкое выражение суждений экспертов и лиц, принимающих решение, а также ясное представление структуры проблемы: элементов и взаимозависимостей между ними. Метод анализа иерархий опирается на достаточно простые элементы, которые оцениваются в шкале МАИ в виде суждений экспертов. А затем на основа-



нии обработки экспертных оценок определяется относительная степень их взаимного влияния в иерархии [1, 2].

Таблица 1 – Основные характеристики протоколов

| Протокол          | Максимальное число подключенных устройств | Быстродействие | Расстояние передачи | Необходимость дополнительного контроллера | Длина данных     | Безопасность | Цена    | Защита от внешнего вмешательства |
|-------------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------------------|------------------|--------------|---------|----------------------------------|
| HART              | 15                                        | 9,6 кбит/с     | 3 км                | +                                         | 253 байта        | Низкая       | Средняя | Низкая                           |
| CAN               | 64                                        | 20 кбит/с      | 1 км                | +                                         | 8 байт           | Высокая      | Средняя | Высокая                          |
| Profibus DP и FMS | 32                                        | 12 Мбит/с      | 15 км               | +                                         | 244 байт         | Средний      | Средняя | Средняя                          |
| Profibus PA       | 32                                        | 31,25 кбит/с   | 1,9 км              | +                                         | 244 байт         | Средний      | Средняя | Средняя                          |
| Modbus            | 32                                        | 19,2 кбит/с    | 1 км                | -                                         | 252 байта        | Высокая      | Низкая  | Средняя                          |
| Ethernet          | Не ограничено                             | 10 Мбит/с      | 2 км                | +                                         | 1500 байта       | Высокая      | Высокая | Низкая                           |
| DCON              | 16                                        | 9,6 кбит / с   | 1,2 км              | -                                         | 256 байт         | Низкая       | Низкая  | Низкая                           |
| Wi-Fi             | Не ограничено                             | 2 Мбит/с       | 200 м               | +                                         | Переменная длина | Высокая      | Высокая | Низкая                           |
| Bluetooth         | 8                                         | 723 кбит/с     | 100 м               | +                                         | Переменная длина | Высокая      | Средняя | Низкая                           |
| ZigBee            | 64000                                     | 250 кбит/с     | 80 м                | +                                         | 1280 байт        | Высокая      | Низкая  | Низкая                           |

Таблица 2 – Расчет глобального приоритета

|                   | Векторы приоритетов                  |                        |                             |                         |                      |                      |              |                                          | Глобальный приоритет (ГП) |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------|------------------------------------------|---------------------------|
|                   | Максимальное число устройств (0,047) | Быстродействие (0,070) | Расстояние передачи (0,099) | Доп. контроллер (0,101) | Длина данных (0,100) | Безопасность (0,228) | Цена (0,253) | Защита от внешнего вмешательства (0,202) |                           |
| HART              | 0,035                                | 0,063                  | 0,116                       | 0,040                   | 0,101                | 0,027                | 0,049        | 0,069                                    | 0,021                     |
| CAN               | 0,079                                | 0,072                  | 0,095                       | 0,036                   | 0,019                | 0,133                | 0,048        | 0,191                                    | 0,061                     |
| Profibus DP и FMS | 0,054                                | 0,162                  | 0,183                       | 0,037                   | 0,094                | 0,072                | 0,050        | 0,134                                    | 0,030                     |
| Profibus PA       | 0,052                                | 0,079                  | 0,105                       | 0,042                   | 0,097                | 0,076                | 0,047        | 0,127                                    | 0,042                     |
| ModBus            | 0,053                                | 0,071                  | 0,097                       | 0,366                   | 0,098                | 0,142                | 0,306        | 0,138                                    | 0,093                     |
| Ethernet          | 0,261                                | 0,183                  | 0,106                       | 0,035                   | 0,123                | 0,129                | 0,037        | 0,071                                    | 0,026                     |
| DCON              | 0,039                                | 0,064                  | 0,099                       | 0,334                   | 0,099                | 0,027                | 0,202        | 0,058                                    | 0,029                     |
| Wi-Fi             | 0,239                                | 0,127                  | 0,076                       | 0,036                   | 0,138                | 0,128                | 0,037        | 0,068                                    | 0,035                     |
| Bluetooth         | 0,024                                | 0,101                  | 0,070                       | 0,035                   | 0,122                | 0,139                | 0,061        | 0,074                                    | 0,056                     |
| ZigBee            | 0,164                                | 0,088                  | 0,053                       | 0,039                   | 0,109                | 0,133                | 0,163        | 0,070                                    | 0,074                     |

Метод анализа иерархий включает в себя парные сравнения, разработку шкалы для преобразования суждений в числовые значения, использование обратно симметричных отношений [1].

Чтобы принять окончательное решение по выбору протокола, необходимо значения векторов приоритета по каждому фактору перенести в таблицу и рассчитать глобальный приоритет.

Глобальный приоритет определяется путем суммирования произведений значимости критерия (таблица 2) на вектор приоритета критерия по каждому протоколу.

Сравнивая полученные значения, определяют рейтинг всех протоколов. Высокий рейтинг будет соответствовать наибольшему значению

глобального вектора приоритета. Согласно исходным данным, наибольший приоритет оказался у протокола ModBus.

### ***Список литературы***

1. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 464 с.

УДК 621.391.63.681

**Кошаева Елена Павловна, Романова Анастасия Владимировна,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(бакалавр), гр. ИТС-31

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**  
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*  
*г. Йошкар-Ола*

## **АТМОСФЕРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ**

Атмосферная оптическая линия связи (АОЛС) – вид связи, позволяющий передавать данные между объектами в атмосфере, имея оптическое соединение без использования оптоволокну или радиоэфира.

Современное широкое распространение АОЛС во многих странах мира началось в 1998 году, когда были созданы недорогие полупроводниковые лазеры мощностью в 100 мВт и более. В это же время возникла потребность в лазерной связи, так как стали стремительно развиваться информационные технологии.

Лазерная связь двух объектов осуществляется только посредством соединения типа «точка-точка». Технология основывается на передаче данных модулированным излучением в инфракрасной части спектра через атмосферу. Передатчиком служит мощный полупроводниковый лазерный диод.

Использование атмосферной оптической связи очень удобно, так как не требуется сложный и дорогостоящий монтаж, как при прокладке кабельных систем.

Еще одним большим достоинством использования атмосферных оптических линий связи является то, что считывание или перехват сигнала осуществить незаметно невозможно. Этот фактор очень часто является ключевым для некоторых организаций.

Есть и недостатки. Главным минусом АОЛС является их зависимость от погодных условий. При дистанции видимости менее 100 метров из-за сильного тумана, снега, дождя, задымления большинство устройств не смогут установить соединение. Необходимость прямой видимости между приемопередающими модулями также ограничивает сферу применения АОЛС. Для борьбы с недостатками сразу можно использовать систему компенсации ослабления мощности излучения. Для работы линии связи в хорошую погоду не требуется 100 % мощность излучателя, поэтому ее можно уменьшить, а при плохих погодных условиях увеличить.

При практическом использовании лазеров в системах атмосферной связи необходимо учитывать совокупное влияние взаимодействия излучения с атмосферой – одновременно поглощающей, рассеивающей и случайно неоднородной средой. Это влияние может изменяться в чрезвычайно широком диапазоне. Поэтому для обеспечения работоспособности АОЛС на заданной дистанции с определенным уровнем надежности (или доступности канала) необходимо иметь достаточный динамический запас энергетического потенциала.

При установке станций для успешной работы необходимо учитывать следующие рекомендации:

- на пути луча не должно быть препятствий;
- не следует устанавливать блоки АЛС на лифтовых шахтах, около вытяжных вентиляторов, обслуживающих здания машин, колебания которых могут вызывать отклонение луча;
- не следует монтировать блоки АЛС на сооружениях, которые могут изгибаться под действием тепловых и ветровых нагрузок;
- не следует располагать блоки АЛС вблизи локальных источников тепла, находящихся в створе проложенной линии (вентиляционных выходов, систем кондиционирования воздуха, труб промышленных предприятий и т. п.).

**Выводы.** Итак, связь по лазерному лучу через атмосферу в настоящее время стала реальной. Она обеспечивает передачу большого количества информации с высокой надежностью на расстояниях до 5 км и наиболее просто и эффективно решает проблему "последней мили".

Высокая стоимость решений на основе АОЛС не позволяет ожидать их массового применения, но для некоторых специфических ситуаций эти решения оказываются единственно возможными, например, в тех случаях, когда от беспроводного канала связи требуются помехозащищенность и помехобезопасность или существуют проблемы с выделением для использования диапазона радиочастот.

### **Список литературы**

1. Милинкус Б., Петров В. Атмосферная лазерная связь // Радиоэлектроника и телекоммуникации. – 2001. – №5(18).
2. Влияние погодных условий на надежность атмосферной оптической связи / Ю.И. Зеленюк, И.В. Огнев, С.Ю. Поляков, С.Е. Широбакин // Вестник связи. – 2002. – № 4.
3. Повышение доступности оптической телекоммуникационной системы с атмосферными сегментами / Б.А. Кузяков, М.А. Карпов, Е.В. Егорова и др. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2013. – Т. 18, №12. – С. 38-43.
4. Павлов Н. М. Коэффициент готовности атмосферного канала АОЛП и методы его определения // Фотон-Экспресс. – 2006. – №6. – С. 78-90.
5. Гидрометцентр России [Электронный курс]. – Режим доступа: <http://meteoinfo.ru>.

УДК 621.396.67

**Кушназаров Аббос Акромович, Ким Ольга Александровна,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи,  
гр. ИТС-31

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**  
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОДОСТУПА**

Технология Wi-Fi поддерживает практически каждое современное мобильное устройство. Точки доступа Wi-Fi открыты в большинстве кафе, ресторанов, отелей; Wi-Fi роутер устанавливают в квартирах, чтобы избавиться от проводов. Современные стандарты Wi-Fi позволяют подключиться к интернету в радиусе 300 метров (на практике – в радиусе нескольких десятков метров).

Wi-Fi имеет несколько стандартов. Наиболее часто используемый в наше время имеет максимальную скорость подключения 54 Мбит/с. Более новые стандарты предлагают скорость до 450 Мбит/с, а в перспективе будут давать и до 600 Мбит/с. Стандарт также определяет частоты, на которых осуществляется связь: от 2,4 до 5 ГГц.

Технология WiMAX, также как и Wi-Fi, имеет несколько стандартов, определяющих кроме скорости соединения (до 40-75 Мбит/с) и частотных диапазонов (1,5-13,6 ГГц) еще и радиус действия (1-80 км).

Действующие на территории нашей страны операторы сетей WiMAX используют разные частотные диапазоны и различное оборудование, несовместимое друг с другом. В России до сих пор нет WiMAX-сетей для конечных пользователей, сети ориентированы на компании, причем только крупные. WiMAX не является прямым конкурентом Wi-Fi, так как эти технологии направлены на решение различных задач.

Благодаря огромному количеству всевозможных планшетных ПК, смартфонов и ноутбуков, которые имеются на отечественном рынке, пользователи все больше и чаще нуждаются в высокоскоростном беспроводном интернет-соединении. А как известно, спрос рождает предложение. Вот и здесь, мобильные операторы, учитывая огромный спрос, просто вынуждены предоставить своим абонентам более качественное и скоростное соединение. Именно по этой причине в современные сети мобильной связи активно внедряются новые технологии, наиболее перспективной из которых является именно технология LTE. Сегодня мы наблюдаем постепенный переход от 3G к четвертому поколению связи, и именно технология LTE позволяет сделать это плавно и незаметно для пользователей. Это объясняется тем, что реализация LTE возможна в разных частотных диапазонах. LTE – это уникальная технология построения сети мобильной связи, которая относится к четвертому поколению связи. Построена эта технология на базе IP-технологий, а это означает, что технология обладает повышенной скоростью передачи информации. Стандарт LTE был разработан и утвержден международным партнерским объединением 3GPP.

В первую очередь, стандарт связи LTE был разработан для достижения следующих целей:

- снижение стоимости передачи информации по беспроводной сети;
- существенное повышение скорости передачи данных;
- расширение спектра предоставляемых услуг и снижение их стоимости;
- увеличение гибкости применения уже имеющихся систем мобильной связи.

Главной целью разработки стандарта LTE является увеличение скорости передачи данных по беспроводным сетям. Все остальные цели автоматически будут достигнуты при достижении первой. Интеграция технологии LTE предоставляет возможность создания высокоскоростных систем мобильной связи, которые будут оптимизированы именно для пакетной передачи данных. При этом скорость в канале приема (download) теоретически составляет 326 Мбит/с, а в канале отдачи (upload) – 75 Мбит/с.

### **Список литературы**

1. Гельгор А.Л., Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие Е. А. Попов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 204 с.
2. Милютин Е.Р., Василенко Г.О., Сиверс М.А. Методы расчета поля в системах связи Г.О. Василенко, М. А. Сиверс. – СПб.: Трида, 2003. – 159 с.

УДК 621.396

**Ландышев Федор Альбертович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи, гр. ИТС-11

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*

*г. Йошкар-Ола*

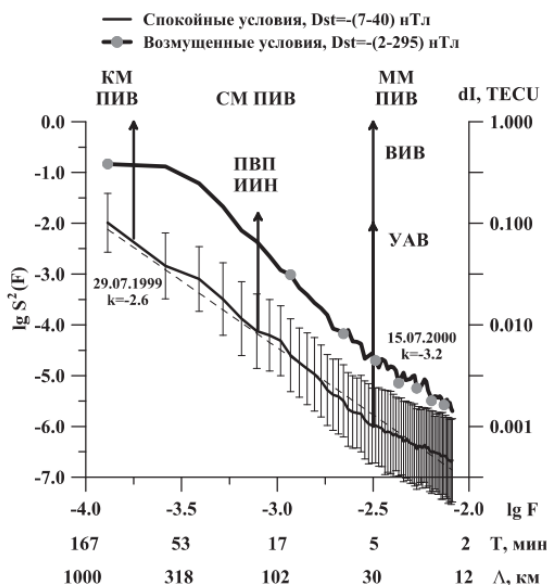
## **КЛАССИФИКАЦИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

Классификация ионосферных неоднородностей производится на основе их пространственно-временных масштабов, степени изменения электронной концентрации и скорости перемещения. На рисунке отмечены основные типы ионосферных возмущений: КМ ПИВ, СМ ПИВ, ММ ПИВ – крупномасштабные, среднемасштабные и мелкомасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения соответственно; ПВП – перемещающиеся волновые пакеты; ИИН – изолированные ионосферные неоднородности; УАВ – ударно-акустические волны; ВИВ – незапные ионосферные возмущения, вызванные солнечными вспышками. Пространственно-временные масштабы ионосферных возмущений зависят непосредственно от параметров иницирующего воздействия (см. обзоры [Davies, 1990; Hockeand Schlegel, 1996; Григорьев, 1999]).

*Крупномасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения.* Авроральные процессы, сопровождающие мощные магнитные бури, генерируют КМ ПИВ, являющиеся ионосферным откликом внутренних атмосферных акустико-гравитационных волн (АГВ), с временным периодом порядка 1 ч и длиной волны свыше 1000 км. Эти возмущения перемещаются в основном в экваториальном направлении со скоростью порядка 300000 м/с.

*Среднемасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения,* возникающие при различных возмущениях нейтральной атмосферы на низких и средних высотах (погодные явления, движение солнечного терминатора, сверхзвуковое движение лунной тени при солнечном затмении и т.д.), создают в ионосфере своеобразное интерференционное

поле возмущений с характерными периодами 20-60 мин., длинами волн от 50 до 300 км и всевозможными направлениями перемещения. Считается, что нейтральный ветер при некоторых условиях фильтрует СМ ПИВ по направлениям перемещения так, что можно выделить определенное преобладающее направление. Как правило, среднемасштабные ПИВ имеют наклон фронта около  $45^\circ$  вниз относительно плоскости горизонта, а их интенсивность  $\Delta N_e / N_e$  составляет 5-30%. К классу СМ ПИВ относятся и некоторые особые типы перемещающихся возмущений – перемещающиеся волновые пакеты, изолированные ионосферные неоднородности, имеющие форму импульсов длительностью 10-20 мин. СМ ПИВ вызывают рефракционные искажения радиосигналов.



Средние спектры мощности вариаций ПЭС для спокойных и возмущенных геомагнитных условий

*Мелкомасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения* обычно ассоциируются с погодной активностью. Период таких возмущений лежит в пределах 1-10 мин., а характерный пространственный масштаб составляет 100-1000 м. К мелкомасштабным ПИВ близки неоднородности промежуточного масштаба (ПМ ПИВ), имеющие тот же временной период 1-10 мин. и пространственные размеры 1-0 км. ММ-

и ПМ-неоднородности вызывают явление F-рассеяния и мерцания радиосигналов.

*Ударные акустические волны.* Ударные волны, возникающие при землетрясениях, вулканических и промышленных взрывах, запусках космических аппаратов, генерируют широкий спектр АГВ с различными периодами и длинами волн. Особый интерес проявляется к так называемой «быстрой моде» ионосферного отклика ударной волны, распространяющейся с высокой скоростью (около 1000 м/с). В литературе для обозначения этой моды применяют термины, отличающиеся различной физической интерпретацией, в настоящей работе мы используем термин «ударно-акустическая волна». Периоды УАВ лежат в пределах 30-300 с.

Внезапные ионосферные возмущения. Увеличение интенсивности рентгеновского и ультрафиолетового (УФ) излучения, наблюдаемое во время хромосферных вспышек на Солнце, немедленно вызывает возрастание электронной концентрации в ионосфере. Такие изменения  $N_e$  различны для разных высот и носят общее название внезапных ионосферных возмущений. ВИВ чаще всего имеют импульсный характер, длительность порядка 1 мин., и наблюдаются одновременно на всей освещенной стороне.

#### **Список литературы**

1. Calais and Mister, 1995, 1996; Beach et al., 1997; Fitzgerald, 1997; Afraimovich et al., 1997.
2. Афраймович Э.Л. Первалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. – Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.

УДК 621.396

**Левченко Александр Александрович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи, гр. ИТС-11

**Научный руководитель Зуев Алексей Валерьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

### **GPS-ДЕТЕКТОР ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

Новую эру в дистанционной диагностике ионосферы открыло развитие глобальной навигационной системы (GPS) и создание на ее основе широко разветвленной сети приемников GPS. Активная разработка



технологий использования GPS-измерений для решения различных задач начата в конце 80-х годов.

В настоящее время бурно развивается использование данных GPS (глобальной навигационной системы) для исследования неоднородностей ионизации разных масштабов в ионосфере. Пионерские работы в этом направлении были посвящены регистрации отклика полного электронного содержания на солнечные затмения, землетрясения, наземные взрывы и запуски космических аппаратов. Чувствительность фазовых измерений в системе GPS позволяет детектировать неоднородности с характерным временным масштабом до 5 минут и амплитудой до  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  от суточного измерения полного электронного содержания.

Регистрация сигналов спутников на разнесённых приемниках GPS дает возможность определять пространственные параметры неоднородностей и характеристики их движений. Проблема заключается в развитии методов обработки данных. Значительный вклад в решение этой проблемы был внесен исследовательской группой Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Разработана идеология и создан программный комплекс глобального детектирования и мониторинга ионосферных возмущений естественного и техногенного происхождения на основе фазовых измерений вариаций полного электронного содержания, сделанных с помощью сигналов навигационной системы GPS. При данном подходе глобальная (региональная) сеть GPS-приемников используется как единый объект – глобальный (региональный) GPS-детектор.

GPS-детектор как часть комплекса мониторинга космической погоды в околоземном космическом пространстве отличается от ранее известных средств радиозондирования ионосферы непрерывностью наблюдений, высоким пространственно-временным разрешением и чувствительностью, а также стандартизацией и технологичностью обработки данных. Глобальный GPS-детектор может быть использован и как тестер трансionoсферного радиоканала распространения сигналов радиотехнических систем космического базирования и космических радиоисточников. GPS-детектор представляет собой возможности для изучения параметров самой системы GPS, в том числе надежности ее функционирования и помехозащищенности, особенно при эксплуатации в экстремальных условиях (например, во время сильных геомагнитных возмущений).

Дано описание метода, основных характеристик и ограничений и ограничений глобальной и региональных решеток GPS-приемников.

Возможности новой системы мониторинга продемонстрированы на примерах исследования возмущений электронной концентрации различных классов: ионосферные эффекты солнечных вспышек и затмений; крупномасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения, связанные с геомагнитными бурями; акустические ударные волны, генерируемые при запусках ракет, землетрясениях и взрывах; среднемасштабные изолированные ионосферные неоднородности и перемещающиеся волновые пакеты. Приведены также результаты анализа качества функционирования приемников GPS в возмущенных условиях.

#### **Список литературы**

1. Calais and Mister, 1995, 1996; Beach et al., 1997; Fitzgerald, 1997; Afraimovich et al., 1997.
2. Афраймович Э.Л., Перевалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. – Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.

УДК 621

**Левчук Сергей Константинович,**

направление Управление в технических системах (магистратура),  
гр. УИТСм-11

Научный руководитель **Петухов Игорь Валерьевич,**

д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

**Целью работы** является разработка комплекса для психофизиологического тестирования операторов подвижных объектов с использованием технологий виртуальной реальности и высокой точности измерительной подсистемы.

#### **Задачи данной работы:**

- определить и обосновать целесообразность использования данного набора психофизиологических тестов;
- создать аппаратный комплекс для данного набора психофизиологических тестов с использованием оптической синхронизации при помощи ПЛИС;

- собрать результаты тестирований и проанализировать их.

**Методы исследования:**

- сравнительный анализ;
- натурный эксперимент.

Одним из наиболее важных параметров, характеризующих эффективность операторской деятельности, является способность оператора корректировать свои действия, поддерживая на выходе заданные параметры объекта управления [1]. В данной статье описываются структура и принцип работы аппаратно-программного комплекса психофизиологического тестирования.

Современные аппаратные комплексы по тестированию профессионально важных качеств операторов, такие как УПФТ-1/30 «Психофизиолог» не позволяют оценить характеристики пространственного восприятия объектов и реализовать сложные трехмерные тестовые сцены.

Программные комплексы психофизиологического тестирования НС "Психотест" обладают высокой погрешностью измерений при тестах, предъявляемых на мониторе компьютера из-за реализации их в виде программ в операционной среде Windows.

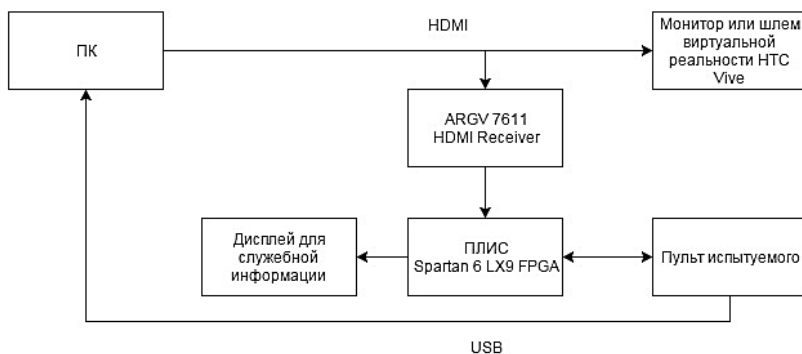
Для повышения точности психофизиологических исследований планируется использование ПЛИС в качестве центра измерительной подсистемы. Она будет анализировать видеоряд психофизиологического теста, проводя поиск меток синхронизации и параллельно регистрируя данные времени реакции пользователя, что позволяет исключить задержки, вызванные операционной системой. Использование шлема виртуальной реальности позволит оценить характеристики объемного зрения, а также реализовать виртуальные тренажеры техники различных классов.

Комплекс психофизиологического тестирования будет состоять из системного блока, блока измерительной подсистемы, пульта испытуемого, шлема виртуальной реальности и монитора для отображения служебной информации. Для обеспечения мобильности разработки возможно использование ноутбука вместо стационарного системного блока.

Рассмотрим принцип работы данной системы на примере входящего в ее состав теста реакции на движущийся объект (РДО):

На персональном компьютере (ПК) запускается тест. Затем при прохождении контрольной точки на экране появляются метки синхронизации, которые считываются ПЛИС, и запускается таймер. Когда человек реагирует с помощью пульта испытуемого (нажимает кнопку), сигнал параллельно ПК поступает на ПЛИС и останавливает таймер. Таким образом, исключаются задержки ОС и повышается точность

определения времени реакции человека. Аналогично происходит на других тестах, входящих в состав системы



Структурная схема разрабатываемой системы

Область применения данной системы – это центры профессиональной подготовки операторов подвижных объектов и научно-исследовательские институты, занимающиеся проблемами исследований в области человеко-машинного взаимодействия.

Был проведен патентный поиск, показавший отсутствие систем психофизиологического тестирования, использующих анализ видеосигнала при помощи ПЛИС для синхронизации средства отображения и измерительной подсистемы.

**Вывод.** Разработана система оценки профессиональной пригодности операторов подвижных объектов с использованием технологии виртуальной реальности, позволяющая с высокой точностью получать результаты тестирования.

### Список литературы

1. Петухов И.В. Система поддержки принятия решений при оценке профпригодности оператора эргатических систем (на примере транспортно-технологических машин): автореф. дис. ... д-ра техн. Наук: 05.13.01. – Уфа, 2013. – 32 с.
2. Петухов И.В. Методологические основы оценки профпригодности оператора эргатических систем // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №2. – URL: [www.science-education.ru/108-8581](http://www.science-education.ru/108-8581) (дата обращения: 19.10.2017)

УДК 621.371:551.510.535

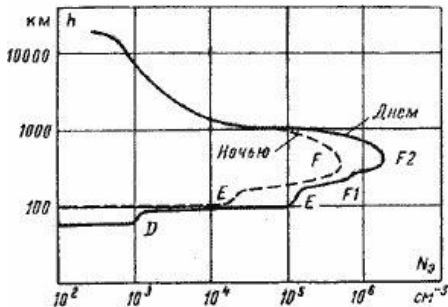
**Максимов Максим Александрович, Носов Александр Петрович,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(бакалавриат), гр. ИТС-31

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**  
канд. технических наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола

## ИОНОСФЕРНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

**Цель работы** – изучить основные особенности распространения ионосферных радиоволн и выделить основные характеристики ионосферы.

Над поверхностью Земли на возвышении 60-1000 километров находится слой ионосферы – ионизированная область верхних оболочек атмосферы. Процесс ионизации появляется под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца. Таким образом, от солнечного излучения зависит структура ионосферы. Ионосфера обладает свойством отражения, преломления и ослабления радиосигналов.



Распределение плотности электронов по высоте атмосферы

При встрече свободного электрона с ионизированным атомом совершается их объединение (рекомбинация). На крупных высотах насыщенность атмосферы мала. По этой причине возможность встречи свободного электрона с ионом газа невелика, и существенная доля газа оказывается ионизированной. Степень ионизации газа определяется многочисленными условиями.

Во-первых, поскольку главным фактором ионизации считается излучение Солнца, очевидно то, что процессы ионизации стремительно происходят на участках земной атмосферы, обращенной к Солнцу. Поэтому в дневное время в ходе ионизации появляется большее число свободных электронов и ионизированных молекул, нежели в ночное время. К тому же это увеличение интенсивности солнечного излучения в дневной период приводит к

ионизации оболочек атмосферы, находящихся ближе к поверхности планеты, т.е. к снижению высоты ионизированных газов.

Большие неоднородности ионизированного газа вызывают рассеяние радиоволн. Отмеченные явления определяет среда распространения радиоволн в ионосфере.

Ионосфера в целом считается квазинейтральной, т.е. количества существующих в ней положительных и отрицательных зарядов одинаковы.

Ионизацию образуют, кроме того, метеоры, врывающиеся в земную атмосферу со скоростями 11-73 км/с. Помимо повышения среднего значения ионизации метеоры формируют местную ионизацию. За метеором образовывается столб ионизированного газа, который стремительно расширяется и рассеивается, существуя в атмосфере от одной до нескольких секунд. Подобные ионизированные следы метеоров возникают на высоте 80-120 километров над общеземной поверхностью. Характеристика метеорных частиц, попадающих в земную атмосферу, и плотность ионизированного следа, оставляемого ими, приведены в таблице.

| Масса частиц, г | Радиус частиц, см | Число частиц, падающих ежедневно на Землю | Электронная плотность $N_e$ , $\text{с} \cdot \text{м}^{-3}$ |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1               | 0,4               | $10^5$                                    | $2 * 10^{15}$                                                |
| $10^{-3}$       | 0,04              | $10^8$                                    | $2 * 10^{14}$                                                |
| $10^{-3}$       | 0,008             | $10^{10}$                                 | $5 * 10^{13}$                                                |

Уже после прекращения воздействия источника ионизации электронная плотность убывает согласно гиперболическому закону. По этой причине с заходом Солнца ионизация в нижних слоях ионосферы теряется не моментально, а в верхних слоях сохраняется на протяжении целой ночи.

При распространении радиоволны в неоднородной среде её траектория искривляется. При достаточно высокой электронной плотности кривизна линии движения волны может оказаться до такой степени сильной, что волна вернется на плоскость Земли на определенном расстоянии от места излучения, т. е. случится отражение радиоволны в ионосфере. Отражение радиоволн, направленных с поверхности Земли на ионосферу, происходит в толще ионизированного газа. Отражение может случиться только лишь в той зоне ионосферы, где диэлектрическая проницаемость убывает с высотой, а следовательно, электронная плотность возрастает с высотой, т. е. ниже максимума электронной плотности ионосферного слоя.

**Выводы.** Ионосфера состоит из разных слоев, расположенных на разной высоте. В зависимости от угла, образованного ионосферой и из-

лучаемым сигналом, возможны несколько вариантов распространения радиоволн. Радиоволны излучаются радиостанцией вертикально вверх или под достаточно большим углом по отношению к горизонту. Такие волны лишь немного преломляются и уходят в космос. Излучение радиоволн происходит под меньшим углом к горизонту. Такие волны отражаются от ионосферы и возвращаются на Землю. Правда, при этом они несколько ослабляются, или "затухают". Достигнув Земли, они вновь отражаются от нее и опять направляются к ионосфере. В случае такого распространения радиоволн существуют зоны, куда волна просто не попадает, и прием радиосигнала вообще невозможен.

### **Список литературы**

1. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О.В. Головин, С.П. Простов; под ред. О.В. Головина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – С. 354.
2. Информационно-аналитическая система для исследования ионосферы и каналов декаметровей радиосвязи: научное издание / А.Б. Егшин, В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 323 с.
3. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М: Горячая Линия – Телеком», 2007.

УДК 621.317.799

**Набиуллин Санжар Намозович,**

направление Электроника и наноэлектроника (магистратура), гр. ЭиНЭм-11;

**Шабдаров Евгений Васильевич,**

направление Электроника, радиотехника и системы связи (аспирантура)

Научный руководитель **Леухин Владимир Николаевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования

и производства радиоаппаратуры

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*

*г. Йошкар-Ола*

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ И РЕЗИСТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЧЕТЫРЕХЗОНДОВОГО МЕТОДА**

**Целью работы** является создание установки для измерения удельного поверхностного сопротивления полупроводниковых и резистивных материалов на основе четырехзондового метода.

В технологии интегральных схем необходимо осуществлять постоянный контроль величины удельного сопротивления полупроводниковых материалов. Существующее оборудование для измерения удельного сопротивления дорогостоящее и недоступно для использования в лабораторных исследованиях. Поэтому на современном этапе достаточно актуальной остается разработка точных и дешевых устройств за счет использования отладочной платы Arduino Mega 2560.

Все методы измерения удельного сопротивления подразделяют на две группы: контактные и бесконтактные. Наиболее распространенными являются контактные методы, в которых образец непосредственно подключен к контактам измерительных приборов. Эти методы основаны на законе Ома. Основным требованием для применения контактных методов является то, что сопротивление образца должно во много раз превышать сопротивление контактов и прочих элементов измерительной аппаратуры. Рассмотрим наиболее распространенные методы.

*Двухзондовый метод измерения.* Основным контактным методом для измерения удельного электрического сопротивления (УЭС) является двухзондовый метод, использовавшийся для определения УЭС металлических материалов, имеющих правильную геометрическую форму (прямоугольная пластина) и неизменное известное поперечное сечение. Схема измерения двухзондовым методом приведена на рисунке 1. Основной сложностью данного метода является изготовление омических контактов к торцам образца [1].

*Четырехзондовый метод измерения.* Схема измерения четырехзондовым методом приведена на рисунке 2. На плоской поверхности образца вдоль прямой линии размещены четыре металлических зонда с малой площадью соприкосновения. Расстояния между зондами  $s_1$ ,  $s_2$  и  $s_3$ . Через внешние зонды 1 и 4 пропускают электрический ток  $I_{14}$ , на внутренних зондах 2 и 3 измеряют разность потенциалов  $U_{23}$  с помощью вольтметра с высоким входным сопротивлением. По измеренным значениям  $I_{14}$  и  $U_{23}$  можно определить удельное сопротивление полупроводника.

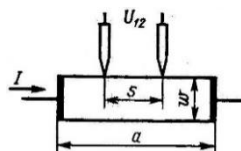


Рис. 1. Схема измерения двухзондовым методом

$$\rho = \frac{U_{23}}{I_{14}} \frac{\pi t}{\ln 2}, \quad (1)$$

где  $t$  – толщина полупроводникового слоя.



Преимущество четырёхзондового метода состоит в следующем:

- обладает высокими метрологическими показателями;
- не требуется создания омических контактов;
- возможно измерение удельного объёмного сопротивления образцов самой разнообразной формы и размеров.

**Однозондовый метод измерения УЭС.** Данный метод реализуется из двухзондового метода при помощи соединения одной из клемм потенциометра с токопроводящим контактом. Схема измерения однозондовым методом приведена на рисунке 3.

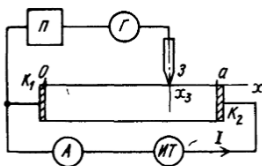


Рис. 3. Схема измерения однозондовым методом

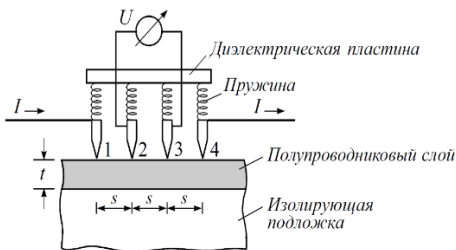


Рис. 2. Схема измерения четырехзондовым методом

Зонд, находящийся на поверхности образца является подвижным. Рассматривается также разность потенциалов между двумя точками образца. Расчет удельного сопротивления производится при помощи следующей формулы:

$$\rho = \frac{S}{I} \cdot \frac{\varphi(x_{3_1}) - \varphi(x_{3_2})}{x_{3_1} - x_{3_2}}, \quad (2)$$

где  $\varphi(x_i)$  – потенциал в точке  $x_i$ ;  $S$  – площадь поперечного сечения образца;  $I$  – ток, протекающий через образец [2].

С помощью данного метода можно исследовать образец на предмет однородности УЭС. В частности, авторами была разработана автоматизированная система для измерения электрического потенциала [3]. При протекании тока через образец сопротивление образца суммируется из двух составляющих: объёмного сопротивления самого образца и сопротивления контактов.

**Описание установки.** Структурная схема установки для измерения удельного поверхностного сопротивления полупроводниковых материалов на основе четырехзондового метода представлена на рисунке 4, а опытный образец показан на рисунке 5.

Модуль управления состоит из 9 блоков: отладочной платы Arduino Mega 2560, 12-битного ЦАП, генератора тока (ГТ), измерительного усилителя (У), драйвера шагового двигателя, шагового двигателя, зондовой головки (ЗГ), датчика положения ЗГ, дисплея. Управление процессами

устройства происходит через отладочную плату Arduino Mega 2560, построенную на микроконтроллере ATmega 2560 с 10-битным АЦП на аналоговых входах.

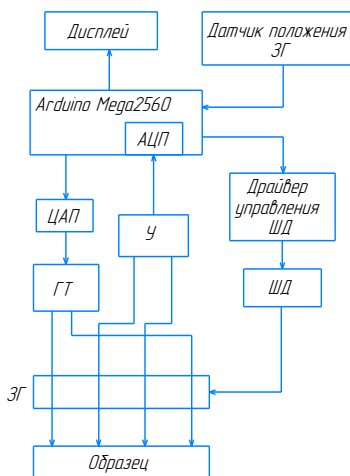


Рис. 4. Структурная схема установки



Рис. 5. Опытный образец установки для измерения удельного сопротивления

Поверхностное сопротивление  $R_{нов}$  определяется выражением

$$R_{нов} = K \cdot \frac{U}{I}, \quad (3)$$

где  $K$  – поправочный коэффициент.

Напряжение между внутренними зондами ЗГ

$$U = |U_1 - U_2|, \quad (4)$$

где  $U_1 = (U_{он} \cdot A1)/2^{10}$  и  $U_2 = (U_{он} \cdot A2)/2^{10}$ .

Ток через образец

$$I = (U_{оп} \cdot A3)/(2^{12} \cdot R1), \quad (5)$$

где  $U_{он}$  – опорное напряжение ЦАП и АЦП входов Arduino;  $A1$  и  $A2$  – результат работы АЦП;  $A3$  – отправляемое дискретное десятичное значение на ЦАП.

Из соотношений (3), (4) и (5) следует, что

$$R_{нов} = 4 \cdot K \cdot R_1 \cdot \frac{|A1 - A2|}{43}. \quad (6)$$

Таким образом, определяемое из измерений сопротивление  $R_{нов}$  не зависит от значения тока через образец.

**Алгоритм работы установки.** Установка для измерения удельного поверхностного сопротивления работает на одном режиме.

После включения тумблера SA1 «Сеть» установка ждет нажатия кнопки SB2 «Отпустить ЗГ»

После нажатия кнопки SB2 «Отпустить ЗГ» ЗГ отпускается и измеряется одно значение удельного поверхностного сопротивления  $R_{нов}$ . Далее выводит это значение на LSD-дисплей.

Нажатием кнопки SB3 «Измерить  $R_{нов}$ » можно измерять  $R_{нов}$ .

Нажатием кнопки SB1 «Поднять ЗГ» ЗГ устанавливается в исходное состояние.

После этого измерение можно повторить в другой точке образца.

### Список литературы

1. Воробьев Ю. В., Добровольский В. Н., Стриха В. И. Методы исследования полупроводников. – К.: Высшая школа, 1988. – 232 с.
2. Батавин В. В., Концевой Ю. А., Федорович Ю. В. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
3. Автоматизированная система измерения потенциала на поверхности пленочного резистора / Е. В. Шабдаров, В. Н. Леухин // Материалы Двенадцатой международной научной школы «Наука и инновации-2017» ISS «SI-2017». – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. – С. 142-146.

УДК 621.382:612.08

**Назарова Мария Сергеевна,**

направление проектирование вычислительных систем  
(магистратура), гр. ЭВСм-11

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола

### **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

В настоящее время развитие компьютерных технологий привело к организации рабочих мест, оснащенных электронными устройствами,

генерирующими электромагнитные поля широкого спектра. И все больше людей становится подвержена их влиянию. Поэтому возникают проблемы, связанные с ухудшением работоспособности людей из-за длительной работы за компьютером [1]. Эти проблемы проявляются в утомлении, ослаблении внимания во время работы и в целом негативно сказываются на самочувствии работающего.

В первую очередь, негативное воздействие компьютер оказывает на зрительную систему человека. Основной причиной зрительного утомления являются продолжительность работы и ее темп. Все это вызывает психоэмоциональное напряжение и усиливает негативное воздействие других трудовых условий.

Поэтому необходимо знать факторы, негативно влияющие на здоровье человека при работе на ПК, и системы профилактики их вредного воздействия. Однако в современном обществе мало исследована проблема производственной патологии людей, работающих с компьютерными технологиями [2].

В связи с вышесказанным возникает необходимость в создании инструмента, направленного на уменьшение вреда от продолжительной работы за компьютером и позволяющего поддерживать высокую работоспособность человека.

**Целью работы** является разработка комплекса для определения функционального состояния человека.

Функциональное состояние человека – это комплекс наличных характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение трудовой деятельности. Параметры функционального состояния характеризуют степень работоспособности и воздействие рабочей среды на организм человека.

К наиболее широко используемым методам оценки функционального состояния человека относятся физиологические (измерение пульса, давления и т.д.), психофизиологические (функции анализаторов), психологические (внимание, память и т.д.), прямая оценка работоспособности (измерение количества ошибок и т.д.) [3].

Наиболее перспективным является использование психологических показателей [4], так как их определение не вызывает больших затруднений, не требует специальных средств, а также оценка состояния может производиться непосредственно в процессе работы.

После анализа работоспособности как функционального состояния и обзора методов и математических моделей для прогнозирования был выбран статистический метод с моделью линейной регрессии для решения поставленной цели.

Оценивание работоспособности человека как функционального состояния проводилось путем анализа ошибок в тексте.

Рассматривали параметр  $K$  – показатель правильности ввода:

$$K = \frac{\left(\frac{Z \cdot X}{Y} - N\right)}{\frac{Z \cdot X}{Y}}, \quad (1)$$

где  $X$  – показатель допустимого количества ошибок;  $Y$  – количество текста,  $N$  – количество ошибок, допущенное при наборе текста.

Показатель производительности или продуктивности работы

$$E = Z \cdot K, \quad (2)$$

где  $Z$  – количество введенных знаков с клавиатуры.

Показатель темпа выполнения (для оценки устойчивости внимания)

$$A = \frac{Z}{t}, \quad (3)$$

где  $A$  – темп выполнения;  $Z$  – количество введенных знаков с клавиатуры;  $t$  – время выполнения.

Коэффициент правильности ввода  $K$  и количество набранных знаков  $Z$  приводятся к шкальным значениям, и вычисляется интегральный показатель внимания. По полученному шкальному значению интегрального показателя внимательности принимается решение и выводится соответствующее сообщение пользователю.

По результатам проверки пользователь должен совершить отдых, если это необходимо.

Для разработки прогностической модели использовали регрессионный анализ.

Уравнение регрессии

$$E = at + b, \quad (4)$$

где  $E$  – производительность труда оператора;  $t$  – время измерения;  $a$  и  $b$  – коэффициенты регрессии:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i E_i - \sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n E_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2}, \quad (5)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n E_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n t_i E_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2}. \quad (6)$$

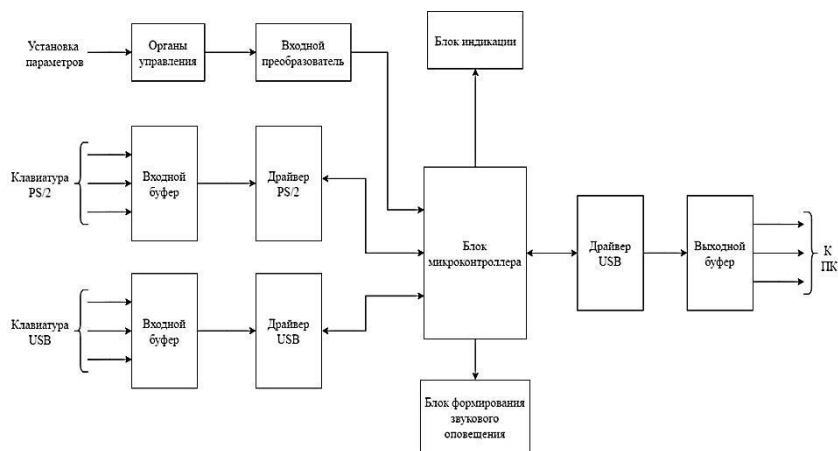
Для проверки данной математической модели проводили имитационное моделирование.

Рассмотрим аппаратную реализацию математической модели. На рисунке представлена общая структурная схема устройства.

Устройство состоит из блока микроконтроллера, удовлетворяющего системным требованиям (производительность, надежность, условия применения и т.д.), входного и выходного буфера.

Входной буфер – клавиатура, выходной – компьютер. В устройство входят также драйверы (посредники между клавиатурой, подключенной к драйверам, и микропроцессором), органы управления (для управления устройством), блок индикации (вывод сообщений), блок формирования звукового оповещения (оповещение человека о необходимости перерыва или росте утомляемости).

На основе алгоритма, полученного из модели, происходит вычисление регрессионных коэффициентов, которые используются для прогнозирования изменения состояния работоспособности. При возрастании утомления происходит оповещение человека посредством звукового сигнала и сообщения, выводимого на экран.



Общая структурная схема устройства

**Выводы.** Аппаратно-программный комплекс для определения функционального состояния человека позволит повысить эффективность работы на компьютерах путем прогнозирования изменения состояния работоспособности и минимизировать влияние вредных факторов на здоровье человека.

### **Список литературы**

1. Тебенова К.С., Сраубаев Е.Н., Мусина А.А. К вопросу о динамике когнитивных функций в условиях операторской деятельности // Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 2. – С. 25-30.
2. Особенности развития утомления у профессионалов пользователей при работе на компьютере и его профилактика / Н.Н. Хасанова, А.Х. Агиров, Ю.Ю. Даугов, Т.А. Филимонова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2013. – №2 (119). – С. 88-97.
3. Нерсисян Л.С., Бухерзон Е.Г., Зазыкин В.Г. О прогнозировании готовности к экстренному действию операторов в состоянии утомления // Проблемы инженерной психологии: Тез. 6 Всесоюз. конф. по инженерной психологии. –Л., 1984. – С. 98-102.
4. Душков Б.А. Инженерная психология. – М.: Высш. шк., 2001. – 381 с.
5. Заявка 2556840 Российская Федерация, МПК А61В 5/16, А61В 5/024. Способ коррекции функционального состояния человека-оператора и устройство для его осуществления [Текст] / Варнавский А.Н. (РФ) ; заявитель и патентообладатель Рязанский гос. радиотехн. ун-т – № 2013147899/14 ; заявл. 28.10.2013 ; опубл. 20.07.2015, Бюл. № 20.
6. Алиев М. Т., Тихонов С. Л. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – №3. – С.76-85.

УДК 621.396.67

**Назмутдинов Фархат Фирдусович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ЗИТСМ-21

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович,**

канд. техн. наук, кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИРЕКТОРНЫХ АНТЕНН С УДЛИНЁННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ НА ДВА ПРОЦЕНТА И УКОРОЧЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА ВОСЕМЬ ПРОЦЕНТОВ В ДЛИНАХ ВОЛН ОТНОСИТЕЛЬНО АКТИВНОГО ВИБРАТОРА**

**Цель работы** – выявление конструкций трехэлементных директорных антенн с удлинённым рефлектором на два процента и уменьшенным директором на восемь процентов в длинах волн относительно активного вибратора, обеспечивающих наибольший рабочий диапазон

частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад и наименьший средний уровень  $KCB$  в полосе рабочих частот для конструкций с расстоянием от активного вибратора до рефлектора 0,12 длины волны.

#### Решаемые задачи:

- автоматизация процессов расчета частотно-зависимых параметров антенн в программе *MMANA GAL Pro*;
- обработка частотно-зависимых массивов и расчет параметров антенн с помощью табличного процессора *MS Excel*;
- анализ полученных результатов.

При разработке антенн важным является обеспечение требуемой полосы рабочих частот для передачи информации без потерь. Коэффициент усиления антенны является определяющим при обеспечении требуемой дальности действия радиосистемы. При работе в дуплексном режиме необходимо получение наибольших значений отношений излучения вперед/назад для уменьшения влияния на приемную часть системы связи. Использование многоэлементных вибраторных структур позволяет улучшить указанные параметры антенн, но необходимо исследование таких конструкций путем их численного моделирования и расчета их параметров.

Ввиду необходимости исследования большого количества конструкций антенн использованы возможности программы *Tronan Macro Machine* для создания моделей антенн и получения частотно-зависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн с помощью макроса, аналогичного созданному ранее [1]. Использована авторская методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн.

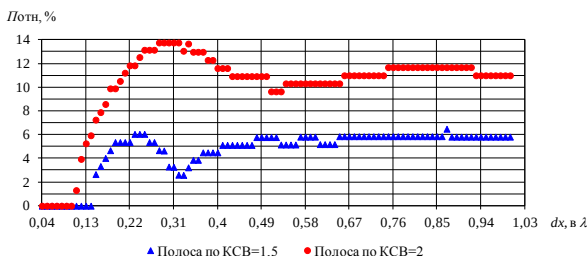


Рис. 1. Зависимости относительной полосы рабочих частот  $P_{отн}$  от расстояния между активным вибратором и директором

С помощью файла, созданного в табличном процессоре *MS Excel* рассчитаны параметры заданных вариантов конструкций трехэлемент-



ных директорных антенн и построены зависимости относительной полосы рабочих частот, средних значений коэффициента усиления, отношения излучения вперед/назад,  $KCB$  в полосе рабочих частот по уровню  $KCB = 1,5$  и 2 при расстояниях от активного вибратора до директора в пределах  $0,04 \cdot \lambda \dots 1,03 \cdot \lambda$  (см. рис. 1-3).

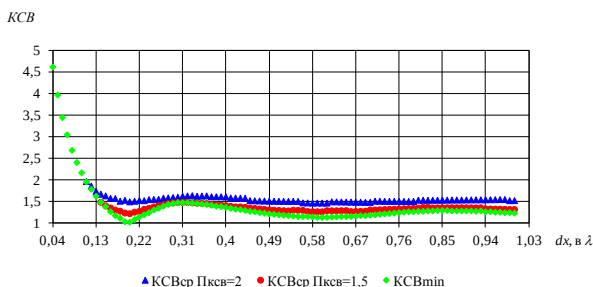


Рис. 2. Зависимости средних значений  $KCB$  в полосе рабочих частот и минимального значения  $KCB$  от расстояния между активным вибратором и директором

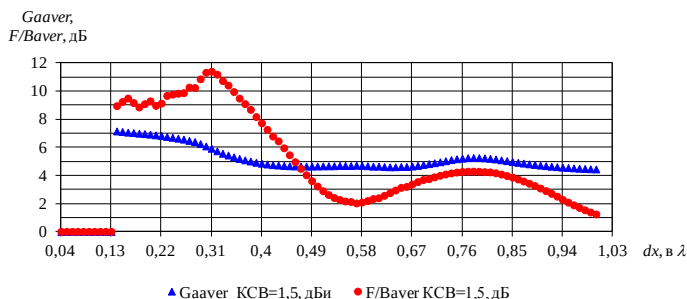


Рис. 3. Зависимости средних значений коэффициента усиления  $Gaver$  и значений отношения излучения вперед/назад  $F/Baver$  в полосе рабочих частот от расстояния между активным вибратором и директором по уровню  $KCB = 1,5$

**Выводы.** Совокупность конструкций трехэлементных директорных антенн с удлинненным рефлектором на два процента и укороченным директором на восемь процентов в длинах волн относительно активного вибратора при диаметре проводников  $0,004$  длины волны с изолированной траверсой при расстояниях от активного вибратора до рефлектора  $0,12 \cdot \lambda$  и от активного вибратора до директора от  $0,04 \cdot \lambda$  до  $1,03 \cdot \lambda$  с шагом  $0,01 \cdot \lambda$  обеспечивает следующие предельно достижимые параметры:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $P_{OTH} = 6,49 \%$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,87 \cdot \lambda$ );  $Ga_{AVER} = 7,14$  дБи ( $d_{AB-ДПР} = 0,14 \cdot \lambda$ ) и  $F/B_{AVER} = 11,39$  дБ ( $d_{AB-ДПР} = 0,31 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,22$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,2 \cdot \lambda$ );

- по уровню  $KCB = 2$ :  $P_{OTH} = 13,16 \%$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,25 \cdot \lambda$ );  $Ga_{AVER} = 7,09$  дБи ( $d_{AB-ДПР} = 0,08 \cdot \lambda$ ) и  $F/B_{AVER} = 11,15$  дБ ( $d_{AB-ДПР} = 0,09 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,47$  ( $d_{AB-ДПР} = 0,58 \cdot \lambda$ );

В случае необходимости обеспечения максимальных значений параметров антенны для равнозначных весовых коэффициентов значимости параметров рекомендуются конструкции, обеспечивающие:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $P_{OTH} = 6,06 \%$ ,  $Ga_{AVER} = 6,75$  дБи и  $F/B_{AVER} = 6,75$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,33$  при расстоянии  $d_{AB-ДПР} = 0,23 \cdot \lambda$ ;

- по уровню  $KCB = 2$ :  $P_{OTH} = 13,16 \%$ ,  $Ga_{AVER} = 6,51$  дБи и  $F/B_{AVER} = 10,29$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,55$  при расстоянии  $d_{AB-ДПР} = 0,25 \cdot \lambda$ .

### Список литературы

1. Иванов В. А., Рябова Н. В., Павлов В. В. The radiation patterns of an antenna in MMANA for Tronan Macro Machine: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011619372 от 07.12.2011 г. / Роспатент. – Москва, 2011.

УДК 621.396

**Нечунаев Юрий Владимирович,**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-21

Научный руководитель **Роженцов Алексей Аркадьевич,**

д-р техн. наук, профессор кафедры радиотехнических

и медико-биологических систем

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

г. Йошкар-Ола

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЛОКАТОРА НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ ДЛЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Рассматривается задача поиска людей в крупных лесных массивах.

Для поиска людей в завалах и снежных лавинах применяется немало устройств. При поиске людей, потерявшихся в лесу, на данный момент специальные приборы не применяются [1].

Обычно человек имеет с собой сотовый телефон, который во включенном состоянии можно приравнять к активному маркеру, а в выключенном состоянии – к пассивному маркеру [2]. Для целей поиска людей

с пассивным маркером предполагается использование ЛН с высоты 30-300 метров. Высота 300 метров часто используется легкими вертолетами для поисков, а высоты ниже можно использовать при поиске с мультикоптеров и других беспилотных летательных аппаратов.

Предварительно был произведен расчет в программе Labview (формула (1)), который подтверждает принципиальную возможность создания ЛН для дальности около 150 метров.

$$P_{N_{\text{пр.}}} = \frac{P_{\text{изл.}} \cdot G_{\text{изл.}} \cdot G_{N_{\text{пр.}}} \cdot \lambda^2}{(4\pi R)^4} \cdot \frac{\lambda^2}{N^2} \cdot G_{\text{НО}_{\text{пр}}} \cdot G_{N_{\text{пр.}}} \cdot \xi_N(\omega, P_{\text{изл.}}) \cdot K_1(\omega) K_2(\omega_N). \quad (1)$$

Была использована формула расчета мощности отклика объекта на 2-й гармонике в месте расположения приемной антенны локатора. Результаты расчета представлены на рисунке 1.

Согласно проведенному расчету, мощность отклика составила  $P_n = 2.47112E-12$ , что согласуется с чувствительностью распространенных приемных антенн.

Этот результат получен при использовании излучающей антенны со сравнительно небольшим коэффициентом усиления  $G_{\text{изл.}} = 6$  дБ. Если использовать рупорную антенну, можно смоделировать очень высокий

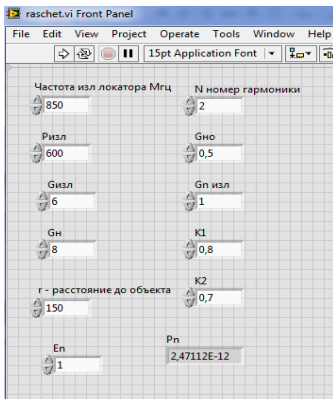


Рис. 1. Результаты расчета мощности отклика на дальности 150 м

коэффициент усиления антенны, который примерно соответствует коэффициенту усиления фазированных антенных решеток [4]. Кроме того, при использовании рупорной антенны можно смоделировать в широких пределах рабочий диапазон частот антенны объекта.

Коэффициент усиления антенны  $G$  связан с эффективной площадью антенны  $A_{эфф}$  соотношением

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{эфф}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина волны,  $\lambda = c/f$ ;  $A_{эфф}$  – эффективная площадь антенны, определяемая на рабочей частоте по частотной характеристике антенны.

Частоте  $f = 2,4$  ГГц соответствует  $A_{эфф} = 590$  см<sup>2</sup>, или 0,059 м<sup>2</sup>. Значит, коэффициент усиления составит  $G = 47,43$  дБ (формула (3)).

$$G = \frac{4 \cdot 3,14}{0,125^2} * 0,059 = 47,43. \quad (3)$$

Таким образом, можно провести расчеты с более высокими характеристиками для достижения заданной дальности.

Проведем расчет с учетом коэффициента усиления рупорной антенны  $G_{изл} = 47$  дБ. Частота излучения  $f = 2400$  МГц. Дальность 300 метров. В результате получаем мощность отклика  $P_n = 1,90349$  Е-14.

Такой мощности отклика может оказаться недостаточно для приемной антенны. Однако возможно разработать рупорную антенну с одним или несколькими излучателями и с еще более высоким коэффициентом усиления. Поэтому в дальнейшей работе рассчитаем характеристики излучающей антенны, найдем оптимальную частоту локатора нелинейностей с помощью математической модели в среде MathCAD.

### Список литературы

1. Обнаружение и дистанционная диагностика состояния людей за препятствиями с помощью РЛС / А.С. Бугаев, И.А. Васильев, С.И. Ивашев и др. // Радиотехника. – 2003. – №7. – С. 42–47.
2. Нелинейные рассеиватели как средство маркировки объектов / Л.Ш. Агрба, Н.Ю. Бабанов, О.С. Бычков и др. // Нелинейный мир. – 2007. – Т. 5, №7–8. – С. 35–40.
3. Об обнаружении нелинейных рассеивателей / А.А. Горбачев, В.И. Данилов, Е.П. Чигин и др. // Радиотехника и электроника. – 1996. – Т. 41, № 8. – С. 951–953.
4. Роженцов А.А. Зондирующие сигналы и их обработка в радиолокационных и радионавигационных системах: учебное пособие. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – С. 324–325.
5. Легкий Н. М. Обеспечение производственной эффективности при проектировании и производстве устройств радиочастотной идентификации: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.22 / МГТУ МИРЭА – М., 2011. – 292 с.

**Перцев Дмитрий Андреевич,**

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УИТСм-11

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОДОЧНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МОТОР-ГЕНЕРАТОРОМ**

**Цель работы** – разработка системы управления лодочным электрическим мотор-генератором. Создание принципиально нового типа электродвигателей позволит значительно увеличить время использования водного транспорта до полной разрядки аккумулятора.

Водоёмы для Российской Федерации и для многих странах СНГ являются важными путями сообщения. Множество людей ежедневно используют реки, озёра и другие водоёмы для перемещения, перевозки грузов, туризма.

Большинство водного транспорта оснащено двигателями внутреннего сгорания. Такие двигатели оказывают огромное влияние на окружающую среду и такое воздействие не имеет положительных последствий.

**Актуальность проекта** обусловлена тем, что множество людей предпочитают лодочные электродвигатели за их бесшумность экологичность и лёгкость использования. Но использование данного типа двигателей имеет свои недостатки, например долгое время зарядки аккумулятора и небольшое время работы.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать систему с применением мотор-генератора, которая сможет компенсировать часть затраченной на работу энергии для увеличения времени работы.

### **Принцип работы устройства.**

При включении системы оператор выбирает режим работы, в котором будет работать мотор-генератор. При выборе режима «мотор-генератор» начинает вращаться внешний ротор. В основе мотор-генератора лежит двухроторный вентильный двигатель. Вращение с внешнего ротора передаётся на гребной винт, вследствие чего начинается движение водного средства передвижения. После начала движения встречный поток начинает вращать винт турбины, соединённой с внутренним ротором посредством планетарной передачи для увеличения

скорости вращения внутреннего ротора. Вследствие вращения внутреннего ротора начинает вырабатываться электроэнергия. Полученная энергия идёт на подзарядку аккумулятора, что способствует значительному увеличению времени работы. Также вследствие вращения внутреннего ротора, возникающий магнитный момент оказывает подкручивающее воздействие на внешний ротор. Следствием этого является увеличение момента вращения, что повышает тягу мотор-генератора.

На рисунке 1 представлена структурная схема системы управления мотор-генератором.

Блок микроконтроллер является основным вычислительным устройством системы. Отвечает за обработку информации и выработку управляющих сигналов. К данному сегменту подключены все остальные модули.

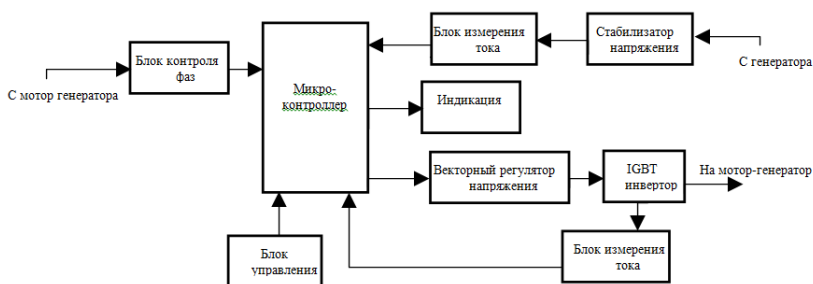


Рис. 1. Структурная схема системы управления мотор-генератором

Инвертор подаёт управляющий сигнал на три фазы мотор-генератора. С каждой фазы снимается значение силы тока и передаётся на микроконтроллер для анализа и дальнейших вычислений.

Выработанная энергия с мотор-генератора поступает на стабилизатор напряжения, необходимый для поддержания стабильного качества и напряжения, после чего поступает на аккумуляторную батарею.

Блок измерения тока, построенный на операционном усилителе, снимает значение тока и передаёт на микроконтроллер для анализа.

На рисунке 2 представлен алгоритм работы системы.

После включения питания системы происходит проверка заряда аккумуляторной батареи. Если заряд находится на критическом уровне, то пользователю предлагается выбрать режим «генератор». Если заряд аккумулятора превышает критический уровень, то пользователю предлагается выбор между двумя режимами работы мотор-генератора.



3. Буканова Т.С., Алиев М.Т. Микропроцессорная система электропривода на основе двухроторной электрической машины с дифференциальным управлением // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. – Т. 16, № 2. – С. 106-110.

4. Алиев М.Т., Буканова Т.С., Шарипова Т.Р. Электропривод на основе двухроторной электрической машины с планетарной передачей // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. – 2015. – № 3. – С. 70-74.

5. Буканова Т.С., Савиных А.Б., Алиев М.Т. Алгоритм управления электроприводом с дифференциальным торможением // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 5. – С. 120-129.

УДК 621.37

**Петухов Олег Геннадьевич,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21

Научный руководитель **Чернышев Александр Юрьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ И ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНО-ПЕРЕДАЮЩИХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК**

Рассматривается задача исследования схем и характеристик приемно-передающих активных и пассивных ФАР. Представлены схемы активных фазированных антенных решеток (АФАР) генераторного и усилительного типа с распределенным и сосредоточенным управлением.

**Цель работы** – определение и разработка перспективных схем построения приемно-передающих пассивных и активных фазированных антенных решеток (ФАР).

В настоящее время фазированные антенные решетки рассматриваются как наиболее перспективный тип антенных систем. Возможность быстрого и гибкого управления параметрами фазированных решеток позволяет использовать их в таких системах, как космическая связь, радиолокация, радионавигация, радиоастрономия.

Основным отличием АФАР от пассивных ФАР является наличие распределенных по раскрытию относительно маломощных усилителей передаваемых сигналов и усилительно-преобразовательного тракта приема



сигналов, работающих каждый на свой излучатель или группу излучателей. Отличительной чертой АФАР по сравнению с ранее проанализированными антеннами является ее необратимость, т.е. приемную АФАР нельзя использовать в качестве передающей, и наоборот. Это связано с применением в усилителях и усилительно-приемном тракте активных элементов с совершенно разным функциональным назначением.

В интегральных схемах СВЧ в ФАР различают элементы с распределенными и сосредоточенными параметрами. Элементы с сосредоточенными параметрами имеют максимальный размер  $l$ , который значительно меньше, чем длина волны в линии.

При большом количестве выпуска интегральных схем для ФАР элементы с сосредоточенными параметрами дешевле элементов с распределенными параметрами. Кроме того, они обладают большей широкополосностью. Но на частотах более 10 ГГц элементы с сосредоточенными параметрами имеют большие потери и низкую добротность по сравнению с элементами с распределенными параметрами, а также обладают паразитными связями. Из-за этого на частотах более 10 ГГц используются прежде всего элементы с распределенными параметрами.

Значительным потенциалом управления характеристиками обладают АФАР, в которых к каждому излучателю или модулю подключен управляемый по фазе передатчик или приёмник. Управление фазой в АФАР может производиться в трактах промежуточной частоты либо в цепях возбуждения когерентных передатчиков, гетеродинов приёмников и т.п. Передающие АФАР позволяют осуществить сложение в пространстве мощностей когерентных электромагнитных волн, генерируемых отдельными передатчиками. В приёмных АФАР совместная обработка сигналов, принятых отдельными элементами, позволяет получать более полную информацию об источниках излучения.

Схемы пассивных ФАР являются более простыми по сравнению со схемами АФАР. Излучатели в них возбуждаются от общего источника через систему пассивных фазовращателей. Здесь используется пассивная система возбуждения.

В данной работе были также исследованы следующие схемы пассивных ФАР: пассивные плоские ФАР с распределенным управлением, пассивные линейные ФАР с распределенным управлением, пассивные ФАР с сосредоточенным управлением. Все они могут быть приемными, передающими или приемно-передающими. Разница между пассивными ФАР с распределенным управлением состоит в количестве задающих параметров для устройства управления: для пассивной плоской ФАР – 4 параметра ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $n$ ,  $m$ ), а для пассивной линейной ФАР – 3 параметра ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $n$ ).

К недостаткам пассивных ФАР в случае передающих антенн относятся сложности, связанные с генерированием большой мощности и канализацией ее по одному каналу к облучателю, а также сравнительно высокий уровень мощности, при котором работают фазовращатели, а в случае приемных антенн – ухудшение отношения сигнал/шум из-за дополнительных потерь в фазовращателях.

Схемы АФАР значительно более сложные и дорогие, чем схемы пассивных ФАР, так как в канале возбуждения каждого элемента решетки имеется усилитель. Но благодаря наличию индивидуальных усилителей в принципе успешно решается проблема генерирования и канализации большой мощности и получения высокого отношения сигнал/шум.

Также рассмотрены схемы АФАР усилительного и генераторного типов. АФАР усилительного типа бывают с сосредоточенным усилением и сосредоточенным управлением, с сосредоточенным усилением и распределённым управлением, с распределённым усилением (с различными способами управления). АФАР генераторного типа бывает только с сосредоточенным управлением. Основная разница между этими двумя типами в присутствии опорного генератора несущих колебаний высокой частоты у генераторного типа АФАР.

Модули АФАР генераторного типа помимо управляющих элементов и усилителей содержат относительно маломощные СВЧ-генераторы. Генераторы обычно синхронизируются от общего задающего генератора. В результате в излучающем раскрыве происходит когерентное сложение мощностей отдельных генераторов, что позволяет получить излучение огромной мощности, недостижимое в обычных антеннах из-за ограниченной электрической прочности.

**Выводы.** Были определены и предварительно исследованы 18 перспективных схем построения приемно-передающих пассивных и активных фазированных антенных решеток. Из них 9 схем представляют собой пассивные ФАР, остальные – активные решетки.

### Список литературы

1. Хансен Р.С. Фазированные антенные решетки. – М.: Техносфера, 2012. – 560 с.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов / под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радио-техника, 2012. – 744 с.

УДК 621.396.67

**Полянина Палина Федоровна,**  
направление ИТС (магистратура), гр. ИТСм-21.

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович,**  
канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ДИРЕКТОРНЫХ АНТЕНН С УДЛИНЕННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ НА 2 ПРОЦЕНТА И УКОРОЧЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА 10 ПРОЦЕНТОВ В ДЛИНАХ ВОЛН ОТНОСИТЕЛЬНО АКТИВНОГО ВИБРАТОРА**

**Цель работы** – выявление конструкций трехэлементных директорных антенн с удлинённым рефлектором на 2 процента и укороченным директором на 10 процентов в длинах волн относительно активного вибратора, обеспечивающих наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад,  $K_{CB}$  в полосе рабочих частот.

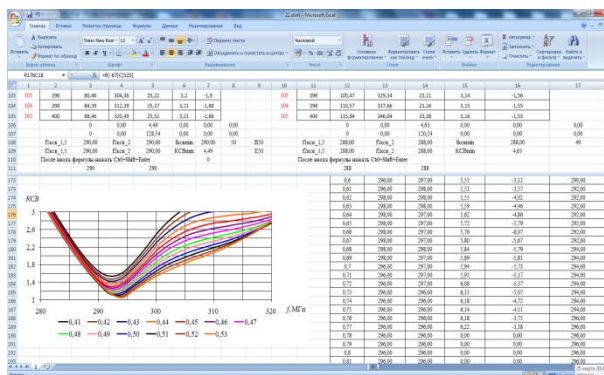
**Решаемые задачи.** В ходе исследования будут разрешены проблема автоматизации расчетов множества вариантов конструкций в программе моделирования MMANA, проблема обработки множества массивов рассчитанных характеристик антенн с представлением материала в трехмерных цветных полях в MS Excel для визуального контроля корректности расчетов и формирования собственно баз данных рассчитанных параметров антенн в СУБД MS Access.

### **Техника решения**

Существующие программные средства моделирования антенн, такие как MMANA, High Frequency Structure Simulator (HFSS), AWR Design Environment и аналогичные, успешно решают задачи расчета параметров антенн, но для выявления закономерностей изменения того или иного параметра требуется: во-первых, расчет множества вариантов конструкций; во-вторых, обработка полученных массивов данных, как правило, зависящих от частоты; в-третьих, формирование сводных параметров, характеризующих ту или иную конструкцию, в том числе в визуализированной форме в виде цветных полей. Все три задачи требуют автоматизации в связи с тем, что оператору придется совершать однотипные действия сотнями и тысячами раз как при корректировке конструкций антенн, так и при дальнейшей обработке результатов. В связи со значительной трудоемкостью аналогичные базы данных не создава-

лись, по крайней мере, размерностью порядка  $100 \times 100$  вариантов конструкций антенн.

Ввиду необходимости исследований большого количества конструкций антенн использованы возможности программы Tronap Macro Machine для создания моделей антенн и получения частотно-зависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн с помощью макроса, аналогичного созданному ранее [1]. Использована методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн [2]. С помощью файла, созданного в табличном процессоре MS Excel, рассчитаны параметры заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн (см. рисунок).



Программа-шаблон для обработки результатов расчета в MS Excel

Следующим этапом будет построение зависимости относительной полосы рабочих частот, средних значений коэффициента усиления, отношения излучения вперед/назад,  $K_{CB}$  в полосе рабочих частот по уровню  $K_{CB} = 1,5$  и 2 при расстояниях от активного вибратора до директора в пределах  $0,04 \cdot \lambda \dots 1,03 \cdot \lambda$ . После построения зависимостей будут выявлены предельно достижимые параметры антенн, такие как полоса рабочих частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад,  $K_{CB}$  в полосе рабочих частот.

### Список литературы

1. Иванов В. А., Рябова Н. В., Павлов В. В. The radiation patterns of an antenna in MMANA for Tronap Macro Machine: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011619372 от 07.12.2011 г. / Роспатент. – Москва, 2011.

2. Полянина П.Ф., Павлов В.В. Методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн с изолированной траверсой // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 17-18 апреля 2015 г.): в 2 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – Ч. 2. – С. 52 – 54.

УДК 621.396

**Рыбаков Сергей Васильевич,**

направление Информационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ЗИТСм-21

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет"  
г. Йошкар-Ола

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА В г. ЙОШКАР-ОЛЕ**

**Цель работы** – определить опытным путем, используя аппаратный и программный комплекс Leica, вариации ПЭС от времени суток для города Йошкар-Олы за летне-зимний период 2015-2016 годов.

1. В ходе исследования были использованы данные о солнечных вспышках и магнитных возмущениях с сайта Физического института имени П.Н. Лебедева [1]. В университете установлен навигационный приемник Leica GR10. Поскольку компанией НАВТЕОКОМ используется оборудование фирмы Leica, то для чистоты эксперимента именно эти приборы использовались в моей работе.

Все данные записывались в стандартную форму записи данных наблюдений – формат RINEX [2].

**Экспериментальный анализ солнечных вспышек и магнитных бурь.** Проведен анализ солнечных вспышек и магнитных бурь для города Йошкар-Олы за 365 дней. Начало было положено в декабре 2015 года и завершено в декабре 2016 года. Для данного исследования были выбраны два сезона: зимний и летний. В каждом из них изучались 8 дней с максимальной солнечной активностью и 8 дней с минимальной солнечной активностью. Для проведения исследования привлекались исследовательские данные, полученные в Физическом институте имени П.Н. Лебедева.

На рисунках 1-4 представлены результаты проделанной работы – зависимости ПЭС от времени суток.

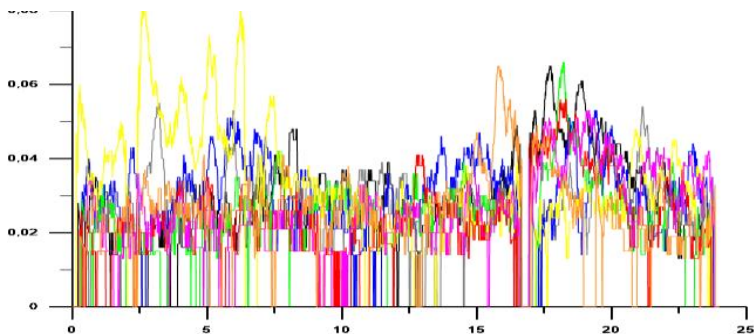


Рис. 1. Лето 2016 года. Максимальная активность: 12 июня – черный, 13 июня – серый, 7 июля – синий, 8 июля – зеленый, 20 июля – желтый, 24 июля – красный, 7 августа – пурпурный, 8 августа – оранжевый

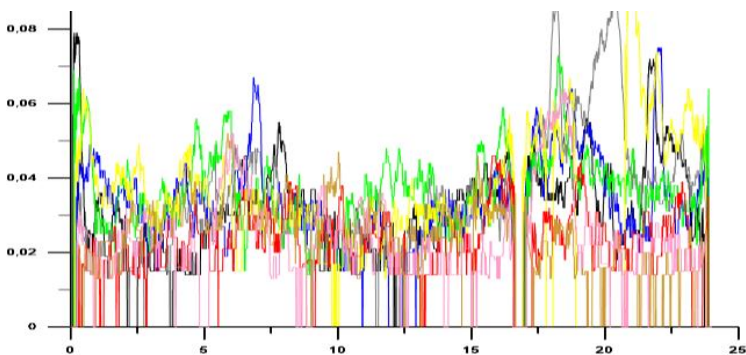


Рис. 2. Лето 2016 года. Минимальная активность: 30 июня – черный, 1 июля – серый, 2 июля – синий, 31 июля – зеленый, 2 августа – желтый, 17 августа – красный, 18 августа – золотой, 10 августа – розовый

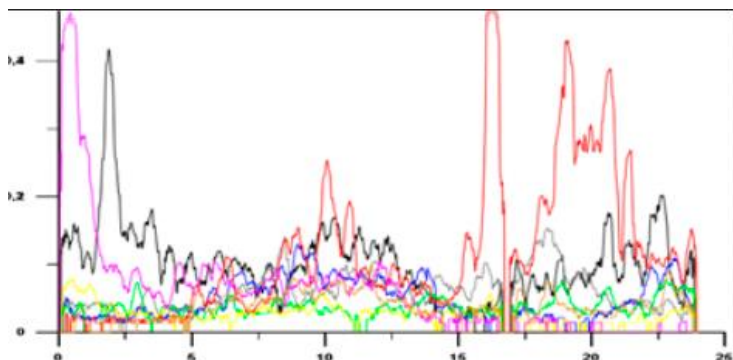


Рис. 3. Зима 2015-2016 года. Максимальная активность: 1 января – черный, 20 января – серый, 21 января – синий, 17 февраля – зеленый, 18 февраля – желтый, 21 декабря 2015 г. – красный, 21 декабря 2015 г. – пурпурный, 27 декабря 2015 г. – золотой

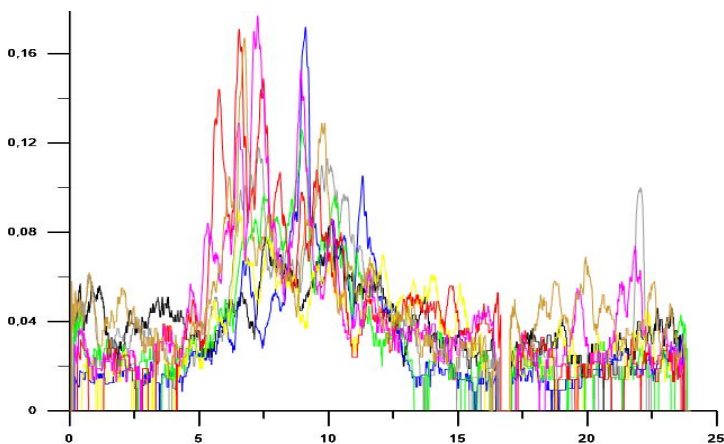


Рис. 4. Зима 2015-2016 года. Минимальная активность: 3 января – черный, 9 января – серый, 17 января – синий, 18 января – зеленый, 21 февраля – желтый, 22 февраля – красный, 23 февраля – пурпурный, 3 декабря 2015 г. – золотой

Для лета с минимальной солнечной активностью рассматривались дни с номерами 182, 183, 184, 213, 215, 230, 231, 232; с максимальной активностью – 164, 165, 189, 190, 202, 206, 220, 221; для зимы – 354, 355, 361, 1, 20, 21, 48, 49 и 337, 3, 9, 17, 18, 52, 53, 54 соответственно.

Из графиков видно, что наиболее сильно отличаются графики в зимний период. ПЭС в зимний период максимально активно. Это обусловлено тем, что в зимний период в дни максимальной солнечной активности солнце интенсивнее влияет на магнитное поле земли.

### **Список литературы**

1. Физический института имени П.Н. Лебедева [Электронный ресурс]. – URL: <http://tesis.lebedev.ru> (дата обращения 07.06.2017).
2. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3: Мультисервисные сети: учебное пособие / С.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 320 с.

УДК 621.396

**Рыбаков Сергей Васильевич,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ЗИТСм-21

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет"*

*г. Йошкар-Ола*

## **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА СВЯЗИ**

Профессиональное оборудование ГЛОНАСС и GPS отличается качеством исполнения и используемым набором программного обеспечения, а также поддерживаемыми частотами.

Среди основных профессиональных изготовителей оборудования в сфере навигации можно отметить Javad, NovAtel, Topcon, МКБ «Компас», ОАО «РИВ», LeicaGeosystems. Кратко остановимся на некоторых из них.

Javad проектирует и изготавливает приемники для GPS и ГЛОНАСС. Компания вывела на рынок приемник TRIUMPH-1. Это результат многолетней работы компании в области навигации и позиционирования.

ProMark 500 Rover и Rover/Base GNSS-система – это мощное решение для точного GNSS RTK-позиционирования, компактный дизайн и передовые технологии. Расширенная технология BLADE – уникальный запатентованный алгоритм использования нескольких созвездий GNSS для высокоточного позиционирования.



Методика нашего исследования будет сосредоточена на использовании оборудования Leica.

Компания НАВГЕОКОМ совместно с LeicaGeosystems создали единую сеть референчных станции SmartNET. На данный момент компания установила более 200 станций в 52 субъектах Российской Федерации. Каждая станция состоит из одного приемника GPS и ГЛОНАСС Leica GR10, а также антенн геодезического класса Leica AR10. С целью увеличения покрытия и плотности сети планируется установка дополнительных референчных станций по всей стране. Кроме того, ведутся переговоры о совместной работе с несколькими действующими региональными сетями. Компания старается сделать так, чтобы расстояние при установке не превышало более 70 километров. Все данные, которые получают со станций, передаются в единый центр, работающий на программном комплексе Leica GNSS Spider [2].

Leica GR10 имеет возможность одновременно работать с 60 спутниками и поддерживать параллельный прием спутниковых сигналов:

- GPS L1/L2P/L2C/L5;
- GLONASS L1/L2;
- GalileoE1/E5a/E5b/Alt-BOC.

Структурная схема программно-аппаратного комплекса представлена на рис. 1

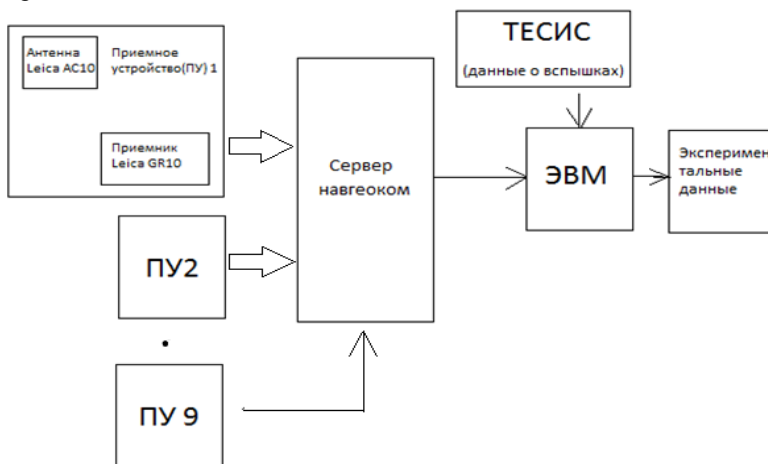


Рис. 1. Схема программно-аппаратного комплекса

Данное оборудование использует следующий набор наблюдений:

- фазовые изменения частот;

- изменение псевдодальности;
- время наблюдения.

Все данные, которые мы получаем с программно-аппаратного комплекса, хранятся в формате RINEX (Receiver Independent Exchange). Данный формат позволяет проводить круглосуточную запись наблюдений ГНСС-приемника за всеми видимыми ему спутниками. Файл RINEX представляет из себя файл из текстовых строк длиной не более 80 символов. Образец файла представлен на рис. 2.

```

-----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|
2.10      GLONASS NAV DATA      RINEX VERSION / TYPE
ASRINEXG V1.1.0 VM  AUB          19-FEB-98 10:42  PGM / RUN BY / DATE
STATION ZIMMERWALD          COMMENT
1998      2      16      0.379979610443D-06  CORR TO SYSTEM TIME
END OF HEADER
3 98 2 15 0 15 0.0 0.163525342941D-03 0.363797880709D-11 0.108000000000D+05
0.106275903320D+05-0.348924636841D+00 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
-0.944422070313D+04 0.288163375854D+01 0.931322574615D-09 0.210000000000D+02
0.212257280273D+05 0.144599342346D+01-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01
4 98 2 15 0 15 0.0 0.179599039257D-03 0.636646291241D-11 0.122400000000D+05
0.562136621094D+04-0.289074897766D+00-0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
-0.236819248047D+05 0.102263259888D+01 0.931322574615D-09 0.120000000000D+02
0.762532910156D+04 0.339257907867D+01 0.000000000000D+00 0.300000000000D+01
11 98 2 15 0 15 0.0-0.559808686376D-04-0.272848410532D-11 0.108600000000D+05
-0.350348437500D+04-0.255325126648D+01 0.931322574615D-09 0.000000000000D+00
0.106803754983D+05-0.182923507690D+01 0.000000000000D+00 0.400000000000D+01
0.228762856445D+05 0.447064399719D+00-0.186264514923D-08 0.300000000000D+01
12 98 2 15 0 15 0.0 0.199414789677D-04-0.181898940355D-11 0.108900000000D+05
0.131731816406D+05-0.143945598602D+01 0.372529029846D-08 0.000000000000D+00
0.171148715820D+05-0.118937969208D+01 0.931322574615D-09 0.220000000000D+02
0.135737919922D+05 0.288976097107D+01-0.931322574615D-09 0.300000000000D+01
-----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|

```

Рис. 2. Пример файла формата RINEX

Первые строки формата содержат заголовок, в котором хранится такая информация, как тип файла (GPS или ГЛОНАСС), название фирмы или программы, которая его создала, дата создания. Далее идут непосредственно сами навигационные данные [1].

Минусом формата RINEX является то, что все координаты спутников ГЛОНАСС переведены из системы ПЗ-90.02 в систему WSG-84, из-за чего необходимо их переводить обратно для удобной работы.

### Список литературы

1. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3: Мультисервисные сети: учебное пособие / С.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 320 с.
2. GPS / ГЛОНАСС оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gfk-leica.ru/katalog/gps\\_glonass\\_oborydovanie](http://www.gfk-leica.ru/katalog/gps_glonass_oborydovanie) (дата обращения 12.09.2019).

**Рыжова Елена Андреевна,**  
направление Электроника и нанoeлектроника  
(магистратура), гр. 3294  
*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

Научный руководитель **Мороз Андрей Викторович,**  
доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И НИТРИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

**Цель работы** – изучение технологических особенностей формирования резистивных пленок оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали методом магнетронного распыления.

В настоящее время имеет место тенденция микроминиатюризации микросхем, что приводит к поиску всё более технологичных материалов. Такие элементы как резисторы всё чаще выполняются при помощи тонкоплёночной технологии. Резистивные тонкие плёнки наносятся вакуумным методом напыления на диэлектрические подложки. Используется линейка РС-сплавов, разработанная для изготовления резисторов с широким диапазоном удельных сопротивлений. Каждый сплав из этой серии имеет собственные характеристики по температурному коэффициенту сопротивления (ТКС), удельному сопротивлению, температуре работы и временной стабильности резисторов [1]. Технические условия (ТУ) для резистивных сплавов РС предназначены для формирования тонкопленочных резисторов методом термического испарения. Но он повсеместно заменяется на более технологичный метод магнетронного распыления [2]. Использование РС-сплавов в данном методе приводит к проблеме контроля стехиометрического состава плёнки.

Толщина плёнки сильно влияет на поверхностное сопротивление резистивной плёнки:

$$R_{нов} = \frac{\rho}{h} , \quad (1)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление;  
 $h$  – толщина резистивного слоя.

Значит, чем больше толщина плёнки, тем меньше поверхностное сопротивление этой резистивной плёнки. Следовательно, толщина плёнки – важный параметр, который необходимо контролировать при напылении. Но напрямую контролировать толщину во время напыления нет возможности, поэтому во время исследования контролировалось время напыления.

Плёнки были получены методом магнетронного распыления [3]. Формирование пленок велось при одной концентрации реактивного газа ( $O_2 = 8\%$ ). В качестве источника питания магнетронов использовался импульсный источник питания (300 Вт). Время напыление пленок составляло от 15 до 75 секунд (рис. 1). После процесса напыления пленки подвергались отжигу в вакууме при температуре  $450^\circ\text{C}$ . Удельное поверхностное сопротивление измерялось четырехзондовым методом. Диапазон сопротивлений 40-220 Ом/м.

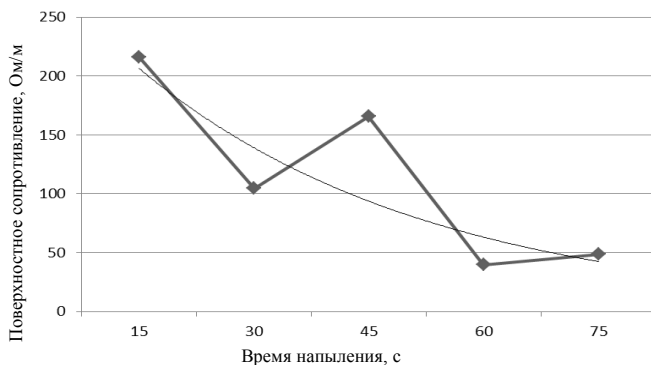


Рис. 1. Зависимость поверхностного сопротивления от толщины плёнки.  
Содержание  $O_2 = 8\%$

В то же время распределение поверхностного сопротивления имеет-ся и по длине самой подложки. Это объясняется особенностью вакуумного распыления. В центре подложки успевает осесть большее количество молекул распыляемого вещества, так как она находится по прямой траектории к распыляемой мишени. Из-за этого поверхностное сопротивление от края подложки к центру уменьшается.

Величина неравномерности распределения сопротивления по поверхности рассчитывается по формуле

$$B = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2(R_{\max} + R_{\min})} * 100\% . \quad (2)$$

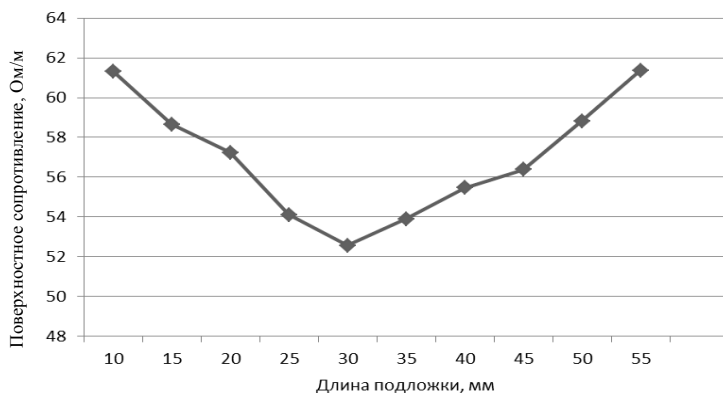


Рис. 2. Неравномерность распределения сопротивления по поверхности подложки

$B = 4\%$ , что находится в допустимых границах. А значит, технологический процесс напыления верный. Также анализируя полученные результаты, можно прийти к выводу, что резистивные плёнки на основе оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали могут заменить такие РС-сплавы, как РС-5402, РС-2802.

*Исследования выполнены при поддержке «Фонда содействия инновациям».*

### Список литературы

1. Дмитриев, В. Д. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]. – Самара, 2012. – URL: <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Tehnologiya-mikrosborok-specialnogo-naznacheniya-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-55016> (дата обращения: 16.10.2017)
2. Берлин Е.В. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. – М.: Техносфера, 2007. – 176 с.
3. Сушенцов Н.И. Автоматизированная установка магнетронного распыления для получения наноструктурированных пленок: сборник тезисов докладов научно-технологических секций «Международного форума по нанотехнологиям 09». – М., 2009. – С. 51–52.

**Смышляев Сергей Андреевич,**  
направление Управление в технических системах (магистратура),  
гр. УиТСм-11

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович,**  
канд. техн. наук, кафедра проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОФИСНОМ ПОМЕЩЕНИИ**

**Цель работы** – разработка автоматической системы динамического изменения уровня окружающей освещенности в офисном помещении, реализующая следующие функции: контроль уровня освещенности на рабочем месте, определение присутствия оператора на рабочем месте оператора ЭВМ, динамическое изменение яркости осветительных ламп над рабочим местом.

**Актуальность проекта.** Жизнь без света в современном мире представить невозможно. Без него нельзя ни работать, ни учиться, ни отдыхать. Количество различных источников света с каждым годом увеличивается быстрыми темпами. Соответственно увеличивается потребление электроэнергии. В настоящее время проблема экономии энергоресурсов, в том числе и электроэнергии, стоит особенно остро [1].

**Принцип работы системы.** На рисунке 1 отображена АСУ освещением (вид сверху). Наилучшим месторасположением датчиков присутствия и освещенности с практической точки зрения является монитор ПЭВМ. На рисунке отражено расположение рабочих мест. Освещенность рабочего места должна быть равна 500 люксам, согласно регламентирующим документам [2]. После того как датчик присутствия зафиксировал появление оператора на рабочем месте, система определила освещенность рабочего места и на основании полученных данных отрегулировала яркость потолочных светильников до необходимого уровня [3].

Блок обработки информации – основной вычислительный блок системы, отвечающий за анализ и обработку поступающей информации с датчиков через шину и вырабатывающий управляющие сигналы для управления светильниками. С ним связаны все остальные компоненты.



информации и отправки ее на устройство обработки, а также для связи с ПЭВМ через интерфейс USB.

Устройство управления лампами – блок, получающий входные сигналы от устройства обработки информации через общую шину. Устройство состоит из преобразователя интерфейса, необходимого для работы с шиной и блоком согласования, представляющим из себя МК, вырабатывающим управляющие воздействия на объект управления.

Объект управления представляет из себя светодиодный инвертор, необходимый для регулирования яркости светодиодов в светильниках и непосредственно самих светильников, на которые поступают регулирующие входные сигналы.

Шина необходима для связи всех компонентов системы с целью уменьшения количества связей в системе и ее удешевления, а также для реализации компактной системы по протоколу USART.

Данная автоматическая система включает 16 измерительных устройств на рабочем месте и 32 устройства управления лампами.

**Выводы.** Разрабатываемая автоматического система динамического контроля окружающего освещения в офисных помещениях превосходит аналогичные системы по масштабируемости, энергоэффективности и невысокой стоимости системы. Также время регулирования данной системы отрегулировано таким образом, что светодиоды светильников будут плавно увеличивать и уменьшать свою яркость. Это позволит избежать ослепления операторов ЭВМ.

### **Список литературы**

1. Анализ характеристик светодиодных источников света / Д. Семячкин, Ю. Мальсарова. – URL: <https://m.cyberleninka.ru/article/n/analiz-harakteristik-svetodiodnyh-istochnikov-sveta> (дата обращения 5.05.2017г)
2. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 10 июня 2003 года, регистрационный № 4673.
4. Межаков О.Г. Математическая модель понижающего преобразователя напряжения // Молодой ученый. – 2015. – №5 (85). – С. 171-176.
5. Самгин Э.Б. Освещение рабочих мест. – М.: МИРЭА, 1989. – 186 с.



**Смышляев Павел Николаевич,**  
направление Управление в технических системах (магистратура),  
гр. УиТСм-21

Научный руководитель **Рябов Игорь Владимирович,**  
д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*  
*г. Йошкар-Ола*

## **DRM-ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ АСУТП**

В настоящее время возрастают требования к скорости передачи информации и ее защищенности. Успехи в производстве зачастую связаны с быстрым приемом и обработкой данных. Промышленность нуждается в сокращении расстояния, которое возможно лишь с новыми технологиями передачи информации. Особенно эта проблема актуальна для Российской Федерации, которая имеет обширные территории. Для данных целей предлагается использование DRM-технологии.

Основной целью является разработка DRM-приемника КВ-диапазона для работы в сетях АСУТП для управления промышленным предприятием.

Digital Radio Mondiale (DRM) представляет собой технологию цифрового радиовещания. Технология DRM дает возможность проведения вещания в диапазоне коротких, средних и длинных волн. Основными преимуществами такой передачи данных перед существующими системами являются увеличение дальности распространения сигнала и устойчивость к наложению сигналов друг на друга. Более того, возможно увеличение емкости канала передачи [1, 2].

Цифровая технология передачи сигнала на коротких волнах позволяет избежать зависимости от времени суток, состояния ионосферы, погоды из-за оптимальных параметров передачи сигнала: глубины помехоустойчивого кодирования, широкого диапазона полосы сигнала, схемы модуляции [3].

Новые стандарты и технологии производства создают новые методы автоматизации производства. DRM-технология открывает новые возможности для автоматизированных систем управления технологическим процессом.

Основные преимущества передачи сигнала с помощью DRM-технологии [3] – высокая спектральная эффективность, низкая стоимость разработки системы и приемно-передающей аппаратуры, гибкость системы для планирования и распределения частот, высокая ско-

рость передачи данных, уменьшение мощности излучения передатчиков без потери эффективности.

Для управления процессами на промышленном предприятии создается специальный узел, собирающий дискретные сигналы с помощью измерительных преобразователей. Далее информация собирается, обрабатывается и выдается оператору в удобном виде. Все данные собираются в одну АСУТП при помощи различных цифровых интерфейсов.

Такие системы АСУТП распространены в большинстве своем в нефтяной и газовой промышленности, где, например, на центральный узел приходит информация с промежуточных датчиков. Поступает информация о давлении в трубах, температуре, утечке нефти или газа. Опорные пункты с измерительными преобразователями зачастую находятся в удаленных местах, поэтому создание центральной станции, которая получает данные в цифровом виде, позволит ускорить принятие решений изменения режима работы.

В конечном итоге введение технологии DRM в производственный процесс позволит вести процесс с производительностью, максимально достижимой для производительных сил, автоматически учитывая изменения технологических параметров; управлять процессом, учитывая динамику производственного плана, осуществлять управление процессом в труднодоступных для оператора местах.

Структурная схема передачи данных на операторский пункт представлена на рисунке 1.

Аналоговые данные, поступающие на измерительный преобразователь, поступают в виде цифрового кода на цифровой модулятор. Далее изменяются параметры несущего сигнала, который в цифровом виде пересылается на приемник. Финальным этапом является поступление сигнала в анализатор спектра, который измеряет относительное распределение электромагнитных колебаний в полосе частот.

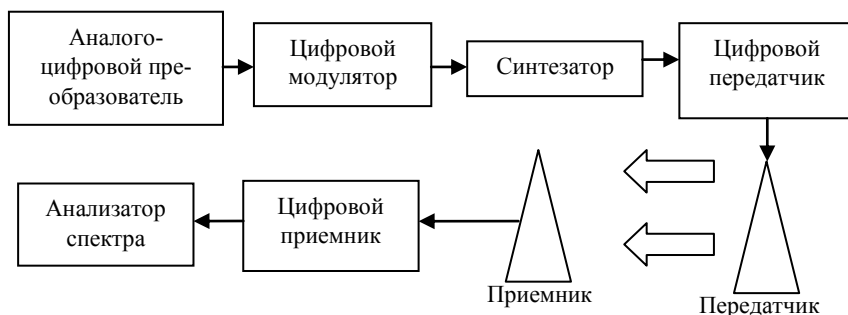


Рис. 1. Структурная схема передачи информации

Таким образом, новые системы передачи сигнала по DRM-технологии способны обслуживать большую по размеру территорию и могут быть больше удалены от базовой станции. Данная система устойчива к эффектам затухания и интерференции сигнала, позволяет пересылать информацию в трудных климатических условиях, использовать часть старой аппаратуры для передачи сигнала. Разработка устройства для работы в сетях АСУТП для управления промышленным предприятием является актуальной задачей для отраслей знаний, связанных с исследованием приема и передачи информации в цифровом виде.

#### **Список литературы**

1. Бербиков Ю. Внедрение DRM-вещания на территории Российской Федерации // Broadcasting. Телевидение и радиовещание – 2003. – №8.
2. Бителева А. Цифровое радиовещание: развитие и перспективы // Теле-Спутник. – 2004. – №9.
3. Вааль А. DRM+ система цифрового радиовещания // T-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2008. – №3.

УДК 621.371.25; 550.388.2

**Тайгильдина Наталья Владимировна,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21;

**Сусанина Светлана Николаевна,**

аспирант, кафедра высшей математики

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

### **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ДИАПАЗОНА И СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ ПОЛОСЫ ПРОЗРАЧНОСТИ ЛИНИИ КВ-СВЯЗИ**

**Цель работы** – исследование зависимости полосы прозрачности линии КВ-связи в зависимости от протяженности радиотрассы и геофизических условий и разработка на основе полученных данных алгоритма задания диапазона зондирующих частот и средней частоты.

Способность радиоволны ДКМ-диапазона отражаться от ионосферы позволяет организовывать связь как на малых, так и на больших расстояниях. Это свойство обуславливает повышенный интерес к декаметровой связи и в настоящее время. Декаметровая связь является альтернативой более дорогой спутниковой связи. Однако ДКМ-связь имеет свои недостатки. Во-первых, это ограниченная емкость диапазона рабочих частот радиоканала, во-вторых, нестабильность связи, которую можно преодолеть путем диагностики и смены рабочих частот канала [1, 2].

Разность между максимальной применимой частотой (МПЧ) и наименьшей применимой частотой (НПЧ) называется полосой прозрачности радиоканала. Для обеспечения надежности связи ионосфера зондируется сигналами в диапазоне 2-30 МГц. Полоса зондирующих частот является ресурсом зондирующей системы и должна иметь минимальные значения и покрывать полосу прозрачности радиолинии. МПЧ и НПЧ зависят от протяженности трассы геофизических условий и состояния ионосферы. С увеличением протяженности радиотрассы их значения смещаются в область более высоких частот [3].

Для исследования полосы прозрачности радиолиний при помощи программного обеспечения VOACAP получены карты радиопокрытий для трасс различной протяженности.

На рис. 1 представлены некоторые вариации карт радиопокрытия для широтных трасс различной протяженности в зимний период при средней солнечной активности. Использование математического пакета MATHCAD позволило получить суточные вариации МПЧ и НПЧ и использовать их для составления алгоритма (рис. 2).

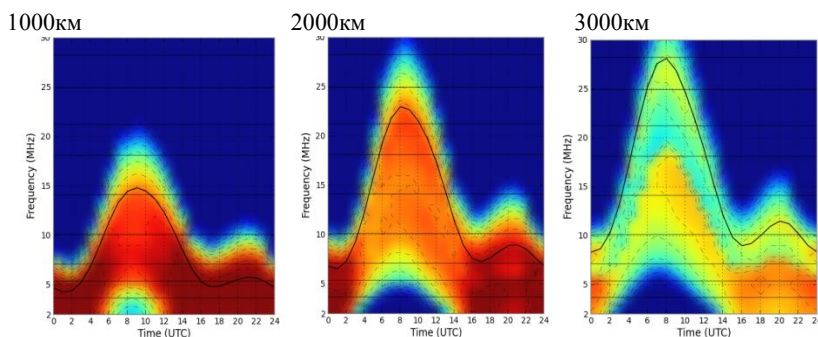


Рис. 1. Прогноз прохождения радиоволн для широтных трасс в зимний период

На трассах от 3000 км до 4000 км значения МПЧ превышают 28 МГц, поэтому для таких трасс предложен следующий алгоритм выделения средней частоты  $\bar{f}$  для диапазона 25 МГц:

1. Для трасс протяженностью 0-500 км устанавливаем диапазон зондирующих частот от 2 до 20 МГц со средней частотой  $\bar{f} = 11$  МГц;
2. Для трасс протяженностью 500-2000 км устанавливаем диапазон зондирующих частот 3-28 МГц со средней частотой 15,5 МГц;

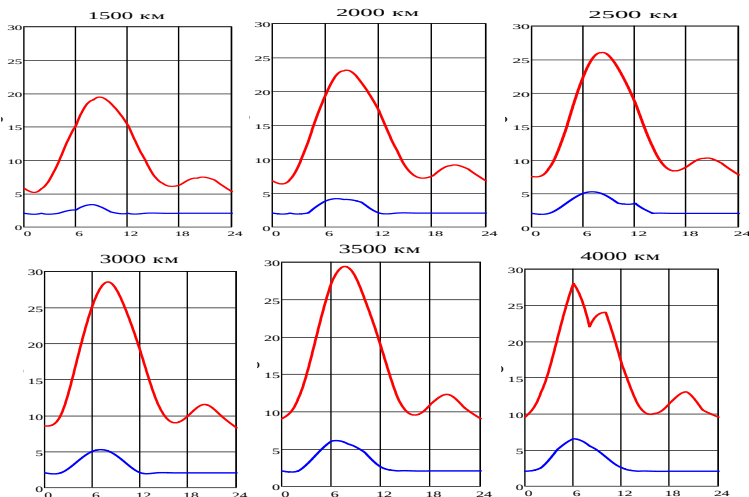


Рис. 2. Суточные вариации МПЧ и НПЧ для широтных трасс различной протяженности за январь

3. Для трасс протяженностью более 2000 км устанавливаем диапазон частот 5-30 МГц и определяем МПЧ:

- если в течение суток максимальное значение МПЧ меньше 28 МГц, то для средней частоты выбираем значение равное 15,5 МГц;
- если максимальное за сутки значение МПЧ больше 28 МГц, то используем среднюю дневную и ночную частоты.

В качестве дневной средней частоты диапазона выбираем значение  $\bar{f} = 17,5$  МГц, а средней ночной частоты – 15,5 МГц

Время перехода с дневной частоты на ночную частоту производим, когда МПЧ достигает 25 МГц.

**Выводы.** Установлено, что значения МПЧ и НПЧ растут с увеличением протяженности трассы. Предложен алгоритм задания диапазона зондирующих частот и средней частоты.

### Список литературы

1. Исследование регулярной и стохастической дисперсии в ионосферных широкополосных высокочастотных радиоканалах / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.Н. Михеева, М.И. Рябова // Нелинейный мир. – 2012. – Т. 10, № 10. – С. 678-686.
2. Иванов Д.В. Искажения в ионосфере дециметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой // Радиотехника и электроника. – 2006. – Т. 51, № 7. – С. 807-815.

3. Численные и полунатурные исследования функции рассеяния узкополосных декаметровых радиоканалов / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 46-54.

4. Иванов Д.В., Иванов В.А., Чернов А.А. Теоретические основы метода прямого цифрового синтеза радиосигналов для цифровых систем связи // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2012. – № 1 (15). – С. 3-34.

5. Адаптивное обнаружение и выделение широкополосного сигнала с линейной частотной модуляцией при сжатии его в частотной области / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Мальцев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 34-45.

УДК 621.371.25; 550.388.2

**Тайгильдина Наталья Владимировна,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21;

**Сусанина Светлана Николаевна,**

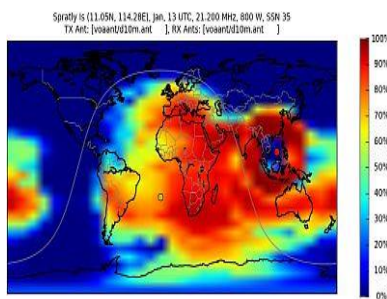
аспирант кафедры высшей математики

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

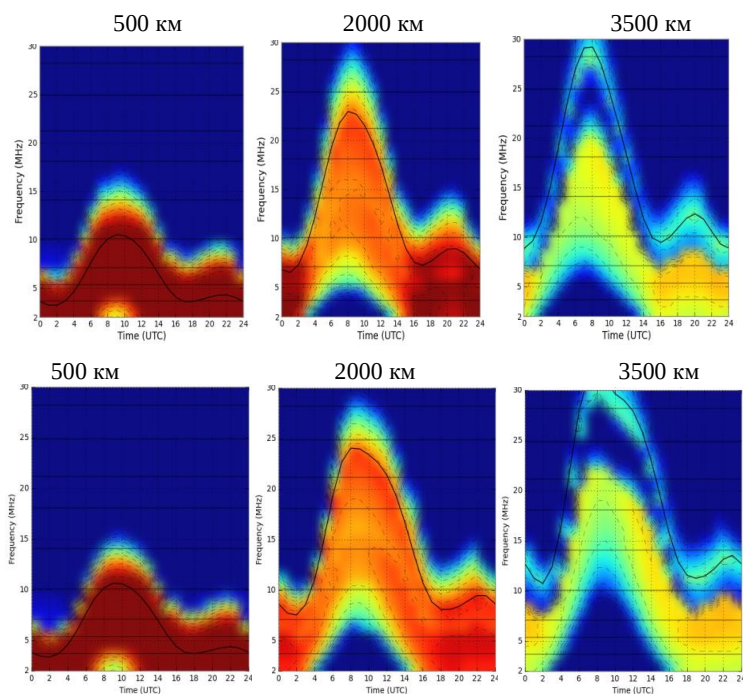
## **ПОЛОСА ПРОЗРАЧНОСТИ ШИРОТНЫХ И ДОЛГОТНЫХ РАДИОТРАСС**

**Цель работы** – экспериментальное исследование полосы прозрачности широтных и долготных радиотрасс КВ-связи.

Радиосвязь в декаметровом диапазоне (ДКМ) играет важную роль как средство связи различного вида пользования. Декаметровые волны распространяются путем однократного и многократного отражения от ионосферы и земной поверхности [1, 3]. На ионосферных радиопутьях связь возможна на рабочих частотах от наименьшей применимой частоты (НПЧ) до наибольшей применимой частоты (МПЧ). Полоса прозрачности определяется как разность между максимальной применимой частотой (МПЧ) и минимальной применимой частотой (НПЧ).



Известно, что МПЧ и НПЧ зависят от различных геофизических факторов, таких как сезон, время суток, уровень солнечной активности. МПЧ также зависит от протяженности трассы, поэтому данная зависимость определяет необходимость ее прогнозирования. НПЧ зависит от параметров радиоаппаратуры и требований к качеству канала связи [2, 4]. Из-за изменчивости ионосферы надежность ДКМ-связи может быть недостаточно высокой. Поэтому актуальной является задача определения полосы прозрачности радиолиний для дальнейшего определения полосы зондирующих частот.



VOACAP-прогноз прохождения радиоволн для широтных и долготных трасс протяженностью от 500 до 4000 км в зимний период (январь 2016)

Для расчета прогноза прохождения частот 3-30 МГц использовалось программное обеспечение VOACAP (Voice of America Coverage Analysis Program), которое позволяет получить суточный прогноз прохождения радиоволн для всех КВ-диапазонов. Данная система позволяет учиты-

вать многие параметры (длина трассы, время суток, сезон, солнечная активность, дата ожидаемого прогноза, а также технические характеристики антенн на приемнике и излучателе).

Для исследования полосы прозрачности широтных и долготных радиолиний необходимо исследование графиков суточного хода МПЧ и НПЧ. Экспериментальные карты радиопокрытий получены для разных сезонов и трасс различной протяженности при минимальной, максимальной и средней солнечной активности.

На рисунке представлены вариации карт радиопокрытия для широтных и долготных трасс различной протяженности в зимний период при средней солнечной активности.

**Выводы.** Сравнивая широтные и долготные радиотрассы, можно отметить, что в зимнее время на радиотрассах протяженностью от 0 до 1500 км при одинаковых условиях значения МПЧ и НПЧ практически не отличаются. Начиная приблизительно с 2000 км, значения МПЧ и НПЧ становятся незначительно больше для долготных трасс, причем эта разница увеличивается пропорционально протяженности трассы.

Полученные результаты могут быть использованы для оптимального выбора полосы зондирующих частот и средней частоты радиоканала.

### Список литературы

1. Исследование регулярной и стохастической дисперсии в ионосферных широкополосных высокочастотных радиоканалах / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.Н. Михеева, М.И. Рябова // *Нелинейный мир*. – 2012. – Т. 10, № 10. – С. 678-686.
2. Иванов Д.В. Искажения в ионосфере декаметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой // *Радиотехника и электроника*. – 2006. – Т. 51, № 7. – С. 807-815.
3. Иванов В.А., Иванов Д.В., Рябова Н.В. Зондирование ионосферы и декаметровых каналов связи сложными радиосигналами // *Вестник Марийского государственного технологического университета*. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – С. 3-37.
4. Численные и полунатурные исследования функции рассеяния узкополосных декаметровых радиоканалов / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 46-54.
5. Иванов Д.В., Иванов В.А., Чернов А.А. Теоретические основы метода прямого цифрового синтеза радиосигналов для цифровых систем связи // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2012. – № 1 (15). – С. 3-34.
6. Адаптивное обнаружение и выделение широкополосного сигнала с линейной частотной модуляцией при сжатии его в частотной области / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Мальцев // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 34-45.



**Таратин Иван Андреевич,**  
специальность «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Научный руководитель **Евдокимов Алексей Олегович,**  
доцент кафедры радиотехнических и медико-биологических систем  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ 3D-КАРТ ЗАМКНУТЫХ ПРОСТРАНСТВ В МЕСТАХ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ**

**Введение.** В 2006 году Правительство России утвердило «Концепцию создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации».

С учетом развития и совершенствования государственной системы противодействия терроризму, предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных террористическими актами, причинами техногенного, природного и иного характера, перехода сил реагирования на возникающие чрезвычайные обстоятельства с использованием современных технологий (электронно-вычислительной техники и систем), в целях качественной подготовки специальных операций по предотвращению и пресечению ЧС, вызванных указанными обстоятельствами, в соответствии с рекомендациями МЧС России от 25.02.2009, на каждый объект (здание, сооружение) разрабатывается в электронном виде трехмерная модель объекта с представлением в формате 3D в качестве приложения на электронном носителе.

**Цель работы** – разработка аппаратно-программного комплекса (АПК) для построения 3D-карт замкнутых пространств в местах повышенной опасности.

**Решаемые задачи:** разработка новых алгоритмов геокодирования для повышения точности 3D-моделирования.

**Техника решения (описание проекта).** В комплекс входят квадрокоптер с установленными на него радиолокационным датчиком, устройством управления на базе Raspberry Pi. Возможна установка камеры и другого оборудования и программа для построения 3D-моделей, имеющих геопространственную привязку на местности, обменный формат DXF (Autodesk AutoCAD) или формат Autodesk AutoCAD DWG.

**Выводы.** Интеграция 3D-моделей потенциально опасных объектов, объектов массового скопления людей, как, впрочем, и многих других, на основе геоинформационной системы АПК позволяет за сравнительно короткое время обеспечить полноценный сбор, обработку и обмен

трехмерными пространственными данными в составе целой сети ситуационных центров и организовать совместную работу различных групп пользователей в случае возникновения, локализации и ликвидации ЧС. Все необходимые для этого функции и инструменты доступны и могут быть задействованы уже сегодня.

### **Список литературы**

1. Рекомендации по созданию трехмерных геоизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально опасных, критически важных для национальной безопасности, утвержденные заместителем министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 25 февраля 2009 г. № 2-4-60-3-28.

2. Гизатуллин А.Р., Соколова А.В. Трехмерное моделирование инженерных коммуникаций в ГИС // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвузовский научный сборник. – Уфа: УГАТУ, 2013. – С. 176-185.

3. Применение современных ГИС-технологий для моделирования и прогнозирования аварийных разливов нефти (статья на англ. языке) / О.А. Ефремова, Р.З. Хамитов, С.А. Митакович, С.В. Павлов, ГМ. Сайфутдинова // Компьютерные науки и информационные технологии: материалы 5-й Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2003. – Т. 2.

УДК 621.396.946:519

**Трушкова Ольга Александровна,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-22

Научные руководители **Рябова Наталья Владимировна,**

д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры радиотехники и связи;

**Кислицын Алексей Александрович,**

ст. преподаватель кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ НА СИГНАЛЫ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ СЛУЧАЕВ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ**

**Цель работы** – исследование влияния частотной дисперсии на сигналы систем спутниковой связи для случаев различных частотных приближений на основе полного электронного содержания (ПЭС).

Необходимость решения задач по проблеме искажения сигналов радиотехнических систем, работающих через ионосферу Земли, является актуальной проблемой в настоящее время.

Для повышения помехоустойчивости систем космической связи при возмущенной ионосфере необходимо расширять полосу частот сигналов в условиях ограниченной полосы когерентности. В случае широкополосных сигналов при исследовании более сильных искажений для восстановления фазочастотной характеристики тракта предлагается использовать математическую модель, где зависимость фазы от частоты представляется в виде разложения в ряд Тейлора. Формула для фазового сдвига с учетом среды ионосферной плазмы имеет вид

$$(\bar{f}, z) = \beta_0 = 2\pi \bar{f} \int_s \frac{dz}{c} - \left[ \frac{\alpha_1}{\bar{f}} + \frac{\alpha_2}{\bar{f}^3} + \frac{\alpha_3}{\bar{f}^5} + \dots \right], \quad (1)$$

где  $\frac{\alpha_1}{\bar{f}}, \frac{\alpha_2}{\bar{f}^3}, \frac{\alpha_3}{\bar{f}^5}$  – коэффициенты разложения, в которых главным параметром является полное электронное содержание [1].

Далее для конкретных случаев, в зависимости от учёта коэффициентов разложения, рассчитываются параметры частотной дисперсии. Изначально рассматривается случай, когда в выражении для фазы можно пренебречь слагаемыми  $\frac{\alpha_2}{\bar{f}^3}$  и  $\frac{\alpha_3}{\bar{f}^5}$ . Этот случай носит название высо-

кочастотного приближения и актуален при использовании частот от 500 МГц. Для частот менее 500 МГц в выражении для фазы учитывается

как первое слагаемое  $\frac{\alpha_1}{\bar{f}}$ , так и второе слагаемое  $\frac{\alpha_2}{\bar{f}^3}$ . Для исследова-

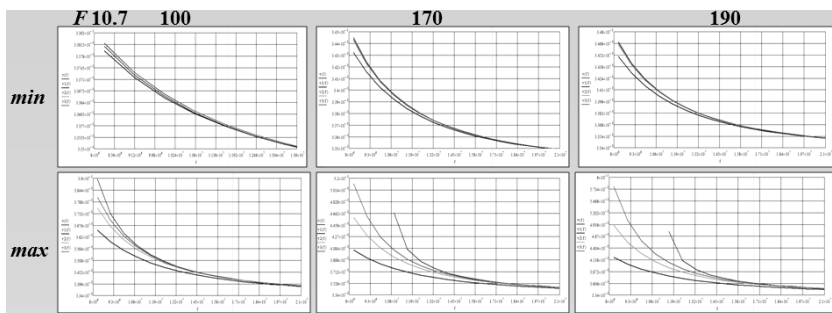
ния частот близ критической частоты плазмы ионосферы методика расчета также меняется, учитывая в выражении для фазы слагаемые

$\frac{\alpha_1}{\bar{f}}, \frac{\alpha_2}{\bar{f}^3}$  и  $\frac{\alpha_3}{\bar{f}^5}$ .

Отличительной особенностью данной работы от существующих методов исследований является возможность измерения параметров дисперсии различных порядков для различных случаев частотного приближения.

В ходе исследования были построены дисперсионные характеристики (ДХ) для случаев различного частотного приближения с учетом

значений максимального и минимального ПЭС, значений электронной концентрации для 4-х месяцев 2016 года. Значения определялись для трех состояний потока радиоизлучения – слабого, среднего и сильного.



Дисперсионные характеристики с учетом ( $\tau_1(f)$ ,  $\tau_2(f)$ ,  $\tau_3(f)$ )

На рисунке показаны зависимости ДХ с учетом первого, второго и третьего слагаемых ( $\tau_1(f)$ ,  $\tau_2(f)$ ,  $\tau_3(f)$ ), а также ДХ для абсолютных величин (точное решение) для различных сезонов 2016 года для г. Йошкар-Олы.

**Заключение.** В результате исследования проведен вычислительный эксперимент для различных сезонов 2016 года. Построены дисперсионные характеристики для различных частот. Установлено, что наиболее высокие значения потока радиоизлучения, ПЭС, электронной концентрации наблюдаются в марте; соответственно, отклонения от точной характеристики более сильные. Также можно сделать вывод о том, что чем выше значение ПЭС, тем выше значение частоты, при которой смоделированная приближенная ДХ совпадает с точным.

### Список литературы

1. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, Н.Н. Михеева, Е.В. Катков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – №2(18). – С. 5-15.
2. Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ю.В. Ясюкевич, А.А. Мыльникова, В.В. Демьянов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Зуев, М.И. Рябова, А.А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3(19). – С. 18-29

3. Экспериментальное определение полного электронного содержания в ионосфере над Йошкар-Олой с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, М.И. Рябова, А.А. Кислицын // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: материалы IV Всероссийской научной конференции (III Всероссийские Армандовские чтения). – Муром: Изд. полиграфический центр МИ ВлГУ, 2013. – С. 101-105.

УДК 621.396

**Хомидов Сомон Зарифалиевич,**

направление Информационные технологии и системы связи  
(бакалавриат), ИТС-21

**Научный руководитель Зуев Алексей Валерьевич,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ**

**Цель работы** – реализация расширенного использования GPS с целью более глубокого внедрения GPS в научных исследованиях.

Новую эру в дистанционной диагностике ионосферы открыло развитие глобальной навигационной системы (GPS) и создание на ее основе широко разветвлённых сети приемников GPS. Данная сеть непрерывно расширяется и к январю 2006 года насчитывала более 1000 зарегистрированных двухчастотных приемников GPS, данные с которых с временным разрешением 30 с представлены в Интернет для свободного использования. В ближайшее время сеть GPS будет существенно расширена за счет интеграции с аналогичной российской навигационной системой ГЛОНАСС. Разработка системы GPS началась в начале 70-х годов. В то время существующая система радионавигации не устраивала американских военных, и они начали разработку новой технологии практически с чистого листа. Через десять лет после официального запуска систему GPS разрешили для использования в гражданских целях, и в 90-х годах началась ее коммерческая эксплуатация.

Система GPS держится на 24-х спутниках, летающих на высоте около 20000 км. При этом они находятся не на геостационарных орбитах (т.е. не висят над одной точкой), а постоянно перемещаются в пространстве. Для того чтобы определить текущие координаты, достаточно видеть три спутника. А если еще необходимо вычислить высотную составляющую, то минимальное количество спутников увеличивается до

четырёх. Этой информации вполне достаточно, чтобы определить местоположение с точностью до 5 м, а высоту – до 15 м. Увеличение количества доступных спутников уменьшает погрешность, однако в нормальных условиях и этих величин вполне достаточно.

В первые годы эксплуатации системы GPS гражданским пользователям предоставляли гораздо меньшую точность. Это было связано с тем, чтобы невозможно было определить точные координаты на местности. Однако в 2000 году по указу президента США была прекращена передача искусственно вносимых ошибок для гражданских пользователей, в связи с чем теперь точность системы повысилась до нескольких метров. Основной принцип использования системы — определение местоположения путём измерения моментов времени приёма синхронизированного сигнала от навигационных спутников антенной потребителя.

Для определения трёхмерных координат GPS-приёмнику нужно иметь четыре уравнения: «расстояние равно произведению скорости света на разность моментов приёма сигнала потребителем и момента его синхронного излучения от спутников»:  $|x - a = c|t - \tau|$ , где  $a$  – местоположение  $t$  – момент времени приёма сигнала от  $j$ -го спутника по часам потребителя,  $\tau$  – неизвестный момент времени синхронного излучения сигнала всеми спутниками по часам потребителя,  $c$  – скорость света,  $x$  – неизвестное трёхмерное положение потребителя.

GPS состоит из трёх основных сегментов: космического, управляющего и пользовательского. Спутники GPS транслируют сигнал из космоса, и все приёмники GPS используют этот сигнал для вычисления своего положения в пространстве по трём координатам в режиме реального времени. Космический сегмент состоит из 32 спутников, вращающихся на средней орбите Земли. По состоянию на 1 июня 2014 года используются по целевому назначению лишь 29 КА. На этапе ввода в систему 1 КА, выведены на техобслуживание 2 КА. Управляющий сегмент представляет собой главную управляющую станцию и несколько дополнительных станций [8], а также наземные антенны и станции мониторинга, ресурсы некоторых из упомянутых являются общими с другими проектами. Пользовательский сегмент представлен приёмниками GPS, находящихся в ведении государственных институтов, и сотнями миллионов устройств, владельцами которых являются обычные пользователи.

**Выводы.** В данный момент использование GPS является основным принципом многих исследований и опытов при открытии новых достижений во многих сферах. Даже все транспортные средства, мобильные телефоны и космические аппараты пользуются GPS-технологиями для

улучшения обнаружения текущей геопозиции. Использование GPS в научных исследованиях дает возможность определять ориентацию исследуемых объектов и точное место нахождения исследуемого объекта.

### **Список литературы**

1. Афраймович Э. Л., Первалова Н. П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. – ЦОП БИБММ ИГУ, 2005. – С. 480.
2. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцев Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / под ред. В. С. Шебшаевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1993. – 408 с.
3. Козловский Е. Искусство позиционирования // Вокруг света. – М., 2006. – № 12 (2795). – С. 204-280.

УДК 629.733.55

**Храмов Максим Анатольевич,**

направление Машиностроение и обработка металлов давлением  
(бакалавриат), гр. ОМбд-41

Научный руководитель **Рогова Татьяна Николаевна,**

канд. экон. наук, кафедра экономики и организации производства  
*ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»  
г. Ульяновск*

## **АТМОСФЕРНЫЕ СПУТНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ В МАЛОНАСЕЛЁННЫХ РАЙОНАХ**

**Цель работы** – изучение практического применения атмосферных спутников в народном хозяйстве и описание перспективных конструкций аэростатического атмосферного спутника «Локомоскайнер».

Качество жизни людей в больших и маленьких сёлах всё больше и больше определяется возможностью доступа людей к сети интернет. Однако организовать доступ в сеть интернет непросто. Протянуть оптоволоконный кабель в каждый населённый пункт зачастую невозможно. Использование беспроводных сетей интернет тоже не является панацеей. Проблема в том, что по мере увеличения расстояния до передатчика растёт потребная мощность и габариты приёмника-передатчика. Именно поэтому, даже после появления спутников, спутниковый интернет не стал повсеместно распространен, для него необходим большой и громоздкий телефон. Следовательно, сотовая связь нуждается в большом количестве вышек-ретрансляторов. Однако в слабо населённых районах

русского севера, пустынь Африки и Средней Азии, строительство вышек связи нерентабельно. Живущим в этих районах людям приходится использовать дорогой спутниковый интернет. Кроме высокой стоимости тарифов и передатчиков, спутниковый интернет ограничен в скорости.

Решить эти проблемы призваны атмосферные спутники. Атмосферные спутники находятся в воздухе за счет аэростатических (например, воздушные шары) или аэродинамических (например, самолеты) сил. Этим они отличаются от обычных спутников на орбите Земли, которые находятся в безвоздушном пространстве за счет центробежной силы, полученной из их орбитальной скорости. Для поддержания аппарата аэродинамического типа в воздухе используется энергия солнца, для полета в ночное время используется накопленная за день энергия в аккумуляторах [1]. **Актуальность проекта** атмосферного спутника в том, что он способен решить одну из главных проблем связи в малонаселённых районах. Обладая мобильностью и большей площадью покрытия благодаря большой высоте полёта, атмосферные спутники способны выполнять функции ретрансляторов GSM-, GPRS-, 3G-, LTE-связи. Именно поэтому крупные IT-компании, такие как Google и Facebook, начали вкладываться в проекты атмосферных спутников [2].

Ульяновск – крупный центр авиационной промышленности. В регионе велись разработки атмосферных спутников. Данный проект получил название «локомоскайнер». Он представляет собой аэростат в виде летающей тарелки, оснащённый собственными двигателями. Аэростат имеет две ёмкости-объёма, которые используются для полёта. Одна ёмкость заполнена гелием, вторая заполняется горячими выхлопными газами от двигателей. Первая ёмкость создает нулевую плавучесть, то есть заставляет аппарат держаться на заданной высоте. Второй объём, нагнетая или спуская горячие выхлопные газы, дает возможность изменять высоту полёта и грузоподъёмность. Форма летающей тарелки позволяет аппарату использовать аэродинамическую подъёмную силу при больших скоростях полёта, позволяя экономить топливо и перевозить больше груза.

Первоначально локомоскайнер разрабатывался как транспортная система. Однако в этом качестве проект оказался не востребован и был закрыт. Его актуальность как атмосферного спутника и системы, способной выполнять ретрансляцию сигнала, была оценена лишь совсем недавно. Нам кажется рациональным его использование в качестве атмосферного спутника [3].





Локомоскайнер

Например, можно использовать солнечную энергию для приведения аппарата в движение. Солнечные панели будут располагаться на верхней стороне «тарелки» и соединяться с двигателями. Благодаря круглой форме, аппарат меньше сносит ветром, он будет умеренно расходовать энергию и поэтому площадь батарей будет мала относительно общей площади аппарата. Важной частью модернизации является изменение цвета аппарата. Он должен быть покрыт чёрной светопоглощающей краской. Это позволит в светлое время суток нагревать газ во втором, верхнем, отсеке. Аппарат за счёт этого будет подниматься.

**Выводы.** За счёт этих инноваций, а также за счёт внедрения автопилота и более лёгких материалов локомоскайнер можно будет эффективно использовать в качестве атмосферного спутника для ретрансляции сигнала GSM, GPRS, 3G, LTE в регионах с малой плотностью населения. Это позволит упростить доступ в сеть для людей и отказаться от дорогого и сложного спутникового интернета.

### Список литературы

1. Лятс К. Локомоскай: экономика без балласта. Эффективность, экономичность и эстетичность стали залогом создания уникального летательного аппарата // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2010. – №10. – С. 86–87.
2. Шнурков О.И. Аэростатический сегмент системы разведки и целеуказания // Морской сборник. – 2014. – № 7. – С. 70–74.
3. Выговтов А. В., Калач А. В., Разиньков С.Ю. Современные беспилотные летательные аппараты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . – 2015. – № 4. – С. 70–84.

**Цветков Алексей Павлович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21(з)

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»*

*г. Йошкар-Ола*

## **КОМПЛЕКСНАЯ И ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПО "ОРГХИМ"**

**Цель работы** – разработка комплексной интегрированной системы безопасности для производственного объединения «ОргХим».



Комплексная и интегрированная система безопасности

*Комплексные системы безопасности* позволяют автоматизировать процесс контроля объекта, наблюдения за периметром и входами. Они сводят к минимуму воздействие человеческого фактора, позволяют существенно сохранить штаты предприятия, облегчить его охрану и обеспечение внутренней безопасности.

Основным элементом комплексной системы безопасности является система контроля управления доступом (СКУД), осуществляющая контроль и управление доступом на объект. Этот элемент может использоваться как самостоятельно, так и объединяться с другими системами, повышая уровень безопасности.

Для того чтобы контролировать доступ к тем или иным помещениям, СКУД, интегрированная в комплексную систему безопасности, использует специальные идентификаторы, которые посредством программного обеспечения присваиваются тем или иным объектам и персоналу. В памяти СКУД хранятся все данные об электронных ключах, уровне доступа каждого из них. Датчики, которые установлены на различных участках здания, мгновенно реагируют на малейшие нарушения доступа к помещениям и передают информацию в базу данных.

Обязательным этапом в создании комплексных систем безопасности является установка охранного телевидения. Оно является наиболее эффективным способом обеспечить наблюдение за объектом и периметром, предотвратить хищение имущества и другие противоправные действия. Кроме того, интегрированная со СКУД и пожарной сигнализацией система видеонаблюдения позволяет в несколько раз повысить уровень защиты здания от стихийных бедствий и экстремальных ситуаций [1].

Чтобы грамотно интегрировать устройства видеонаблюдения в комплексную систему безопасности, требуется разработать подробную схему установки камер, подобрать их модели, наиболее подходящие к особенностям конкретного объекта, подготовить специальные поворотные устройства, обеспечить бесперебойное электропитание.

Также в комплексных системах безопасности обязательно используются устройства пожаротушения и их комплексы, позволяющие мгновенно отреагировать на возгорание на том или ином участке и моментально устранить его без участия человека.

Комплексные системы безопасности должны обеспечивать и охрану периметра объекта. Для этого в определенных его местах устанавливаются видеокамеры и охранные датчики, которые интегрируются в комплексную систему безопасности. При обнаружении попыток проникновения злоумышленников оператор сможет увидеть картинку на мониторе или услышать звуковой сигнал и молниеносно отреагировать согласно правилам, установленным на предприятии.

Все элементы комплексной системы безопасности передают информацию в единый модуль управления, что позволяет быстро анализировать все полученные данные и принимать решения.

*Интегрированные системы безопасности* представляют собой своеобразную надстройку, которая позволяет объединить воедино все вышеперечисленные элементы и установить для них общее управление.

Интегрированные системы безопасности открывают следующие возможности:

- контроль, управление и разграничение доступа к тем или иным территориям на протяжении 24 часов в сутки и 7 дней в неделю;
- наблюдение за средствами охранной и пожарной сигнализации;

- возможность работы с видеоизображениями со всех участков, на которых установлены камеры интегрированной системы безопасности, их сохранения и архивирования;
- возможность настраивать каждую подсистему в отдельности;
- управление системой вентиляции, кондиционирования, освещения;
- дистанционное управление интегрированной системой управления посредством интернет и GSM;
- возможность интеграции с другими системами управления и контроля, бухгалтерским программным обеспечением;
- возможность интеграции с ERP-системами [2].

В заключение хочу подчеркнуть, что сейчас нужны в первую очередь системы, при совместной работе которых достигается максимальный уровень безопасности объекта. Отбор оборудования конкретного производителя должен производиться не под влиянием моды или престижности, а на основании наибольшей надежности и функциональности. Этим критериям в настоящее время более соответствуют отдельные, не интегрированные системы безопасности.

#### **Список использованной литературы**

1. Комплексные системы безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vashtvmir.ru/kompleksnyie-sistemyi-bezopasnosti/> (дата обращения 10.09.2017).
2. Комплексные и интегрированные системы безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trascon.ru/?static=7> (дата обращения 12.09.2017).

УДК 615.477

**Чемоданова Илона Дмитриевна,**

направление Информационная безопасность (бакалавриат),  
гр. БИС-41

Научный руководитель **Коротков Петр Анатольевич,**

канд. экон. наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОСИГНАЛОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ**

**Цель работы** – рассмотреть способы получения биоэлектрических сигналов от человеческого организма, выявить наиболее эффективный

метод управления экзоскелетом, обозначить перспективы развития методов управления экзоскелетами.

В настоящее время разрабатывается большое количество устройств, способных получать биоэлектрические сигналы от человеческого организма и использовать их в различных областях, в том числе в прикладной биомедицине (экзопротезы и экзоскелеты).

В зависимости от исследуемого вида органа, активность которого необходима для изучения, можно выделить следующие способы снятия биоэлектрических сигналов [1]:

- электрокардиография – исследование электрической активности сердца;
- электроэнцефалография – исследование электрической активности головного мозга;
- электромиография – исследование электрической активности мышц;
- электроокулография – исследование изменения потенциалов, обусловленных движением глазного яблока;
- электрогастрография – анализ электрических сигналов, вызванных деятельностью желудка и кишечника.

При разработке систем управления современных экзоскелетов наибольшее распространение получил метод поверхностной электромиографии (пЭМГ) [3].

Применение пЭМН используется не только для управления экзоскелетом, но и позволяет исследовать работу мышц в процессе применения экзоскелета с целью оптимизации его конструкции, а также получать новые фундаментальные знания о нервно-мышечной реорганизации с целью выработки стратегий адаптации и компенсации при повреждении локомоторного аппарата [5].

Поверхностная электромиография – неинвазивный метод исследования, позволяющий оценить суммарную биоэлектрическую активность мышц в покое и при выполнении двигательных действий различной координационной сложности путем отведения биоэлектрической активности поверхностными электродами, установленными на коже над двигательной точкой мышцы, с последующим анализом сигнала на электромиографе [3]. За счет регистрации суммарной активности всех активированных двигательных единиц пЭМГ позволяет оценивать взаимодействие двигательных единиц одной мышцы или различных мышц (синергистов и антагонистов), что дает возможность изучать одновременно несколько мышц (в зависимости от числа каналов электромиографа). При этом многоканальная регистрация существенно расширяет

возможности управления, используя новые способы обработки сигналов, например, классификацию пЭМГ-паттернов и многоканальную регрессию [4].

Несмотря на преимущества пЭМГ, она имеет ряд недостатков, обусловленных тем, что характер сигнала пЭМГ зависит не только от биоэлектрической активности мышцы, но и от других факторов (расположение электродов, загрязнение кожи, размер мышцы, внешние помехи и др.). Кроме того, электроды регистрируют активность лишь поверхностно расположенных мышц, а не конкретных мышц, ответственных за выполнение движения. Вместе с тем для целей биоуправления важно выделять из общего сигнала активность конкретной мышцы. В связи с этим для исключения артефактов и выделения сигналов от конкретных мышц повышенное внимание уделяется свойствам, конструкции и расположению электродов, а также математической обработке электромиографического сигнала [4].

Наиболее сложной задачей при использовании биосигналов для управления экзоскелетом является выявление типичных пЭМГ-паттернов различных движений или распознаваемых и устойчивых паттернов биоэлектрической активности мышц, ассоциированных с активацией набора определенных мышц при том или ином движении [6].

В настоящее время выделяют две стратегии управления роботизированными устройствами, в т.ч. экзоскелетами, основанные на использовании нейромышечных сигналов, одна из которых ориентирована на выделение некоторых заранее определенных типов движений, в то время как другая анализирует интенсивность мышечных сокращений.

Перспективным направлением развития метода пЭМГ является разработка новых принципов совмещения командного и пропорционального способов управления, при котором тип выполняемого устройством движения определяется на основе классификации, а скорость его выполнения в каждый момент времени – на основе характеристик пЭМГ-сигналов [2].

**Выводы.** При разработке биоуправляемых экзоскелетов и оценке их эффективности используется главным образом информация, получаемая с помощью метода поверхностной электромиографии. Кроме того, применение этого метода вносит вклад в понимание физиологических процессов адаптации и компенсации при патологии локомоторного аппарата при использовании экзоскелетов. Перспективы развития данного метода связывают с новыми возможностями регистрации, преобразования и классификации биоэлектрических сигналов мышц и паттернов мышечной активности.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации постановления Правительства РФ №218 от 9 апреля 2010 г.*

*Научное исследование выполнено в ФГБОУ ВО «ПГТУ», г. Йошкар-Ола.*

### **Список литературы**

1. Съем и обработка биоэлектрических сигналов: учеб. пособие / К.В. Зайченко, О.О. Жаринов, А.Н. Кулин и др.; под ред. К.В. Зайченко; СПб.: СПбГУАП, 2001. – 140 с.
2. Совместное использование командного и пропорционального управления внешними робототехническими устройствами на основе электромиографических сигналов / С.А. Лобов, В.И. Миронов, И.А. Кастальский, В.Б. Казанцев // Современные технологии в медицине. – 2015. – Т. 7, № 4. С. 30–38.
3. Метод поверхностной электромиографии: роль и возможности при разработке экзоскелета (обзор) / Н.Н. Рукина, А.Н. Кузнецов, В.В. Борзиков, О.В. Комкова, А.Н. Белова // Современные технологии в медицине. – 2016. – Т. 8, № 2. С. 109–118.
4. Surface EMG generation model with multilayer cylindrical description of the volume conductor / D. Farina, L. Mesin, S. Marina, R.A. Merletti // *IEEE Trans Bio-med Eng.* – 2004. – No. 51 (3). – P. 415–426.
5. Gordon, K.E. Feedback and feedforward locomotor adaptations to ankle-foot load in people with incomplete spinal cord injury / M. Wu, J. H. Kahn, B. D. Schmit // *J Neurophysiol.* – 2010. – No. 104 (3). – P. 1325–1338.
6. Lorrain T., Jiang N., Farina D. Influence of the training set on the accuracy of surface EMG classification in dynamic contractions for the control of multifunction prostheses // *Neuroeng Rehabil.* – 2011. – No. 8. – P. 25.

УДК 539.376

**Черепанов Сергей Александрович,**

направление Информационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВ-МОДЕМОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ ИОНОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ**

**Цель работы** – разработка, выбор и реализация оптимальных расчетов характеристик распространения дециметровых радиоволн в ионо-

сфере для КВ-модемов, а также моделирование новых алгоритмов и способы работы с ними.

Несмотря на развитие различных высокоскоростных систем передачи данных ДКМ-связь остается одним из важнейших видов связи, которую используют различные службы. Актуальность обусловлена необходимостью увеличения устойчивости передачи данных в ДКМ-диапазоне.

Системы радиосвязи ДКМ-диапазона волн являются основными системами дальней наземной и воздушной радиосвязи. Связь в ДКМ-диапазоне на больших расстояниях имеет экономическое и практическое преимущество перед переводной или радиорелейной связью. Однако частотная емкость этого диапазона сравнительно мала, а уровень помех значителен. Поэтому ДКМ-связь чаще всего применяют в качестве резервной. Роль её увеличивается в условиях чрезвычайных ситуаций.

Для радиосвязи на большие расстояния используют ионосферные волны, отражающиеся от ионосферы в процессе распространения. Процессы в ионосфере бывают регулярными и случайными. Регулярные процессы связаны с солнечной активностью. К нерегулярным относятся возмущения при вспышках солнечной активности, а также образование сильноиницированной области на уровне E. При относительно малых мощностях можно передать сигнал на большое расстояние.

Для оценки качества систем ДКМ-радиосвязи необходимо функции рассеяния канала сопоставлять с характеристическими функциями используемого модема.

При передаче информации по ДКМ-радиоканалам основные требования предъявляются к достоверности и надежности передачи данных, при этом реальные скорости могут быть невелики.

При приеме КВ-сигналов следует считаться с эффектом Доплера. Ионные образования в ионосфере передвигаются, и скорость их передвижения может быть настолько большой, что сдвиг частот, отраженных от таких образований, из-за эффекта Доплера может быть заметным.

Для повышения достоверности передачи данных в целом используются специальные методы кодирования. Распространенной формой помехозащиты является кодирование в целях уменьшения вероятности искажения информации: сверточное кодирование, перемежение, скремблирование. Перечисленные методы нашли применение в современных модемах. Они обеспечивают высокую достоверность передачи данных, но информационная скорость падает примерно в 3 раза.

Целью развития КВ-связи является повышение устойчивости связи, сокращение числа ошибок, осуществление операций по автоматическому устранению неисправностей, резервированию, высокоэффективной



адаптации к изменяющимся условиям радиосвязи (по помехам и распространению волн).

### **Список литературы**

1. Зондирование ионосферных каналов высокочастотной связи с поверхности Земли / Иванов В.А., Иванов Д.В., Рябова Н.В., Мальцев А.В., Рябова М.И., Царев И.Е. // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – Йошкар-Ола, 2008. – №1. – С. 3-20.
2. Головин О.В., Просторов С.П. Системы устройства коротковолновой радиосвязи. – М.: Телеком, 2006. – 598 с.
3. Рябова Н.В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 292 с.

УДК 654

**Чернядьев Андрей Владимирович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(бакалавриат), гр. ИТС-41

Научный руководитель **Акцораева Наталья Геннадьевна,**

канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента и бизнеса  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ**

В настоящее время спутниковые системы связи используются там, где недостаточно станций или невозможно провести волоконно-оптические линии, – в удаленных и труднодоступных местах, где отсутствуют зоны покрытия станций сотовой связи. Развитие этих систем имеет большое значение и служит для ликвидации цифрового неравенства между центральными регионами и регионами Крайнего Севера и Дальнего Востока. В этих регионах космическая связь имеет перспективы, так как наземные коммуникационные сети связи, несмотря на свои преимущества, не способны устранить проблемы предоставления информации (ТВ и радиовещательные программы, интернет, услуги связи и пр.). Теоретически возможно провести наземные волоконно-оптические линии, ретрансляционные сети в удаленные регионы, но это будет нецелесообразно, потому что потребуются гораздо больше времени и финансовых затрат, чем при использовании спутников. Несмотря на то что ресурс спутниковых каналов связи дорог, за счет большой территории охвата и при большом количестве абонентов затраты на по-

строение данного канала все равно будут малы по сравнению с системами, созданными на основе земных станций. В связи с вышесказанным исследования в этом направлении очень актуальны.

**Цель исследования** – подчеркнуть роль и выделить приоритетные направления развития области спутниковой связи в России.

В России спутниковая связь отстает по развитию от такой же связи в других странах из-за малого количества операторов и недостаточного развития технологии VSAT (малые земные станции для космической связи), поэтому специалистам есть к чему стремиться. Главная проблема – это недостаточное количество спутников на орбите для того, чтобы обеспечить покрытие больших областей и получить хорошее качество сигнала. Поэтому необходимость в построении спутниковой связи обеспечивается запуском новых спутников.

Сегодня многие российские операторы стали использовать спутники и спутниковые каналы для большего охвата труднодоступных регионов России. Так, по данным газеты «Ведомости», операторы «Мегафон», «Теле2» за последний год стали больше использовать спутники и спутниковые каналы в удаленных регионах примерно в 1,5 – 2 раза в связи с увеличением абонентской базы и ростом потребляемого трафика. Переход на российские спутники позволил операторам быстро повысить емкость спутниковой сети. «Ростелеком» также устанавливает земные станции спутниковой связи в дальних регионах. Главное условие увеличения числа используемых спутников операторами – это увеличение их прибыли. Например, российский спутниковый оператор RSCC («Космическая связь») опустился в рейтинге на 10-е место из-за неудачного запуска двух спутников и потери одного спутника Express-AM4. На первом же месте находится оператор Intelsat.

В России государство активно поддерживает развитие спутниковой связи. В настоящее время на территории России осуществляются федеральные программы по «развитию телерадиовещания» и «устранению цифрового неравенства». Основные задачи проектов – развитие цифрового эфирного телевидения, сетей связи, систем массового широкополосного доступа к глобальным информационным сетям и предоставление мультисервисных услуг на передвижных и подвижных объектах.

По данным агентства «Россвязь», в настоящее время государство, а именно государственное унитарное предприятие «Космическая связь» (ГП КС) начала реализовывать проекты и решения по развитию российских спутников связи и вещания для гражданского населения. Российская орбитальная группа состоит из 12 спутников, которые находятся на геостационарной орбите. Данная группа спутников и решает задачи передачи телефонного трафика, спутникового вещания, широкополосного

доступа в Интернет, развертывания VSAT-сетей на пять вещательных зон России, в труднодоступных регионах в первую очередь. В ближайшее время планируется организовать группу спутников на высокоэллиптической орбите, что позволит обеспечить связь в тех регионах (на широтах выше 76-78° с.ш.), где невозможен прием с геостационарного спутника, а также доставлять сигнал в районы Дальнего Востока страны без промежуточных точек.

В сетях спутниковой связи, работающих в Ка-диапазоне, наибольший интерес связан с развитием сервисов для частного и корпоративного сегмента в условиях снижения стоимости спутниковой емкости, реализуемой на спутниках Ка-диапазона с высокой пропускной способностью (High-Throughput Satellite - HTS).

Космическая связь построена на использовании искусственных спутников Земли, на которых расположены ретрансляторы, передающие сигнал от земной станции абонентам, имеющим приемные антенны. Для повышения качества приема сигнала и для обеспечения радиосвязи в районах, где невозможно задействовать проводную связь, используют системы подвижной спутниковой связи, состоящие из сопряженных станций и специальных спутников, находящихся на геостационарной орбите (круговая подвижная орбита).

**Выводы.** Таким образом, как показало исследование, за счет большой территории охвата и при большом количестве абонентов затраты на построение канала через спутниковую связь являются малыми по сравнению с системами, созданными на основе земных станций. В качестве приоритетных направлений развития области спутниковой связи в России можно выделить следующие:

- запуск сетей в Ка-диапазоне (от 26,5 до 40 ГГц) на российских спутниках "ЭКСПРЕС-АМ5", "ЭКСПРЕС-АМ6";
- развитие области передвижной и подвижной связи;
- появление операторов спутниковой связи на массовом рынке.

### **Список литературы**

1. Машбиц Л.М. Зоны обслуживания систем спутниковой связи – М.: Радио и связь, 2012. – 168 с.
2. Цветов М.А., Украинцев Ю.Д. История связи и перспективы развития телекоммуникаций: учебное пособие – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 128 с.
3. Радиорелейные и спутниковые системы передачи / под ред. А.С. Немировского. – М.: Радио и связь, 1986.
4. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи. – М.: Альпина Паблишер, 2004. – 536 с.

**Чоудхури Илья Тапендрович,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы  
(магистратура), гр. ИТСм-22

Научный руководитель **Пивень Алексей Александрович,**  
доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ**

**Цель работы** – найти оптимальную модель цифрового фильтра с дальнейшей разработкой принципиальной схемы на отечественной элементной базе с использованием процессора цифровой обработки сигнала, применяемого в радиолокационных станциях.

В данной статье рассматриваются современные способы первичной обработки радиолокационных сигналов, построенных на базе процессоров цифровой обработки сигналов.

Радар – это система для обнаружения объекта, в котором с помощью радиоволн можно определить высоту, направление и скорость объекта. Радары используются для обнаружения самолетов, судов, космических кораблей, управляемых ракет, а также прогнозирования погоды и определения ландшафта.

Наибольший практический интерес среди цифровых фильтров представляют гребенчатые фильтры. Этому способствует их амплитудно-частотная характеристика (АЧХ).

Гребенчатый фильтр – это фильтр, при прохождении сигнала через который к нему добавляется он сам с некоторой задержкой. В результате получается фазовая компенсация. АЧХ гребенчатого фильтра состоит из ряда равномерно распределённых пиков, так что она выглядит как гребёнка.

В цифровых системах фильтр задаётся следующим уравнением:

$$y(n) = ax(n) + bx(n - \tau) + cy(n - \tau), \quad (1)$$

где  $\tau$  – запаздывание.

Это свойство гребенчатого фильтра весьма ценно для выделения периодических сигналов из шумов или любых других помех с размытым спектром. Если задержка  $\tau$  равна периоду повторения сигналов, то в зубцы гребенки попадают соответствующие компоненты спектра сигнала и лишь небольшая доля компонентов спектра помехи. Таким обра-

зом, достигается повышение отношения сигнал/шум на выходе фильтра по сравнению с таким же отношением на его входе.

Таким образом, вышеприведенные характеристики гребенчатого фильтра говорят о его успешном применении в системах первичной обработки радиолокационных сигналов, где существует огромное множество шумовых помех.

А реализация данного типа фильтров на базе процессора цифровой обработки сигнала обеспечит длительный жизненный цикл устройства, так как позволит менять конфигурацию фильтра без изменения аппаратной составляющей.

Ниже представлены амплитудно-частотные характеристики КИХ-фильтра, смоделированного в системе MATLAB, с разным порядком.

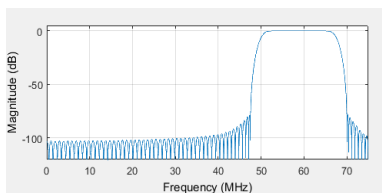


Рис. 1. КИХ-фильтр 100 порядка

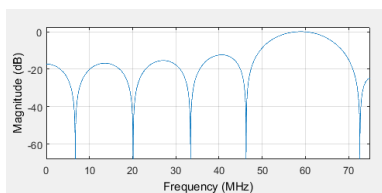


Рис. 2. КИХ-фильтр 10 порядка

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что фильтр 100 порядка позволяет получить данные в пределах заданной полосы частот, но при этом займет больше времени на обработку, что нецелесообразно в системах радиолокации. Фильтр 10 порядка имеет, на первый взгляд, худшее АЧХ, но при этом обеспечивает требуемые характеристики по полосе пропускания и быстродействию.

### Список литературы

1. Справочник по радиолокации: в 2 кн. Книга 1 / под ред. М. И. Сколника; пер. с англ. под общ. ред. В.С. Вербы. – М.: Техносфера, 2014. – 672 с.
2. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Ч. 1: Принципы разработки. Преобразование сигналов цифровой форму // Цифровая обработка сигналов. – 2001. – № 4. – С. 2-11.
3. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Ч. 3: Программируемый процессор сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002. – № 2. – С. 17-26.
4. Танг Т. Чан. Высокоскоростная цифровая обработка сигналов и проектирование аналоговых систем. – М.: Техносфера, 2013. – 192 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Статья посвящена анализу современных способов повышения точности пленочных резисторов, используемых как на производстве, так и в лабораторных условиях в России и за рубежом.

Современное стремительное развитие электронной промышленности требует все большего количества различных электронных компонентов. Одними из массово используемых компонентов являются резисторы. По технологии изготовления резисторы делятся на проволочные, тонкопленочные и толстопленочные. Если проволочные и тонкопленочные резисторы изготавливаются с достаточно высокой точностью, то отклонение сопротивления номинала толстопленочного резистора может достигать  $\pm 20\%$ . Поэтому для повышения точности толстопленочных резисторов прибегают к различным видам подгонки.

Наиболее широко используемым способом является лазерная подгонка. Основные формы резов при лазерной подгонке изображены на рисунке 1а, однако наиболее используемыми являются L-образный и одиночный резы. Разработанная на базе лазерной технологии выборочная подгонка (рис. 1б) позволяет уменьшить среднюю погрешность после подгонки с 1,8% для L-реза до 0,46% [1].

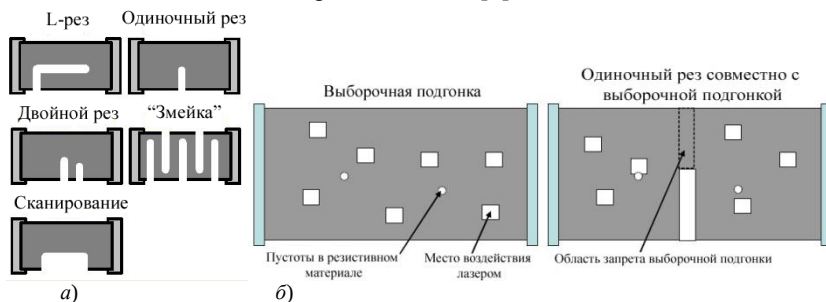


Рис. 1. Формы резов при лазерной подгонке (а) и использование выборочной подгонки совместно с одиночным резом (б)

Принцип выборочной подгонки заключается в точечном воздействии лазером по всей площади резистора, вследствие чего разрушающее воздействие резистивного слоя меньше, однако скорость подгонки меньше в 1,5-2 раза, в зависимости от требуемой точности. Поэтому наиболее эффективно сочетание обоих видов подгонки (рис. 1б). На рисунке 2 показано сравнение распределений сопротивления после различных видов подгонки.

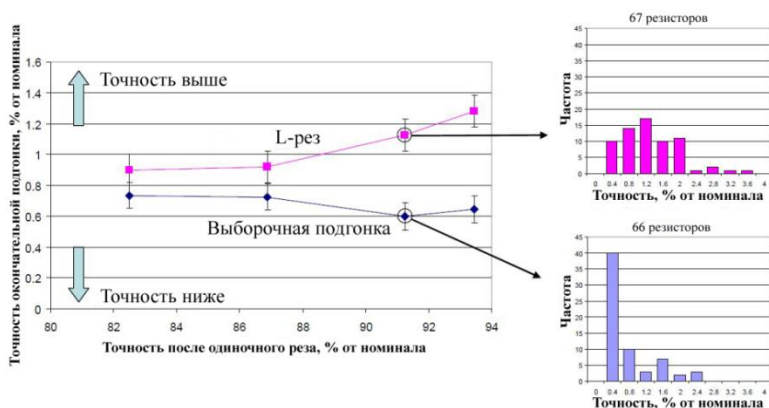


Рис. 2. Сравнение точности выборочной подгонки с L-резом

Одним из развиваемых направлений является подгонка факельным разрядом, принцип которой подобен лазерной подгонке, за исключением применения электроискрового разряда высокой частоты, который также выжигает резистивный слой. Недостатком устройства подгонки факельным разрядом является низкая точность [2, 3].

Одной из разновидностей подгонки резисторов является электроискровая, базирующаяся на воздействии на резистивный слой электрической искрой специальной формы. Особенности повышения точности при электроискровой подгонке резисторов изложены в [4]. На гистограмме (рис. 3) отображено распределение сопротивлений 161 резистора, подвергнутого электроискровой подгонке, с целью достижения номинала 1 кОм. При этом точность резисторов после подгонки не хуже  $\pm 1\%$  от номинала при требуемой по ТУ  $\pm 5\%$ .

Другим направлением повышения точности толсто пленочных резисторов является совершенствование состава резистивных паст. Повышается устойчивость паст к воздействию дестабилизирующих факторов (влаги, термоциклирование, электрическая нагрузка). Так резистивные

пасты DuPont (США) позволяют получать резисторы с точностью до 0,5-2% и ТКС  $\pm 50-100 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  [5].

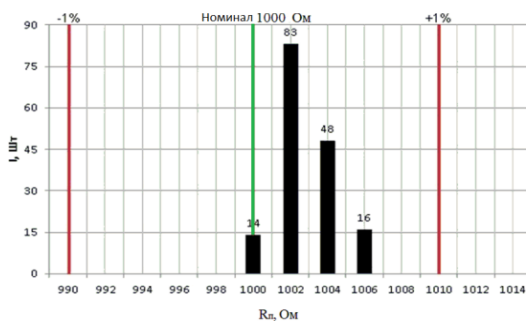


Рис. 3. Гистограмма распределения сопротивлений после электроискровой подгонки

**Выводы.** Среди всех методов наибольшее распространение получила лазерная подгонка ввиду ее простоты, высокой скорости и точности получаемых резисторов. Для повышения точности сопротивления возможно использование выборочной подгонки, описанной выше, совместно с одиночным резом (при этом средняя погрешность может быть уменьшена с 1,8 % до 0,46 %). Наиболее перспективным направлением является развитие электроискровой подгонки, однако этот тип подгонки не получил распространения, несмотря на его существенные преимущества: точность в пределах  $\pm 1\%$ , возможность подгонки без разрушения резистивного слоя, двунаправленная подгонка. В настоящее время ведутся работы по разработке оборудования и технологии электроискровой подгонки толстопленочных резисторов без разрушения резистивного слоя. Помимо этого, постоянно улучшаются свойства и состав резистивных паст. Одним из наиболее широко используемых типов паст является высокотемпературная паста производства DuPont (США), позволяющая получать резисторы с точностью до 0,5-2%.

### Список литературы

1. Sandborn P., Sandborn P. A random trimming approach for obtaining high-precision embedded resistors // IEEE Transactions on Advanced Packaging. – 2008. – Т. 31, №. 1. – С. 76-81.
2. Тюлевин С.В., Пиганов М.Н., Столбиков А.В. Устройство для подгонки толстопленочных резисторов методом факельного разряда // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Том 16, № 1(2). – С. 557-560.



3. Пат. 2371797 РФ, МКИ H01C 17/22. Устройство для подгонки толсто-пленочных резисторов / М.Н. Пиганов, Г.П. Шопин, А.В. Столбиков. – 2009. – Бюл. № 30.

4. Леухин В.Н., Блинов И.Д. Особенности увеличения производительности и точности при электроискровой подгонке резисторов // Научные труды SWorld. – 2013. – Т. 11, №. 3. – С. 66-70.

5. Пасты для толстопленочной технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.onyx.yaroslavl.ru/prod1.shtml>

УДК 621.396.67

**Ширшова Кристина Андреевна,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы  
связи (магистратура), гр. ИТСм-21

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН С РАВНЫМИ РЕФЛЕКТОРОМ, АКТИВНЫМ ВИБРАТОРОМ И УМЕНЬШЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА 10 ПРОЦЕНТОВ В ДЛИНАХ ВОЛН ОТНОСИТЕЛЬНО АКТИВНОГО ВИБРАТОРА**

В процессе выявления оптимальных конструкций трехэлементных вибраторных антенн с равными рефлектором, активным вибратором и уменьшенным директором на десять процентов в длинах волн относительно активного вибратора необходимо моделировать и рассчитывать большое количество конструкций антенн. Для облегчения процесса используется программа Tronap MacroMachine. С ее помощью будут получены массивы зависимостей КСВ, коэффициента усиления, отношения вперед/назад от частоты для большого количества конструкций трехэлементных вибраторных антенн.

Полученные массивы вводятся в шаблонный файл промежуточных результатов, сформированный для одного значения расстояния от активного вибратора до рефлектора при изменении расстояния от активного вибратора до директора.

Сформированные массивы для каждого значения расстояния от активного вибратора до директора вставляются в соответствующие столбцы полученных таблиц. По каждой таблице автоматически рассчитыва-

ются крайние частоты рабочего диапазона по уровню  $KCB = 2$  и  $KCB = 1,5$ .

В шаблонном файле также формируется таблица по  $KCB = 1,5$ , в которой для каждого значения расстояния от активного вибратора до директора сформированы значения  $G_{aver}$  – среднего коэффициента усиления в полосе рабочих частот,  $G/B_{aver}$  – среднего значения отношения вперед-назад в полосе рабочих частот,  $f_1$  и  $f_2$  – граничные значения рабочей полосы частот,  $\Pi_{abs}$  – абсолютная ширина полосы рабочих частот,  $\Pi_{отн}$  – относительная полоса рабочих частот, минимальное значение  $KCB$  в полосе рабочих частот, среднее значение  $KCB$  в полосе рабочих частот. Также формируется таблица по  $KCB = 2$ .

Для анализа по всей совокупности конструкций строятся графики зависимостей относительной полосы рабочих частот  $\Pi_{отн}$  для различных расстояний от активного вибратора до директора по уровню  $KCB = 1,5$  и по уровню  $KCB = 2$ , средних значений  $KCB$  в полосе частот  $KCB_{cp}$  по уровню  $KCB = 2$ , по уровню  $KCB = 1,5$  и минимальных значений  $KCB$  для различных расстояний от активного вибратора до директора, средних значений коэффициента усиления  $G_{aver}$  и средних значений отношения вперед-назад для различных расстояний от активного вибратора до директора по уровню  $KCB = 1,5$  и по уровню  $KCB = 2$ .

Однако полученные графики показывают, что для различных расстояний от активного вибратора до директора по параметрам  $G_{aver}$ ,  $F/B_{aver}$ ,  $\Pi_{отн}$  и  $KCB_{cp}$  не имеется однозначного экстремума для выбора оптимальной конструкции.

Поэтому дополнительно проводится многокритериальный анализ с формированием целевой функции, позволяющий определить оптимальные конструкции в соответствии с заданными весовыми коэффициентами значимости параметров.

### Список литературы

1. Иванов В.А., Рябова Н.В., Павлов В.В. The radiation patterns of an antenna in MMANA for Tronan Macro Machine // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011619372 от 07.12.2011 г. / Роспатент. – Москва, 2011.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                   |   |
|-------------------|---|
| Предисловие ..... | 3 |
|-------------------|---|

### ***Алексеев Р.Е.***

|                                                                                                                                                                                          |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Исследование параметров вибраторных антенн с удлинённым рефлектором на четыре процента и укороченным директором на восемь процентов в длинах волн относительно активного вибратора ..... | 4 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

### ***Бахметьева В.В.***

|                                                                       |   |
|-----------------------------------------------------------------------|---|
| Программный комплекс для обработки данных ионосферных измерений ..... | 7 |
|-----------------------------------------------------------------------|---|

### ***Булаев А.Г.***

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Анализ информационных источников по тематике получения самоорганизующихся плёночных наноструктур на основе меди ..... | 11 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### ***Бушуева К.Д.***

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Метод тестирования сложной сенсомоторной реакции ..... | 14 |
|--------------------------------------------------------|----|

### ***Бушуев А.В.***

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Разработка прибора и технологии осушения газов для хроматографии ..... | 17 |
|------------------------------------------------------------------------|----|

### ***Вохмянина Л.В.***

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Метод непрерывного теппинг-тестирования ..... | 19 |
|-----------------------------------------------|----|

### ***Гасников С.Ю.***

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Современные беспроводные технологии широкополосного доступа ..... | 22 |
|-------------------------------------------------------------------|----|

### ***Гребнев А.Г.***

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Выбор оборудования для модернизации сети сотовой связи ОАО «Мегафон» до 4g/LTE в г. Ветлуге Нижегородской области ..... | 24 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### ***Ермаченко Н.В.***

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| Система машинного зрения квадрокоптера ..... | 27 |
|----------------------------------------------|----|

### ***Еруткина Н.Э.***

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Ионозондовые измерения ..... | 31 |
|------------------------------|----|

### ***Жураева У.Б., Павлов Е.В.***

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Определение полного электронного содержания в трансionoсферных радиоканалах ..... | 33 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|

### ***Иванова Л.С.***

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Разработка автоматизированной климатической системы ухода за комнатными растениями ..... | 36 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|

***Иванов А.С.***

Система замены федерального цифрового  
телевизионного сигнала на региональный .....39

***Казаков Е.В.***

Исследование системы управления электропитанием  
с использованием возобновляемых источников энергии .....42

***Каширов А.В.***

Анализ помеховой обстановки при распространении радиоволн  
по ионосферным каналам связи .....45

***Ковалев Е.В.***

Анализ промышленных интерфейсов по критерию оптимальной  
передачи данных от приборов учета .....48

***Кошаева Е.П., Романова А.В.***

Атмосферная оптическая линия связи .....50

***Кушназаров А.А., Ким О.А.***

Беспроводные системы радиодоступа .....52

***Ландышев Ф.А.***

Классификация ионосферных возмущений .....54

***Левченко А.А.***

GPS-детектор ионосферных возмущений .....56

***Левчук С.К.***

Разработка системы оценки профессиональной пригодности  
операторов подвижных объектов с использованием технологии  
виртуальной реальности.....58

***Максимов М.А., Носов А.П.***

Ионосферное распространение радиоволн.....61

***Набиуллин С.Н., Шабдаров Е.В.***

Устройство для измерения удельного сопротивления  
полупроводниковых и резистивных материалов на основе  
четырёхзондового метода .....63

***Назарова М.С.***

Аппаратно-программный комплекс для определения  
функционального состояния человека.....67

**Назмутдинов Ф.Ф.**

Исследование параметров директорных антенн с удлинённым рефлектором на два процента и укороченным директором на восемь процентов в длинах волн относительно активного вибратора .....71

**Нечунаев Ю.В.**

Определение параметров при разработке локатора нелинейностей для поисково-спасательных работ.....74

**Перцев Д.А.**

Разработка системы автоматического управления лодочным электрическим мотор-генератором .....77

**Петухов О.Г.**

Исследование схем и характеристик приемно-передающих фазированных антенных решеток .....80

**Полянина П.Ф.**

Исследование трехэлементных директорных антенн с удлиненным рефлектором на 2 процента и укороченным директором на 10 процентов в длинах волн относительно активного вибратора .....83

**Рыбаков С.В.**

Исследование трансионосферного канала в г. Йошкар-Оле.....85

**Рыбаков С.В.**

Программно-аппаратный комплекс для исследования трансионосферного канала связи .....88

**Рыжова Е.А.**

Исследование некоторых характеристик плёнок на основе оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали .....91

**Смышляев С.А.**

Автоматическая система динамического контроля окружающего освещения в офисном помещении .....94

**Смышляев П.Н.**

DRM-технология для АСУТП .....97

**Тайгильдина Н.В., Сусанина С.Н.**

Алгоритм оценки диапазона и средней частоты полосы прозрачности линии КВ-связи.....99

**Тайгильдина Н.В., Сусанина С.Н.**

Полоса прозрачности широтных и долготных радиотрасс ..... 102

***Таратин И.А.***

Аппаратно-программный комплекс для построения 3D-карт замкнутых пространств в местах повышенной опасности..... 105

***Трушкова О.А.***

Исследование влияния частотной дисперсии на сигналы систем спутниковой связи для случаев различных частотных приближений ..... 106

***Хомидов С.З.***

Использование GPS в различных областях ..... 109

***Храмов М.А.***

Атмосферные спутники и их применение в системе телекоммуникаций в малонаселённых районах ..... 111

***Цветков А.П.***

Комплексная и интегрированная система безопасности по "Оргхим" ..... 114

***Чемоданова И.Д.***

Особенности и перспективы использования биосигналов для управления экзоскелетом ..... 116

***Черепанов С.А.***

Оценка эффективности использования КВ-модемов для различных состояний ионосферных радиоканалов ..... 119

***Чернядьев А.В.***

Роль и перспективы развития спутниковой связи в труднодоступных регионах России ..... 121

***Чоудхури И.Т.***

Цифровая обработка сигналов в системах автосопровождения объектов ..... 124

***Шабдаров Е.В.***

Современные тенденции повышения точности толстопленочных резисторов ..... 126

***Шишова К.А.***

Исследование трехэлементных вибраторных антенн с равными рефлектором, активным вибратором и уменьшенным директором на 10 процентов в длинах волн относительно активного вибратора ..... 129

*Научное издание*

# ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы III Всероссийской  
студенческой конференции

*Йошкар-Ола, 21-24 ноября 2017 г.*

Часть 3

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ, РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ПРОРЫВНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ответственный за выпуск *А. В. Зув*  
Редактор *П. Г. Павловская*  
Компьютерная верстка *Е.А. Рыбакова*

Подписано в печать 12.12.2017. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 7,9. Тираж экз. Заказ № .

Поволжский государственный технологический университет  
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Редакционно-издательский центр ПГТУ  
424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17