



# II НАУЧНЫЙ ФОРУМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТТТ-2017

XVIII Международная  
научно-техническая конференция

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ  
И ТЕХНОЛОГИЙ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ



ПТИТТ 2017

МАТЕРИАЛЫ ФОРУМА

ТОМ 2

20 – 24 ноября 2017 г., Казань

Министерство образования и науки РФ  
Министерство информатизации и связи РТ  
Академия наук Республики Татарстан  
ФГБОУ ВО «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»  
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
ОАО «ТАИФ»  
ОАО «ТАТТЕЛЕКОМ»  
Казанское отделение Международной академии связи

*Посвящается  
85-летнему юбилею КНИТУ-КАИ,  
65-летнему юбилею ИРЭТ (РТФ)*

# II НАУЧНЫЙ ФОРУМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТТТ-2017

## ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ПТиТТ-2017

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ТОМ 2

Казань, 20 – 24 ноября 2017 г.

Казань 2017

УДК 621.391

ББК 32.811

Н 34

Н 34      **II НАУЧНЫЙ ФОРУМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ:**

**ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТТТ-2017. Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2017: материалы XVIII Международной научно-технической конференции. Казань, 20 – 24 ноября 2017 года. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2017. – Т. 2. – 400 с.**

ISBN 978-5-7579-2254-6 (Т. 2)

ISBN 978-5-7579-2251-5

Представлены материалы докладов по актуальным проблемам и достижениям в области передачи и обработки информации, перспективным инфокоммуникационным технологиям. Отражены перспективы беспроводных технологий, систем мобильной связи, технологий оптических и квантовых систем телекоммуникаций, проблемы квантовой оптики, обработки оптических сигналов; вопросы применения оптических компонент в волоконно-оптических линиях связи и информационно-измерительных системах; применения теории фракталов, дробных операторов, динамического хаоса в новых технологиях телекоммуникаций. Рассматриваются вопросы принципов построения новых антенно-фидерных систем, электромагнитной совместимости в телекоммуникационных системах, защиты информации в инфокоммуникационных сетях. Рассмотрены варианты решения проблем в области инфокоммуникационных технологий, оптических систем в обучении.

Представленные материалы докладов охватывают широкий спектр научных направлений и их использование будет способствовать развитию отрасли информатизации и связи Российской Федерации и Республики Татарстан, вузовской науки, расширения связей с ведущими отечественными и зарубежными образовательными, научными и производственными центрами в области инфокоммуникаций.

**Редакционная коллегия:** *Чабдаров Ш.М.*, академик АН РТ, д.т.н., профессор; *Бурдин В.А.*, проректор ПГУТИ; *Султанов А.Х.*, директор института ИКТ УГАТУ; *Надеев А.Ф.*, директор ИРЭТ, д.ф.-м.н., *Морозов О.Г.*, директор НИИ ПРФЖС, д.т.н., профессор профессор; *Аникин И. В.*, зав. каф., к.т.н., доцент; *Афанасьев В. В.*, д.т.н., профессор; *Багманов В.Х.*, д.т.н., профессор; *Бузов А.Л.*, д.т.н., профессор, зам. ген. директора ОАО «Концерн "Автоматика"»; *Виноградова И. Л.*, д.т.н., профессор; *Горячкин О.В.*, зав. каф., д.т.н., профессор; *Евдокимов Ю.К.*, зав. каф. РИИТ, д.т.н., профессор; *Ильин Г.И.*, д.т.н., профессор; *Карташевский В.Г.*, зав.каф., д.т.н., профессор; *Козлов С. В.*, д.т.н., профессор; *Маслов О.Н.*, зав. каф., д.т.н., профессор; *Моисеев С. А.*, д.ф.-м.н., профессор; *Морозов Г.А.*, д.т.н., профессор; *Нигматуллин Р.Р.*, д.ф.-м.н., профессор; *Польский Ю.Е.*, д.ф.-м.н., профессор; *Росляков А. В.*, д.т.н., профессор; *Седельников Ю.Е.*, д.т.н., профессор; *Хворенков В.В.*, д.т.н., профессор; *Шинаков Ю.С.*, зав. каф., д.т.н., профессор; *Южаков А.А.*, зав. каф., д.т.н., проф.

**Ответственные секретари оргкомитета:** *Коробков А.А.*, к.т.н., доцент; *Василец А.А.*, м.т.т., аспирант.

ISBN 978-5-7579-2254-6 (Т. 2)

ISBN 978-5-7579-2251-5

© Авторы, перечисленные в содержании,  
2017

© Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017

## СПОНСОРЫ ФОРУМА







С Е К Ц И Я 3

**БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ  
СВЯЗИ**

УДК 004.896

## **ПРИМЕНЕНИЕ VR-ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЕННОЙ ИНДУСТРИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Чекалин С.Д., Мезенцева Е.М.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

По всему миру в истории человечества всегда присутствует опасность. Будь то войны, несчастные случаи или одна из современных угроз – работа на опасном промышленном предприятии. Так или иначе и в тех, и в других случаях гибнут люди. Конечно есть случаи, когда удается выжить и отделаться парой шрамов, но нередки потери конечностей или получение огромной дозы радиации. Всё это подвергает людей опасности и снижает уровень жизни на земле. Всё это лишает кого-то родных и близких. Люди всю историю человечества борются за земли, технологии, свою независимость, нацию или отстаивают свою точку зрения, религию. На этих войнах погибали и погибают тысячи тысяч и миллионы людей.

В данном докладе я предлагаю идею снижения уровня смертности людей на промышленных предприятиях и в войнах. Предлагается использовать технологии из игровой индустрии, которая так или иначе затронула жизнь каждого из нас. В данном случае предлагается использовать технологию очков виртуальной реальности и камер захвата движений – Kinect и контроллеры Move. Эта технология не планируется как полностью автономная система, там также будут задействованы люди, но лишь дистанционно. Сами же роботы будут иметь различную друг от друга комплектацию.

Именно поэтому планируется реализация специализированного софта, который будет объединять работу VR-очков, камер захвата Kinect и контроллеров Move, затем при помощи данного софта будет осуществляться приём сигналов с оборудования, то есть движения оператора, их конвертация в сигналы для робота и дальнейшая передача сигналов роботу и их исполнение.

Основные возможности разрабатываемого ПО:

- Полное управление робота человеком, без какой-либо возможности автономной работы, чтобы исключить поломки в работе возможного искусственного интеллекта, что конечно же приведет такого робота в неисправность;
- Сильное понижение уровня смертности людей на промышленных предприятиях и в горячих военных точках;
- Разведка территории возможного радиоактивного излучения, что может понизить риск облучения людей радиоактивными волнами;
- Полное снижение уровня риска радиоактивного облучения на промышленных предприятиях использующие радиоактивные вещества;
- Удалённое управление роботом;
- Индикация и вывод данных на интерфейс очков оператора об уровне радиации в локации, где находится робот;
- Разбор возможных завалов зданий, под которыми могут быть люди;

Для реализации данной идеи планируется использовать оборудование типа VRочки, камеры захвата Kinect и контроллеры Move. Были выбраны камеры именно Kinect, из-за их принципа работы в виде разброса определенного числа точек и за счёт фиксирования изменения положения точек идёт захват движения оператора. На VRочки в свою очередь будет передаваться изображение с камеры робота. Камера на роботе будет иметь угол обзора равный 360 градусов. Контроллеры Moveиспользуются в игровой индустрии для движения робота в пространстве или использования оружия атаки. Также данные контроллеры можно использовать в качестве управления конечностями робота.

Данная идея уникальна от ныне разрабатываемых тем, что:

- Полное отсутствие автономности робота;
- Удаленное управление роботом;
- Использование инстинктов человека при управлении роботом, основываясь на получаемых оператором с робота звуков на звуковую гарнитуру и видео на очки виртуальной реальности;

Также эта идея имеет потенциал в расширении:

- Добавление нейроинтерфейса, что даст альтернативу в управлении роботом при помощи сигналов идущих непосредственно из мозга сразу роботу;
- Добавление тепловизорной камеры;
- Добавление индикаторов, определяющих нахождение в воздухе того или иного вещества, что позволит определять весь спектр веществ и позволит определить уровень безопасности локации;

Но как и у каждой технологии, данная идея имеет свои проблемы. Проблематика этой идеи на данном этапе заключается в следующем:

- Низкий уровень развития искусственного интеллекта;
- Отсутствие защиты робота в горячих точках военных действий от гранат ЭМИ, что может вывести из строя робота и привести его в непригодность на поле боя;
- Полное отсутствие прозрачного защитного материала, что сможет защитить камеру, микрофоны и динамики на роботе от взрывов гранат или падения тяжелых конструкций на предприятиях.
- Отсутствие развития искусственного интеллекта в области самозащиты, чтобы исключить возможность перехвата управления роботом дистанционно;
- Отсутствие развития искусственного интеллекта, что мог бы защитить себя не только на уровне защитных протоколов связи, но и на уровне физическом, дабы различить врага от своего в момент непредвиденного отключения оператора от робота и предпринять действия по устранению врага;

Что касается комплектации роботов, то данная технология имеет целый спектр применения, роботы будут отличаться не только комплектацией, но и строением. К примеру робот-солдат, будет менее поворотлив в силу своего прочного корпуса, когда робот-разведчик

и робот-работник будут служить в частности в узко проходимых локациях и будут более поворотливы. Ниже приведены следующие комплектации:

Робот-солдат:

- Прочный корпус от тяжелых ракетных ударов;
- Сверхпрочный прозрачный материал для защиты микрофонов, динамиков и камеры робота;
- Защита от ударов гранат ЭМИ;
- Орудия атаки, для устранения врага;
- Сканеры радиоактивного и других излучений;

Робот-разведчик:

- Не имеет особо прочного корпуса;
- Не имеет орудия атаки;
- Не имеет защиты от ударов гранат ЭМИ;
- Не имеет защиты для микрофонов, динамиков, камер;
- Сканеры радиоактивного излучения;

Робот-работник:

- Имеет прочный корпус в случае обрушения конструкций промышленного предприятия во время аварии;
- Имеет защиту для микрофонов, динамиков и камер;
- Имеет сканеры радиоактивного излучения и индикаторы, для определения химического состава воздуха;
- Не имеет орудия атаки;

## USE OF VR-TECHNOLOGIES IN WAR AND INDUSTRY

*Chekalin S.D., Mezentseva E.M.*

Described an idea of using hybrid of VR and robots. The tasks for creating software has been set. Described methods of using robots in other areas of people's lives.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ УЗЛОВ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ**

*Хуснуллин В.И., Глушак Е.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время распределенные системы все шире входят в нашу жизнь. Одним из направлений современных распределенных систем являются беспроводные сенсорные сети.

Беспроводная сенсорная сеть – это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиоканала [1]. Причем область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретрансляции сообщений от одного элемента к другому.

Беспроводные сенсорные сети (БСС) получили большое развитие в последнее время. Самым первым требованием к БСС является их автономность, для выполнения которого нужно уменьшить энергопотребление каждого узла. Для решения этой проблемы используются следующими методами [2]:

- определение и оптимизация времени включения передачи;
- предварительная обработка и уменьшение объема данных, которые нужны для передачи;
- многосвязная передача, а именно: отправка сообщений через промежуточные узлы вместо прямой передачи.

Устройства, которые не имеют внутренних источников питания, будут получать энергию прямо из окружающей среды. Многие такие устройства снабжены солнечными батареями, другие преобразуют в электроэнергию механические колебания [3]. С беспроводными устройствами ZigBee наиболее перспективным представляется использование энергии радиоволн. Но для разных типов узлов БСС, имеющих или не имеющих источник питания, актуально повышение его энергоэффективности. Для решения поставленной задачи нужно про-



вести ряд исследований по анализу энергопотребления узла и маршрутизатора БСС. Также можно провести оптимизацию работы приемо-передатчика и предварительную обработку данных на узле сети. Работа одного энергоцикла для узла сети показана на рис. 1.

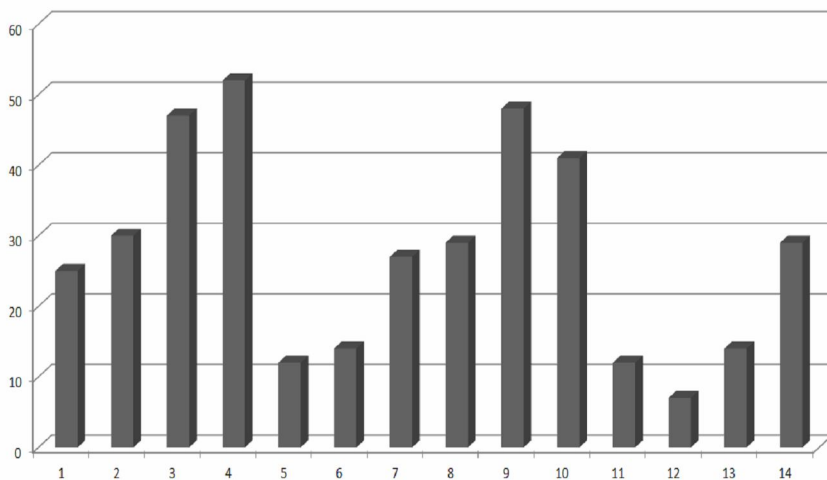


Рис. 1. Энергопотребление узла в программе OMNeT++

Видим, что главная часть энергии тратится на прием, прослушивание и передачу данных, но только не на обработку или сохранение данных.

Исследуем различные подходы по снижению энергопотребления [4, 5]:

1) главным моментом энергоэффективных сетевых операций будет возможность поместить больше узлов в спящий режим, непосредственно для увеличения продолжительности их работы от батареи. Когда сенсорный узел находится в активном состоянии, он может перейти в режим сна (ожидания), позволяющий ему снизить потребление энергии. Сенсорный узел переходит в данный режим между сеансами приема/передачи данных. Все режимы состоят из циклов, а каждый цикл будет состоять из периодов сна и периодов прослушивания. Максимальные затраты энергии будут на передаче

и приеме данных. А именно, одним из вариантов снижения энергопотребления будет переход датчика из активного режима в режим сна, когда потребление энергии будет минимально.

2) в сенсорных сетях с применением технологии ZigBee возможно сжатие информации перед ее отправкой. При этом уменьшается время передачи данных, само устройство уменьшает время своего пребывания в эфире и, естественно, расходует меньшее количества энергии на передачу пакета данных. Для непосредственного сжатия необходимы кодеки. Использование кодеков позволяет уменьшить потребление энергии за счет сжатия передаваемой информации. Минимизация объема транслируемых данных приведет к уменьшению энергопотребления.

3) количество затраченной энергии аналогично будет зависеть от выбранной сетевой топологии. Энергия тратится больше в ячеистой топологии за счет того, что каждый узел сети выходит на связь чаще, и, следовательно, в рабочем состоянии оно находится больше.

Подведем итоги, что самые малые затраты энергии происходят при использовании топологий «звезда» или «кластерное дерево», потому что в этих топологиях координаторы непосредственно подключены к стационарной сети.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальные беспроводные сенсорные сети MeshLogic [Электронный ресурс] / Компания «МешЛоджик». – Режим доступа: <http://www.meshlogic.ru> – 26.08.2017 г. – Загл. с экрана.

2. Баскаков С. Оценка энергопотребления беспроводных узлов в сетях MeshLogic [Текст] / С. Баскаков // Беспроводные технологии. – 2010. – № 1. – С. 28-31.

3. Киреев А.О. Распределенная система энергетического мониторинга беспроводных сенсорных сетей [Текст] / А.О. Киреев, А.В. Светлов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 5 (118). – С. 60-65.

4. Краморенко Е.Г. Понижение энергопотребления сенсорных сетей за счет предварительной компрессии данных [Текст]: матер.

к IV Всеукр. науч.-техн. конф. / Е.Г. Краморенко, М.В. Привалов // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг 2013. – Донецк, ДонНТУ, 2013. – С. 364-369.

5. Власова В.А. Анализ энергоциклов узлов беспроводных сенсорных сетей [Текст] / В.А. Власова, А.Н. Зеленин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 3, № 9 (57). – С. 13-17.

## **STUDY OF ENERGY CONSUMPTION OF NODES IN WIRELESS SENSOR NETWORK**

***Khusnullin V.I., Glushak E.V.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Wireless sensor networks have received great development in recent years. These networks are composed of many tiny nodes, equipped with low-power receiver-transmitter, microprocessor and sensor, can link together global computer networks and the physical world. Because of its ability to self-organization, autonomy, and fault tolerance of such networks are actively used in security systems and military applications. Successful application of wireless sensor networks in medicine to monitor the health associated with the development of biological sensors compatible with the integrated circuits sensor nodes. The report presents the simulation results of BSS, schedule the packet transmission in the network, conclusions and recommendations.

## **ВЫБОР ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ**

*Соболев Ю.В.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Беспроводная сенсорная сеть – это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиоканала [1].

В работе было проведено исследование различных программ для моделирования беспроводных сенсорных сетей.

NS-2 является одной из известных систем моделирования дискретных событий для сенсорных сетей [1]. В настоящее время NS-2 активно поддерживается и используется в научных исследованиях, так как легко расширяема и основана на открытом исходном коде. Для мобильных сенсорных сетей, симулятор имеет поддержку стандартов 802.11 и 802.15.4 типа беспроводного MAC. Последний является более подходящим для сенсорных сетей, поскольку он включает в себя несколько основных моделей энергопотребления и более близок к тем, которые используются в общих сенсорных узлах.

NS-2 не имеет возможности моделирования в режиме ОС реального времени или приложения задержки выполнения кода. Но задержки в MAC и на уровне беспроводного канала связи могут быть определены. Симулятору не хватает модели приложений и снабжения протоколов, аппаратных моделей и поддержки сенсорных сетей. Имеющееся же обеспечение существенно отличается от используемого в сенсорных узлах. Большое количество общедоступных расширений и активный процесс разработки симулятора повышает риск ошибок и неточных или неправильных результатов моделирования. Чтобы избежать этого, NS-2 содержит список проверенных имитационных моделей на своем сайте [2].

Симулятор Сооја – симулятор сети, для операционной системы (ОС) Contiki, специально разработанный для беспроводных сенсорных сетей, позволяющий проверить разрабатываемую сеть до ее непосредственной реализации.

Устройства с Contiki часто функционируют в качестве узлов крупных беспроводных сетей. Разработка и отладка программного обеспечения для таких сетей является трудоемкой задачей. СООJA – стимулятор сетевых процессов Contiki упрощает данную процедуру, предоставляя функции моделирования устройств и сетей [2]. Моделируемый узел в СООJA имеет три основных свойства: данные в памяти, тип узла и его комплекующие. Тип узла определяет общие свойства для узлов.

Например, узлы одного типа запускают единый программный код на одинаковой моделируемой аппаратной архитектуре. Одной из отличительных особенностей СООJA от других симуляторов (NS2, TOSSIM) является то, что СООJA позволяет одновременно контролировать три различных уровня: сетевой уровень, уровень операционной системы и уровень инструкций машинных кодов. СООJA может выполнять программы Contiki двумя различными способами: либо как скомпилированный код прямо на хосте CPU, либо запуск на эмуляторе микропроцессора TIMSP430.

СООJA может моделировать и операционную систему TinyOS и радио обмен пакетами между эмулированными узлами и узлами на основе Java.

TOSSIM является разработкой Калифорнийского университета, но, в отличие от NS, TOSSIM работает за счет подмены компонентов TinyOS и, следовательно, позволяет проводить моделирование только сетей на базе TinyOS. Его плюсом является тесная интеграция с операционной системой, что позволяет моделировать не только передачу пакетов по сети, но и работу аппаратной части узла БСС.

В состав эмулятора TOSSIM входят следующие элементы:

- средство встраивания самого тестируемого приложения TinyOS в структуру эмулятора;
- очередь событий;
- набор программных компонентов, которые заменяют соответствующие аппаратные компоненты реальных мотов;

- механизмы описания моделей радиоканалов и аналого-цифровых преобразователей (ADC);
- средства связи, предоставляющие возможность внешним программам взаимодействовать с эмулятором.

Начальная топология сети задается в виде ориентированного графа, где узлы располагаются в вершинах графа, а дуги графа отвечают за качество связи между узлами. Значения, расположенные в дугах графа, соответствуют вероятности ошибки при передаче данных. Топология сети задается в виде текстового файла. Для генерации пакетов данных сначала необходимо определить функцию, формирующую сообщение и обертывающее сообщение в пакет. Созданный таким образом пакет генерирует событие.

OMNeT++ представляет собой систему моделирования на основе дискретных событий. Система моделирования в основном поддерживает стандартные проводные и беспроводные сети IP коммуникаций, но существуют также некоторые расширения для БСС [2]. Как и NS-2, OMNeT++ является известной системой, расширяемой и поддерживаемой сообществом своих пользователей, которые также создают расширения для моделирования БСС. OMNeT++ использует язык C++ для имитационных моделей. Имитационные модели в совокупности с языком высокого уровня NED собираются в крупные компоненты и представляют собой большие системы. Симулятор имеет графические инструменты для создания моделей и оценки результатов в режиме реального времени.

Отметим, что OMNeT++ обеспечивает лучшие характеристики для тех параметров, которые будут исследованы в дальнейшей работе. К примеру, показатели значения пропускной способности у OMNeT++ лучше, нежели в других программах. Проанализировав симуляторы, в том числе их исходный код, обнаружены различия в реализации, т. е. невозможно воспроизводить сценарий моделирования одного симулятора в другом. В соответствии с полученными сведениями после анализа нескольких программ, можно сказать, что OMNeT++ обеспечивает наивысшие характеристики, но только в определенных отрезки времени. Если же требуется получить более стабильную характеристику, то следует использовать NS-2.

Программа OMNeT++ имеет несложный для освоения интерфейс, бесплатна для использования в академических целях, в ней реализованы основные функции сетевого уровня ZigBee. Исходя из ее преимуществ по сравнению с другими программами, несложно отметить, что полностью подходит для моделирования и исследования беспроводной сенсорной сети. Для дальнейшей работы по моделированию БСС будет выбрана программа OMNeT++.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 4-е изд. – 2010. – 943 с.
2. *Галкин П.В.* Адекватность моделей беспроводных сенсорных сетей в средах имитационного моделирования / П.В. Галкин, А.С. Борисенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 4, № 9 (64). – С. 52-55.

## THE CHOICE OF THE PROGRAM FOR THE SIMULATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

*Sobolev U.V.*

*(Povolzhskiy state University of telecommunications and Informatics)*

Wireless sensor network (WSN) has received great development in recent years. These networks are composed of many tiny nodes, equipped with low-power receiver-transmitter, microprocessor and sensor, can link together global computer networks and the physical world. The concept of wireless sensor networks attracts attention of many scientists, research institutes and commercial organizations which provides a large flow of scientific papers on the subject. Great interest in the study of such systems due to the wide possibilities of application of sensor networks. Wireless sensor networks, in particular, can be used to predict hardware failures in aerospace systems and building automation systems. Because of its ability to self-organization, autonomy, and fault tolerance of such networks are actively used in security systems and military applications.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ: ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ**

*Киреев М.О., Глушак Е.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Беспроводная сеть датчиков (WSN) – это сотни небольших недорогих узлов, которые имеют ограничения в памяти, энергии и мощности обработки. В этой конкретной форме сетей несколько проблем состоят в изучении каждого узла. Недавние достижения в области беспроводной связи и электроники позволили внедрить недорогие маломощные и многофункциональные датчики, которые невелики по размеру и обмениваются данными в двух словах. Дешевые, интеллектуальные датчики, подключенные через беспроводные каналы и развернутые в огромных количествах, предоставляют беспрецедентные возможности для мониторинга и контроля домов, городов и окружающей среды.

Кроме того, сетевые датчики используют широкий спектр приложений в области обороны, создавая новые возможности для разведки и наблюдения и различных тактических приложений. Возможность самолокализации может быть весьма желательным признаком беспроводных сенсорных сетей. В приложениях для мониторинга окружающей среды, например, наблюдение за пожаром в кустах, мониторинг качества воды и точное сельское хозяйство, данные измерений бессмысленны, не владея знаниями о месте размещения из того места, где получены данные. Более того, оценка местоположения может включать в себя множество приложений, например управление запасами, транспорт, обнаружение вторжений, мониторинг дорожного движения, мониторинг состояния здоровья, разведку и наблюдение. Со всеми достижениями в области миниатюризации и интеграции сенсорных и коммуникационных технологий уже разра-

ботаны широкомасштабные беспроводные сенсорные сети с использованием большого количества недорогих и маломощных датчиков. В беспроводной сенсорной сети много денег крошечных датчиков с батарейным питанием разбросаны по всей физической области. Каждый датчик в сети датчиков собирает данные, например, с учетом вибрации, температуры, излучения вместе с другими факторами окружающей среды [1]. Беспроводная сенсорная сеть (WSN) включает в себя сотни и большое количество маломощных многофункциональных сенсорных узлов, работающих в автономном окружении и обладающих возможностями определения, вычисления и связи.

Существенным для разных частей узла, несомненно, являются сенсорный блок, АЦП (аналого-цифровой преобразователь), ЦП (С.Р.У.), электрический блок, а также блок связи. Узлы датчиков – это микроэлектромеханические системы (MEMS), которые создают измеримую реакцию на общее изменение в некоторой пригодности, такой как температура и давление. Узлы датчиков определяют или измеряют физические данные в контролируемой области. Постоянный аналоговый сигнал, воспринимаемый датчиками, оцифровывается аналого-цифровым преобразователем и отправляется контроллерам для большей обработки. Узлы датчиков имеют малый размер, потребляют чрезвычайно низкую энергию, работают с высокой объемной плотностью и будут автономными и адаптивными к окружающей среде. Беспроводные сенсорные сети особенно интересны в опасных или удаленных средах или каждый раз, когда необходимо развертывать множество узлов датчиков. Проблема локализации важна там, где у нее есть неопределенность в отношении некоторого позиционирования. Если сеть датчиков используется для контроля температуры внутри здания, вполне возможно, что мы можем знать точное местоположение узла. Однако, если сеть датчиков используется для контроля температуры внутри удаленного леса, узлы могут быть развернуты с самолета, а точное местоположение, исходящее от всего датчика, может быть неизвестно. Эффективный алгоритм локализации может затем использовать всю доступную информацию через мотыги для вычисления каждой из позиций [2]. Ключевая характеристика любой беспроводной сети датчиков включает в себя:

- 1) ограничения энергопотребления для узлов, использующих батареи или сбор энергии;
- 2) устойчивость узлов;
- 3) мобильность узлов;
- 4) неоднородность узлов;
- 5) масштабируемость в больших масштабах;
- 6) возможность выдерживать суровые условия окружающей среды;
- 7) простота использования;
- 8) конструкция поперечного слоя.

У беспроводных сенсорных сетей есть как преимущества, так и недостатки. Рассмотрим основные преимущества БСС:

- 1) сетевые настройки могут быть выполнены без постоянной инфраструктуры;
- 2) внедрение в труднодоступные места(море, горы, глубокие леса);
- 3) гибкость;
- 4) ценообразование внедрения дешево;
- 5) избегание большого количества проводки;
- 6) он может вместить новые устройства в любое время;
- 7) доступ к нему возможен с помощью централизованного монитора.

Недостатки беспроводных сенсорных сетей можно суммировать следующим образом [2]:

- 1) менее безопасно, поскольку хакеры могут войти в точку доступа и получить всю информацию;
- 2) более низкая скорость по сравнению с проводной сетью;
- 3) более сложная конфигурация по сравнению с проводной сетью;
- 4) воздействие окружающей среды (стены, микроволновая печь, большие расстояния из-за затухания сигнала и т.д.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Levis F.L. Wireless Sensor Networks*1/ F.L. Levis // Associate Director for Research Head, Advanced Controls, Sensors, and MEMS

Group Automation and Robotics Research Institute The University of Texas at Arlington 7300 Jack Newell Blvd. S Ft. Worth – Texas 76118-7115.

2. *David Clark*. Wireless Sensor Networks / The Morgan Kaufmann Series in Networking Series Editor// David Clark, M.I.T., Feng Zhao, Leonidas J. Guibas Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier.

## **INVESTIGATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS: ADJUST APPLICATIONS, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES**

***Kireev M.O., Glushak E.V.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Recent advances in semiconductor, networking and material technology lead to the widespread deployment of large-scale wireless sensor networks (WSNs). Together, these technologies combined to make the new WSN of the new generation much different from wireless networks, developed and deployed 5-10 years ago. Today's modern WSNs have lower deployment and maintenance costs, longer and more durable. They find their way in numerous applications in our homes, workplaces and beyond, bringing new sources of information, control and convenience into our personal and professional lives. The report surveyed wireless networks, examined the applications, advantages and disadvantages of wireless sensor networks.

## **АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ КАНАЛАХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ**

*Сумарокова О.В., Глушак Е.В., Киреев М.О.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Беспроводной канал вводит важные ограничения для производительности WSN. Проще говоря, беспроводной канал играет важную роль в определении расстояния, на которое сообщение может передаваться от узла датчика, и вероятности успешного приема сообщения на каком-либо узле приемника. Передача сообщений осуществляется электромагнитной волной, передаваемой антенной узла отправителя. Мощность электромагнитных волн принимается на антенне приемного узла, искаженной и ослабленной из-за беспроводного распространения, которое подвержено нескольким внешним факторам. В результате мощность волн может быть настолько ослаблена, что волновой сигнал не может быть правильно обнаружен в приемном узле. Более конкретно, сигнал передаваемой волны подвергается ослаблению при движении по беспроводному каналу через канал распространения от передатчика к приемному узлу.

Эффект этих аттенуаций обычно называют замиранием. При распространении свободного пространства, а именно распространении волнового сигнала от передатчика на приемник без какого-либо препятствия между ними, волновой сигнал поступает на приемник с постоянной ослабленной мощностью из-за «потерь в тракте», что мы увидим позже. Однако, когда сигнал встречает препятствия на пути распространения от передатчика к приемнику или сигнал отражается на препятствиях или отражателях, затухание уже не является постоянным и следует более сложному закону из-за физики беспроводного канала. Здесь сигнал отражается, дифрагируется и рассеивается от объектов, которые присутствуют на пути. Каждый путь может иметь

различную величину затухания, задержки и затухания. Комбинация этих разных путей называется многолучевым замиранием или многолучевым распространением. В приемнике сигналы волн, поступающие от разных отражений, могут конструктивно или разрушаться, что приводит к случайным и быстрым колебаниям принимаемой мощности на приемной антенне, особенно при движении приемника или передатчика.

Из-за эффекта Доплера эта ситуация также вызывает распространение сигнала в частотной области, что означает, что передаваемый волновой сигнал предлагает некоторую несущую частоту, поступающую по сдвинутым частотам. Стохастический характер беспроводного канала является фактором, который сильно влияет на распространение сигнала, создавая временную среду. Все эти эффекты приводят к ошибочному расшифровке передаваемой беспроводной волны на антенне приемного узла. Это часто называют «ошибками беспроводного канала». Понимание эффектов ошибок беспроводного канала может быть выполнено с помощью математического моделирования ослаблений, которые передают передаваемые сигналы по каналу. Поскольку неблагоприятные последствия этих ошибок влияют на каждый протокол в WSN, рассмотрение влияния беспроводного канала имеет важное значение в WSN [1].

Беспроводной канал искажает сигналы, передаваемые с узла передатчика. Причину этого искажения можно разделить на четыре основных явления:

**Затухание.** Этот термин относится к уменьшению плотности мощности (затухания) электромагнитной волны при ее распространении в пространстве в зависимости от расстояния. Затухание сигнала ограничивает расстояние передачи информации, так как оно пропорционально расстоянию, пройденному волной над пространством.

**Отражение и преломление.** Когда сигнальная волна падает на границу между двумя различными типами материалов, определенная часть волны поглощается материалом, тогда как другая фракция отскакивает от поверхности, что называется отражением. В зависимости от свойств двух материалов на границе может также распространяться определенная часть волны, которая называется преломле-

нием. Отражение и преломление обычно наблюдаются на земле или стенах здания, как показано на рис. 1, а. В более общем плане эти явления возникают в случае препятствования объектам с большими размерами по сравнению с длиной волны. В результате сигнал, принятый на антенне узла приемника, может исчезать на основе конструктивных или разрушительных эффектов множества принятых волн.

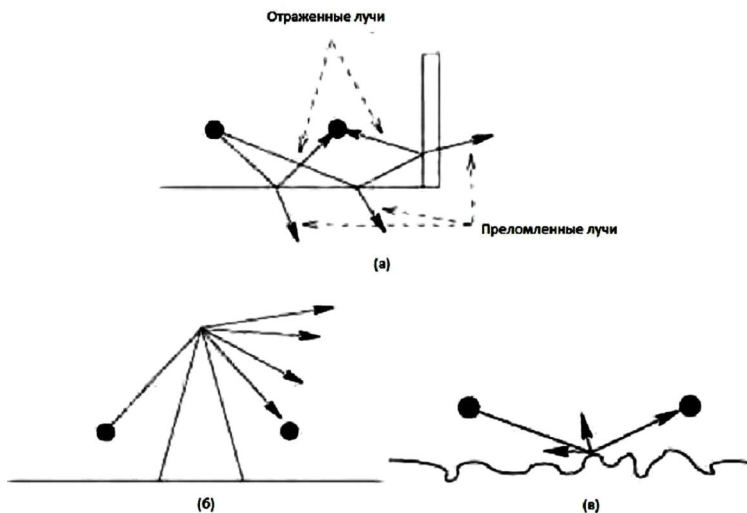


Рис. 1. Явления распространения сигналов по беспроводному каналу

**Дифракция.** Термин относится к явлениям, которые возникают, когда электромагнитная волна распространяется через острые края, такие как вершина горы или здание или поверхности с неровностями. Как показано на рис. 1, б, это приводит к тому, что острый край действует как источник, где генерируются новые вторичные волны, приводящие к изгибу волн вокруг и за препятствием. По сути, исходная сила сигнала распределяется по новым генерируемым волнам.

**Рассеяние.** Сигнальные волны обычно не сталкиваются с препятствиями с идеальными границами. Вместо этого, когда сигнальная волна падает на шероховатую поверхность, она рассеивается в случайных направлениях, как показано на рис. 1, в. Это явление так-



же встречается в случае радиоволны, проходящей через среду, содержащую многие небольшие (по сравнению с длиной волны) объекты, которые влияют на распространение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Akyildiz I.F. and Vuran M.C.* Wireless Sensor Networks. Wiley, 2010.

## **ANALYSIS OF PHYSICAL SOURCES OF DISTORTION IN WIRELESS CHANNELS OF SENSOR NETWORKS**

***Sumarokova O.V., Glushak E.V., Kireev M.O.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Sensor nodes offer a powerful combination of distributed sensing, computation and communication. The increasing capabilities of these tiny sensor nodes, which include reading, data processing and data transfer, allow WSN to be implemented on the basis of the joint efforts of a number of other sensory nodes. They provide a wide range of applications and at the same time offer numerous problems due to their features, especially the tight energy limitations to which sensitive nodes are usually exposed. The wireless channel distorts signals transmitted from the transmitter assembly. The report discusses the main phenomena of the distortion of the wireless channel sensory networks.

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКСКУРСОВОД» ПОД ОС ANDROID**

*Кузина Э.А., Мезенцева Е.М.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Летом 2018 года город Самара ожидает событие мировой важности: Чемпионат Мира 2018, что повлечет за собой тысячи туристов со всей планеты. В связи с этим представляется необходимым наличие такого инструмента, который позволял бы гостям города самостоятельно, бесплатно и просто ознакомиться с главными достопримечательностями, причем не посредством прочтения текстовой информации, которую можно беспрепятственно найти на любом сайте с фото сопровождением, а посредством прослушивания полноценной экскурсии в записи живого человека.

Таким образом, для удовлетворения указанной потребности планируется реализовать приложение «Электронный экскурсовод», которое позволит выполнять функции навигации по достопримечательностям города Самары, а также возможность прослушивания информации.

Для создания предложенного ПО необходимо определить этапы работы, отражающие задачи, решение которых потребуется для реализации:

1. Анализ существующих аналогов продукта;
2. Разработка требований к приложению на основе результатов первого этапа;
3. Дизайн;
4. Разработка самого ПО, она же – кодирование;
5. Тестирование на основе предъявленных требований;
6. Подготовка продукта к эксплуатации – устранение выявленных на предыдущем этапе ошибок.

К любому программному продукту должны быть предъявлены требования, определяющие функции, которые он должен выполнять,

и возможности, которые он должен предоставлять пользователю, а также нефункциональные свойства, определяющие меру оценки качества разработки. Приведем требования, то есть задачи, поставленные перед нашим ПО. Приложение должно позволять (функциональные требования):

- выбирать экскурсию и прокладывать маршрут до неё;
- сопровождать пользователя до места назначения, в том числе с помощью аудио-оповещений;
- последовательно, с ориентацией на местоположение пользователя, проводить аудио-экскурсии;
- начинать ближайшую экскурсию;
- находить экскурсию из ближайших к текущему местонахождению туриста;
- находить любую экскурсию в городе из списка с расположением по релевантности;

Приложение должно обладать (нефункциональные требования):

- удобством использования – дружественным интерфейсом пользователя, обеспечивающим человеку максимально удобное, интуитивно понятное взаимодействие с программой;
- точностью определения геолокации;
- автономностью – независимостью функционирования системы от внешнего окружения;
- надёжностью – адекватным поведением в нештатных ситуациях;
- производительностью;
- расширяемостью – возможностью добавления новых функций при появлении новых функциональных требований.

В связи с описанными требованиями приведём основные возможности разрабатываемого приложения:

- аудио-экскурсии по достопримечательностям города Самары;
- GPS-сопровождение туриста: как добраться до места назначения (аудио-навигация);
- автоматическое воспроизведение экскурсии при достижении необходимого местоположения;
- отображение экскурсий по дальности от текущего местоположения пользователя при использовании функции «найти ближайшую экскурсию»;

- поиск экскурсии по названию достопримечательности, отображение списка экскурсий, отсортированных по релевантности;
- полностью автономная работа.

Для разработки приложения планируется использовать следующие инструменты: объектно-ориентированный высокоуровневый язык программирования Java, карты GoogleMaps для реализации навигации по городу, IDEAndroidStudio.

Особенность разрабатываемого приложения по сравнению с существующими аналогами состоит в следующем:

- бесплатный доступ ко всем имеющимся экскурсиям;
- отсутствие необходимости постоянного подключения к интернету;
- постоянный мониторинг местонахождения пользователя, что позволит улучшить позиционирование и использовать функцию «ближайшая экскурсия»;
- помощь в навигации к необходимому пункту остановки;
- аудио-сопровождение с ориентацией на местоположение пользователя;
- относительная уникальность города, выбранного для создания подобных экскурсий, в связи с тем, что Самара была найдена лишь в одном из многих аналогичных приложений.

Также приложение имеет огромный потенциал в расширении, что повышает его ценность и полезность, по следующим функциям:

- локализация – расширение языковой базы: перевод всего приложения на другие языки, в первую очередь, английский, в том числе и экскурсий – озвучивание переводчиками;
- добавление всех крупных городов России, а впоследствии и мелких, а также наиболее востребованных точек мира за рубежом;
- возможность работы через соединение с интернетом ввиду большого количества информации, которая в перспективе будет необходима для скачивания, что позволит приложению занимать меньше информационного объема;
- работа приложения на платформе iOS;
- возможность загрузки экскурсий заранее для сохранения возможности автономной работы приложения.

# **DEVELOPMENT OF THE ELECTRONIC GUIDE MOBILE APPLICATION UNDER ANDROID OS**

***Kuzina E.A., Mezentseva E.M.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

In theses, the android-application «The electronic guide» is considered. The relevance of a subject is proved, features of the developed application had been shown. The main functionality and additional functions for potential extension is given.

# МОДЕЛЬ РЕЛЕЕВСКОГО РАДИОКАНАЛА С ДОППЛЕРОВСКИМ РАССЕЯНИЕМ И НАПРАВЛЕННОЙ АНТЕННОЙ НА МОБИЛЬНОЙ СТАНЦИИ

*Елисеев С.Н.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Каналы мобильной связи для пользователей движущихся с высокой скоростью, требуют создания усложненных моделей радиоканалов для адекватного отображения условий распространения сигналов в них. Спектральная плотность мощности (СПМ) Допплера это ключевой элемент в описании каналов мобильной связи. Методами ЦОС, как неоднократно отмечалось многими авторами, процессы такого вида целесообразно рассматривать как авторегрессионный скользящего среднего (АРМА) процесс. Требуемая СПМ может быть получена на выходе рекурсивного цифрового фильтра (ЦФ), на входе которого действует  $n(t)$  – белый гауссовский шум с равномерной СПМ  $S_n(f) = N_0$ . Детали синтеза соответствующих ЦФ рассмотрены в [1, 2]. В данной работе рассмотрена модель, в которой учтено влияние направленных свойств приемных антенн, выражающийся в деформации (пространственной фильтрации) функции СПМ релеевских каналов с доплеровским рассеянием.

Релеевские замирания описывают поведение огибающей гауссовского процесса с 0-средним, соответствующего  $p(\theta)$  закону распределения углов прихода сигналов.  $S(f)$  – СПМ, как установлено в [3] имеет вид:

$$S(f) = ((G(\theta)p(\theta) + G(-\theta)p(-\theta)) |d\theta|, \quad (1)$$

где  $G(\cdot)$  – характеристика направленности коэффициента усиления приемной антенны мобильного пользователя. Поскольку доплеровская частота  $f$  связана с падающей под углом  $\theta$  волной соотношением:

$$f = f_D \cos(\theta), \quad (2)$$

где  $f_D$  – максимальное значение частоты Допплера, получаем соотношение:

$$|df| = f_D \left| \sin \left[ \left( \theta \right) d\theta \right] \right| = \sqrt{f_D^2} \left| \right| - f^2 |d\theta|. \quad (2a)$$

Следовательно для случая изотропного рассеивания)  $p(\theta) = 1/2\pi$  и получаем известное выражение для СПМ (спектр Джейка) [3], которое с учетом (1) для направленной антенны принимает вид:

$$S(f) = G_{\text{чет}}(\theta)/2\pi\sqrt{f_D^2 - f^2}. \quad (3)$$

Большинство практически используемых антенн мобильных устройств имеют вид чётных функций, то в (3) можно использовать саму характеристику направленности  $G(\theta)$  в виде кардиоиды:

$$G(\theta) = K\cos^2(\theta). \quad (4)$$

В результате из (1) с учетом (2) и (3), а также используя тождество  $y = \cos(\arccos(x)) = x$  и  $\cos^2(\theta) = 1/2(\cos(2\theta) + 1)$  приходим к выражению для СПМ:

$$S(f) = (f/f_D + 1/2)/2\pi\sqrt{f_D^2 - f^2}. \quad (5)$$

Таким образом реализация АРМА модели СПМ учитывающей направленные свойства приёмной антенны (в частности в азимутальной плоскости) целесообразна в виде ЦФ, частотная характеристика которого  $H(e^{j\omega})$  связана с СПМ следующим образом:

$$S(f) \cong H(e^{j\omega}) \cdot H(e^{j\omega}). \quad (6)$$

Реализацию РЦФ достаточно высокого порядка  $V$  удобно выполнять в виде каскадного соединения звеньев 2-го порядка, дискретизированного с частотой  $f_d$ . Значения частотной характеристики которого  $H(e^{j\omega})$  аппроксимирует СПМ АРМА модели (5) в диапазоне  $|f| \leq f_D$  и стремится к 0 вне этого диапазона.

При замене в выражении (4) степени 2 на более высокую степень  $2\theta$  получаем более выраженные направленные свойства антенны или при переходе к антенным решеткам с характеристиками вида:

$$G_{\text{ап}}(\theta) = G(\theta)F(\theta), \quad (7)$$

где  $G(\theta)$  имеет вид кардиоиды (4), а  $F(\theta)$  множитель фазированной антенной решётки вида  $\sin(n\theta)/n\theta$ . Поэтому целесообразно, в свою очередь факторизовать  $H(e^{j\omega})$  на два сомножителя характеризующие 1) направленные свойства антенны; 2) СПМ, обусловленную законом распределения углов прихода принимаемого сигнала. Решение задачи синтеза соответствующих ЦФ моделирующих  $H(e^{j\omega})$  в том чис-

ле при неізотропном рассеивании приведено в [2]. Порядок ЦФ  $V_0$  оценивается по методике [4]:

$$V_0 = 1,078 \times \lg \left[ \frac{2}{\delta_2 \sqrt{\delta_1}} \right] \times \lg \left[ \frac{4 \sin(2\pi f_D)}{\pi \Delta f} \right], \quad (8)$$

где  $\delta_2$  – допустимая величина сигнала в полосе затухания;

$\delta_1$  – допустимая величина пульсаций сигнала в полосе пропускания;

$\Delta f$  – ширина нормированной переходной полосы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alimohammad A., Fard S.F., Cockburn B.F.* Accurate Simulation of Nonisotropic Fading Channels with Arbitrary Temporal Correlation. IET Communications. Vol. 6, no. 5, 2012. Pp. 557-564.

2. *Елисеев С.Н., Песоцкий П.В.* Моделирование радиоканалов с релейскими замираниями и неізотропным спектром доплеровского рассеивания. Инфокоммуникационные технологии. – Т. 14, № 1, 2016. – С. 82-88.

3. *Jakes W.C.* Microwave mobile communication. New York: IEEE PRESS, 1993. – P. 645.

4. *Bellanger M.* Traitement numerique du signal. 8-e edition, DUNOD, 2006. – P. 447.

## MODEL RALEIGH DOPPLER SPREADIG CHANNEL WITH DIRECTIONAL ANTENNA ON MOBILE UNIT

*Eliseev S.N.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

The proposed ARMA model of channel with Doppler power spectral density take account directional property of antenna on mobile unit. The assessment order of DSP IIR filter implements this model.



## **БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ**

*Минаев А.Л., Глушак Е.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

МТС и ННКС проводили испытания радиорелейной станции на сети МТС в пригородах Петербурга и в Ленинградской области. Система iPASOLINK EX работает в нелицензируемом E-диапазоне (частоты 71-86 ГГц) миллиметровых радиоволн. Расстояние между тремя радиорелейными станциями составило от 3 км до 8 км, тестирование проходило в сложных погодных условиях и завершилось успешно. Оно продемонстрировало отличные показатели работы, а также высокую скорость передачи в сложных погодных условиях. Систематически проводится модернизация сетей, применяется оборудование более высокой пропускной способности. Один из возможных вариантов такой модернизации - внедрение радиорелейного оборудования, обладающего улучшенными техническими характеристиками, как в случае с iPASOLINK EX. В Северо-Западном регионе МТС сотрудничает с NEC более 15 лет. Радиорелейные станции эффективно применять в местах, где прокладка оптического кабеля затруднена или невозможна – возле водоемов, в парках, на железной дороге или в горах. Радиорелейки обеспечивают емкость транспортной сети, сопоставимую с емкостью кабеля. Кроме того, организация РРЛ требует меньше затрат, чем прокладка ВОЛС или использование спутниковых каналов. Протестированная оператором iPASOLINK EX компактна и весит 3 кг, легко устанавливается на крыше или трубе без дополнительных креплений. Оборудование сохраняет работоспособность при температуре от  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также в условиях «холодного старта». Новая модель серии iPASOLINK EX, позволяющая обеспечить пропускную способность сети до 10 Гбит/с, используется на сети оператора связи в России впервые. Вместе с МТС интерес

к новой системе в России проявили несколько компаний, среди которых и другие операторы связи. Пятое поколение мобильных сетей – 5G – обещает стать особенно прорывным. Именно благодаря ему интернет вещей, беспилотные авто и виртуальная реальность перейдут со страниц технологических медиа в нашу повседневную жизнь [1].

В докладе проведен обзорный анализ беспроводных технологий и систем мобильной связи, который поможет в дальнейшей работе при проведении исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс COMNEWS «МТС испытала возможности РРЛ», 2017 г. Режим доступа: [<http://www.comnews.ru/node/106194>] – свободный.

## WIRELESS TECHNOLOGIES AND MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

*Minaev A.L., Glushak E.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

«Mobile TeleSystems» and «Neva Communication Systems» successfully tested three 10-Mbps ether-relay stations on the network in the suburbs of St. Petersburg and the Leningrad Region. These stations have already started working on the MTS network, and in the plans of the operator – to introduce in the region about 60 similar sets. Manufacturers of equipment predict the future growth in demand for radio relay stations from the Russian mobile operators against the backdrop of the evolution of LTE networks and the introduction of 5G technology, since the deployment of a radio relay link is cheaper and faster than the construction of a fiber-optic communication line.

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «УМНЫЙ» ДОМ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Сафиуллин Р.М., Глушаков Е.В.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Умный дом – это область, в которой целый ряд компаний предлагают инновационные устройства и услуги. Некоторые из этих услуг требуют высокой пропускной способности, для чего более пригоден в использовании Wi-Fi, в тоже время в других используются датчики с автономным питанием, и для них желательно использовать маломощные беспроводные ячеистые сети [1]. Главным компонентом умной системы является контроллер, который объединяет датчики и сенсоры и сосредотачивает и в одном месте, а так же обеспечивает связь, благодаря которой человек может управлять разными элементами системы [2]. Следом идет программное обеспечение. В качестве программного обеспечения можно использовать компьютер, либо роутер, либо приборную панель. Аналогично осуществлять управление можно и с планшета или смартфона, если, конечно, система будет поддерживать Wi-Fi или GSM с помощью операционных систем Android или iOS, либо просто по SMS.

В работе были исследованы беспроводные технологии на примере «умного» дома. Проведен анализ сети беспроводного доступа Wi-Fi, Wi-MAX и др. При выборе оборудования для реализации проекта умного дома было отдано предпочтение в пользу компании ablog.ru. Обоснование выбора осуществлялось с учетом: технических характеристик, возможности применения, стоимости и так далее. Был рассмотрен способ построения сети беспроводного доступа с установлением шести точек доступа. Выявили, что Bluetooth имеет стандартные протоколы прикладного уровня и они предназначены для связи телефонов и ПК, а не для устройств умного дома. Протокол ZigBee чаще используется в «умных» домах. Во-первых, данный стан-

дарт позволяет реализовывать датчики с низким энергопотреблением. Во-вторых, ZigBee поддерживает ячеистую топологию сети, при которой отдельные компоненты могут выступать в качестве посредника, передающего сигнал от одного устройства к другому. Стандарт Wi-Fi используется практически в каждом умном доме. Он применяется для того, чтобы сопрягать смартфон или планшет с уже готовой автоматизированной системой. В работе реализован умный дом своими руками. Показано на примерах, что лучше выбирать не одну технологию, а несколько.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сопер М.Э.* Практические советы и решения по созданию «Умного дома» / М.Э. Сопер. – М.: ИТ Пресс, 2007. – 432 с.
2. *Тесля Е.А.* «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Е.А. Тесля. – СПб., 2008. – 224 с.

## IMPLEMENTATION OF THE PROJECT SMART HOME BASED ON WIRELESS TECHNOLOGIES

*Safiullin R.M., Glushak E.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Was studied wireless technology in «smart» homes. The analysis of the network of wireless access Wi-Fi, Wi-MAX etc. When selecting equipment for the implementation of «smart house» project was preferred in favor of the company ab-log.ru. The rationale for our choice was based on: technical characteristics, possible applications, cost, and so on. It was considered the way to build a wireless access network with the establishment of six access points.

## **К ВОПРОСУ О СПОСОБАХ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ**

*Никитин М.Л., Копысов А.Н., Хворенков В.В.*

*(ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический  
университет им. М.Т. Калашикова)*

Рассмотрены методы расширения спектра сигналов, применимые для создания физического и канального уровня сетей связи при проектировании и создании сетей и систем мобильной связи, например групп беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваемые методы применимы в широкополосных сигналах с прямым расширением спектра псевдослучайной последовательностью, путем замены фазовой манипуляции на биортогональные вейвлет функции, с использованием сигнального вектора, а также произведения биортогональной вейвлет функции с сигналом линейной частотной модуляции. Рассмотренные сигналы могут применяться для расширения спектра уже существующих широкополосных конструкций, в которых применена фазовая манипуляция, при этом структура сигнала не требует изменений.

Исследование и разработка способов повышения помехоустойчивости сигналов является актуальной задачей, что, в свою очередь, позволяет использовать для их передачи менее мощного передатчика и достигать лучшей энергетической скрытности сигнала при сохранении качества связи. Одним из факторов, влияющих на помехоустойчивость, можно назвать увеличение базы сигнала, которая определяется произведением ширины полосы сигнала и его длительности. При этом повышение помехоустойчивости прямо пропорционально увеличению ширины полосы сигнала.

Целью данной статьи является выбор способа расширения спектра, позволяющего существенно повысить помехоустойчивость сигнала и сохранить качество связи при снижении энергетических затрат при их передаче.

При этом поставлены следующие задачи достижения цели:

- Сравнение способов расширения спектра с точки зрения увеличения помехоустойчивости;
- Выбор способа расширения спектра для использования в сигнально-кодовых конструкциях;
- Оценка перспективы использования выбранного способа расширения спектра, при дальнейшем увеличении помехоустойчивости;

Одним из подходов рассмотрения методов повышения помехоустойчивости может быть способ, состоящий в сравнении величины расширения спектра. При этом ожидается, что расширение спектра в  $N$  раз приведет к повышению помехоустойчивости соответственно в  $N$  раз. Данное предположение подтверждается экспериментальными данными в работе [1].

Анализ величины расширения спектра, используя методы, приведенные в работах [2, 3], предполагает увеличение полосы сигнала в 7 и более раз по сравнению с использованием фазовой манипуляции для модуляции сигнала.

В частности, известен способ формирования фазоманипулированных сигналов в помехозащищенных системах, в котором используются кодовые бинарные псевдослучайные последовательности (ПСП) для модуляции несущей частоты. При этом элементу последовательности с нулевым значением соответствует отрезок синусоидального колебания с начальной фазой равной нулю градусов, а элементу со значением «1» соответствует отрезок синусоидального колебания с начальной фазой 180 градусов.

Данный метод применен в работах [1, 4] для формирования помехоустойчивых сигнальных конструкций, где для передачи информации использовался алфавит ПСП. Недостатком данного способа является использование в качестве модулирующего сигнала фазовой манипуляции, не оптимальной с точки зрения энергетической эффективности. В работе [5] предложен способ повышения помехоустойчивости сигнала путем увеличения ширины полосы сигнала за счет применения для модуляции ПСП биортогональных вейвлет-функций (БВФ), что позволяет расширить спектр сигнала в 3,5 раза относительно фазовой манипуляции. Недостат-

ком такого метода является ограничение ширины частотного диапазона за счет фиксированной длительности БВФ и сравнительно низкая энергетическая эффективность БВФ из-за больших флуктуаций их амплитуды.

В следующих работах предложены способы модуляции ПСП, позволяющие увеличить ширину полосы сигнала в 2 раза по сравнению с методом модуляции БВФ. Так в работе [2] предложен способ модуляции псевдослучайной последовательности с использованием сигнального вектора, выбранного из набора собственных векторов матрицы, а в работе [3] предложен способ модуляции ПСП, используя произведение БВФ с сигналом линейной частотной модуляции (ЛЧМ).

Таким образом могут быть сделаны следующие выводы:

– Модуляция ПСП БВФ с ЛЧМ вместо двоичной фазовой манипуляции применительно к работам [1, 4] позволяет, не изменяя структуру сигнала, увеличить его полосу в 7 и более раз;

– Увеличение полосы сигнала приведет к увеличению его помехоустойчивости, а также улучшению энергетической эффективности;

– Лучшая помехоустойчивость сигнала позволит уменьшить мощность передатчика без ухудшения качества передачи относительно сигнальной конструкции с фазовой манипуляцией.

– Полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение для построения систем цифровой передачи информации и организации КВ-УКВ радиосвязи в труднодоступных зонах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы синтеза составных частотно-временных сигналов *Никитин М.Л., Копысов А.Н., Хворенков В.В., Богданов А.А., Жидяев А.В.* Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2015. № 3(67). – С. 93-97.

2. Пат. 2579759 Российская федерация, МПК H04K1/00. Способ формирования помехоустойчивых широкополосных сигналов.

Жиляков Е.Г., Белов С.П., Ушаков Д.И. Старовойт И.А.; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» № 2015110495/07, заявл. 25.03.2015; опубл. 10.04.2016.

3. Пат. 2578677 Российская федерация, МПК H04L27/22. Способ формирования помехоустойчивых радиосигналов. Дворников С.В., Дворников С.С., Кислицина Е.К. и др.; Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного» Министерства Обороны Российской Федерации № 2014147282/07, заявл. 24.11.2014; опубл. 27.03.2016.

4. Оценка помехоустойчивости широкополосных сигналов, построенных на базе фазоманипулированных частотно-временных сигналов. *Никитин М.Л., Копысов А.Н., Марков М.М.* В сборнике: измерения, контроль и диагностика – 2014. Сборник материалов III всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Главный редактор В.В. Муравьев. – 2014. – С. 218-223.

5. Пат. 2412551 Российская федерация, МПК H04L27/18. Способ формирования помехоустойчивых сигналов. Анжина В.А., Кузовников А.В., Кухтин В.К. и др.; патентообладатель Открытое акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» № 2009105963/09, заявл. 19.02.2009; опубл. 20.02.2011.

## **THE QUESTIONS OF METHODS OF IMPROVEMENT OF INTERFERENCE RESISTANCE OF WIDEBAND SIGNALS**

*Nikitin M.L., Kopysov A.N., Khvorenkov V.V.*

The methods of spread spectrum of signal are considered. They are used to design physical and link layer of mobile telecommunication



network, such as groups of pilotless planes. The methods are applicable to broadband signals with DSSS technology, if we replace PSK with biorthogonal wavelet functions, which use a signal vector. Also we can use the product of a biorthogonal wavelet function with a chirp-signal to replace PSK. The signals considered can be used to expand the spectrum of already existing broadband structures, where phase shift keying is applied. And the signal structure does not require any changes.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ZIGBEE**

*Архипов П.А., Росляков А.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Современные сенсорные сети предназначены для использования в системах сбора данных и управления. В настоящее время стоимость компонентов сенсорных сетей достаточно велика, чтобы иметь возможность построить сеть значительных размеров для научных исследований.

Для полноценной проверки работы беспроводной сенсорной сети с большим количеством узлов разумно применять средства имитационного моделирования. Имитационное моделирование строится на основе математической модели, которая аппроксимирует свойства и поведение исследуемой сети и позволяет решать задачи по оптимизации и ее управлению. Имитационной является математическая модель, реализованная как программное обеспечение для компьютера и использующая специальные или стандартные языки программирования. При построении подобной модели сети связи могут использоваться как статические, так и динамические модели.

Под статическими понимаются модели, используемые для исследования состояния сети в заданные моменты времени, например, аналитические методы расчета из теории массового обслуживания, а под динамическими – дискретные стохастические модели, например, процессы генерации заявок или процессы их обслуживания. Однако имитационное моделирование не может учесть всех аспектов реальной моделируемой системы. Всегда вводятся предположения, позволяющие упростить и, как следствие, ускорить вычислительный расчёт.

Сегодня для решения задач имитационного моделирования сетей связи существует достаточно широкий спектр программных

средств: от библиотек функций для стандартных компиляторов до специализированных языков программирования.

Из разработанных на данный момент имитационных средств моделирования сетей можно выделить NS-3, OMNET++ 5.1 (Castalia), OPNET Modeler 15 (Open-ZB), NetSim v10. Каждая среда имеет свои особенности. Например, у NS-3 большое количество разработчиков, т.к. она является свободным программным обеспечением. В среде моделирования OMNeT++ 5.1 можно смоделировать физические процессы, данные о которых собираются в узлах. NetSim v10 – коммерческий симулятор, по причине низкой стоимости при достаточном функционале использующийся в более чем 250 университетах мира.

## **MODERN SOLUTIONS FOR SIMULATION OF ZIGBEE NETWORKS**

*Arkhipov P.A., Roslyakov A.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Modern wireless sensor networks are designed for use in data acquisition and management systems. At present, the cost of the components of sensor networks is large enough to be able to build a large network (starting from CAN) for scientific research and practical use. To fully verify the operation of a wireless sensor network with a large number of nodes, it is reasonable to use simulation tools. From the currently developed simulation tools for network modeling, we can distinguish NS-3, OMNET ++ 5.1 (Castalia), OPNET Modeler 15 (Open-ZB), NetSim v10. Each environment has its own characteristics. The author's interest in studying the features of imitation modeling of sensor networks ZigBee is not only theoretical, but also practical. Knowing the specifics of the modeling tools, you can explore sensor networks without conducting full-scale experiments.

## **ТИПОЛОГИЯ ПРОТОКОЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕТЯХ МЕЖМАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

*Архипова О.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Ведущие аналитики мира предсказывают мощный глобальный рост сферы M2M. M2M (Межмашинное взаимодействие, Machine-to-Machine) – общее название технологий, которые позволяют приборам обмениваться информацией друг с другом. Это могут быть проводные и беспроводные системы мониторинга датчиков или каких-либо параметров устройств (влажность, показатель веса, габариты и т.п.). К примеру, банкоматы или платёжные терминалы могут автоматически передавать информацию по GSM-сетям, а также если у них закончилась чековая бумага или наличность, или же наоборот, что наличности слишком много и требуется приезд инкассаторов. M2M также активно используется в системах безопасности и охраны, вендинге, системах здравоохранения, промышленных телеметрических системах.

Одним из важных моментов являются протоколы взаимодействия. Устройства должны устанавливать друг с другом связь. Затем нужно собрать и передать данные с этих устройств в серверную инфраструктуру. Эта серверная инфраструктура должна совместно использовать данные, имея возможность передавать данные после анализа либо обратно устройствам, либо людям. Можно выделить несколько протоколов для решения таких задач в этой инфраструктуре – AMQP, MQTT, DDS, XMPP.

Данные протоколы получили широкое распространение. Есть минимум 8 вариантов реализации каждого из них. Фактически, все четыре вышеперечисленных протокола представляют собой протоколы «Интернета вещей» реального времени с публикацией/подпиской, которые способны соединять тысячи устройств, так как на верх-

нем уровне они схожи. На самом деле эти протоколы очень разные. Современная сеть Интернет поддерживает огромное количество протоколов. Сеть M2M будет поддерживать их ещё больше.

Можно утверждать, что ключевые особенности протоколов зависят от их предполагаемого применения. Использование данных между устройствами в корне отличается от сбора данных на устройстве. Например, включение освещения (XMPP) совершенно отличается от создания энергии (DDS), контроля линии передачи (MQTT) и анализа потребления энергии в центре обработки данных (AMQP). В связи с этим к выбору «правильного» протокола для каждого конкретного случая надо подходить основательно, и объективно взвешивать все положительные и отрицательные их свойства.

## **TPOLOGY OF PROTOCOLS, APPLIED IN M2M NETWORKS**

*Arkhipova O.N.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Presently, the world is experiencing a powerful global growth in the M2M sphere. M2M (Machine-to-Machine) is a technology that allows devices to exchange information with each other. This can be a wired or wireless sensor monitoring system or any device parameters (humidity, weight, dimensions, etc.). M2M is actively used in security and security systems, vending, healthcare systems, industrial telemetry systems. An important part of M2M are communication protocols. Devices must communicate with each other. Then you need to collect and transfer data from these devices to the server infrastructure. This server infrastructure must share data, having the ability to transfer data after analysis or back to devices or people. The author's report has the task of the importance of classifying M2M protocols, such as AMQP, MQTT, DDS, XMPP.

## **РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ IP-СЕТЕЙ СВЯЗИ**

***Козлов С.В., Спирина Е.А.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Для реализации метода комплексной оптимизации IP сетей связи с внутрисистемными помехами [1] необходимо разработать процедуру частотно-территориального планирования (ЧТП) с использованием объединенного вектора параметров сети, задачей которой является уменьшение влияния внутрисистемных помех в сети связи. Согласно [1] процедура ЧТП была разбита на два этапа: статический и динамический. В данной работе рассматривается этап статического планирования.

Задачей статического планирования является обеспечение доставки требуемого объема данных  $\vec{I}^{\max}$  по IP сети связи, разворачиваемой на обслуживаемой территории  $S^{net}$ , за счет изменения вектора параметров статического планирования  $\vec{V}^{ps}$ .

Так как в качестве критерия обеспечения доставки  $\vec{I}^{\max}$  в работе [1] рассматривается нагрузка на сеть  $A^{net}$ , то задача статического планирования сводится к минимизации нагрузки на сеть:

$$\vec{V}^{ps} = \arg \min_{\langle \vec{V}^{ps} \rangle} \left\{ A^{net} \left( \vec{I}^{\max}, \vec{V}^{ps} \right) \right\}, \quad (1)$$

где  $\vec{V}^{ps}$  – вектор управляемых переменных.

Выполнение этапа статического планирования делится на две части: построение сети начального приближения, которая подробно рассмотрена в [2], и оптимизация параметров сети, рассмотрению которой посвящена эта работа.

При использовании метода комплексной оптимизации IP сетей связи с внутрисистемными помехами [1] нагрузка на сеть  $A^{net}$  может быть определена только при совместном рассмотрении этапов анализа процедур маршрутизации и приема, а также этапа динамического ЧТП.

Для решения поставленной задачи необходимо знать расположение узлов доступа, имеющих случайное положение в области  $S^{net}$ . Рассмотрим наихудший случай, когда узлы доступа расположены в точках с наименьшим уровнем сигнала и оказывают наибольшую нагрузку на сеть. Далее для выбранных мест расположения промежуточных узлов и узлов доступа в процедуре ЧТП рассчитываются потери при распространении радиоволн между всеми узлами, в процедуре маршрутизации на основе  $\vec{V}^{ps}$  формируется множество допустимых маршрутов  $\{w\}$ , в процедуре приема осуществляется выбор алгоритма приема, исходя из условия обеспечения максимальной скорости передачи данных и рассчитываются скорости передачи данных, на основе которых в процедуре маршрутизации проводится вычисление реального объема доставляемых данных и нагрузки на сеть  $A^{net}$  при доставке  $\vec{I}^{max}$ .

Далее с использованием методов циклического покоординатного спуска и динамического программирования проводится оптимизация вектора параметров  $\vec{V}^{ps}$

При значении  $A^{net}$  меньшем допустимого формируется частотно-территориальный план IP сети связи и объединенный вектор параметров  $\vec{V}^u$ . На этом этап статического планирования сети завершается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Спирина Е.А.* Метод комплексной оптимизации IP-сетей связи с внутрисистемными помехами. Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы». – 2017. – № 2 (34). – С. 6-18.

2. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование: учебное пособие для вузов / В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, П.А. Михайлов. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 224 с.: ил.

**THE FREQUENCY-TERRITORIAL PLANNING  
PROCEDURE DESIGN FOR IP-COMMUNICATION  
NETWORKS INTEGRATED OPTIMIZATION METHOD**

*Kozlov S.V., Spirina E.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Paper describes IP networks parameters optimization with frequency-territorial procedure using network parameters united vector on integrated optimization method static planning stage in communication networks with intra-system interference.



## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-R P.1238 ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ WI-FI СЕТЕЙ СВЯЗИ**

*Аминова Р.Р., Фазылов Л.И.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Необходимой информацией при планировании Wi-Fi сетей связи являются данные о потерях при распространении радиоволн внутри помещений. Они могут быть получены на основе рекомендации МСЭ-R P.1238.

Согласно этой рекомендации потери при распространении радиоволн рассчитываются по формуле:

$$L = 20 \cdot \lg(f) + N \cdot \lg(d) + L_f(n) - 28, \quad (1)$$

где  $d$  – расстояние разнесения (м) между базовой станцией и переносным терминалом;  $f$  – частота (МГц);  $N$  – дистанционный коэффициент потерь мощности;  $L_f(n)$  – коэффициент потерь за счет прохождения сигнала через пол (дБ);  $n$  – количество препятствий на пути прохождения сигнала.

Существует несколько версий этой рекомендации, отличающихся определением коэффициента  $L_f(n)$ . В рекомендации МСЭ-R P.1238-5 [1] для диапазона частот 1,8-2 ГГц коэффициент  $L_f(n)$  предлагается рассчитывать по формуле:

$$L_f(n) = 15 + 4 \cdot (n - 1). \quad (2)$$

В рекомендации МСЭ-R P.1238-8 [2] коэффициент  $L_f(n)$  считается постоянным и равным 14дБ.

При увеличении количества препятствий разница в версиях рекомендации приводит к существенному отличию значений коэффициента  $L_f(n)$ , а, следовательно, и потерь при распространении радиоволн.

Для анализа эффективности применения рекомендации МСЭ-R P.1238 были проведены экспериментальные исследования потерь при распространении радиоволн в офисном помещении в диапазоне частот 2.4 ГГц. Средние значения коэффициента  $L_f(n)$  для различного количества препятствий, полученных на основе экспериментальных данных и определенных на основе обеих версий рекомендации, приведены в таблице:

| Количество препятствий | Эксперимент | МСЭ-R P.1238-5 | МСЭ-R P.1238-8 |
|------------------------|-------------|----------------|----------------|
| 1                      | 11          | 15             | 14             |
| 2                      | 14          | 19             | 14             |
| 3                      | 13          | 23             | 14             |
| 4                      | 12          | 27             | 14             |

С учетом среднеквадратического отклонения экспериментальных значений коэффициента  $L_f(n)$  в 5дБ можно считать, что значение  $L_f(n)$  не зависит от количества препятствий, что соответствует версии рекомендации МСЭ-R P.1238-8. Анализ полученных данных показал, что для снижения среднеквадратического отклонения необходимо также учитывать угол падения луча и диаграмму направленности антенной системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендация МСЭ-R P.1238-5 «Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц – 100 ГГц». Электронная публикация.

2. Рекомендация МСЭ-R P.1238-8 «Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 300 МГц – 100 ГГц». Электронная публикация. Женева, 2016 г.

# **THE EFFICIENCY ANALYSIS OF ITU-R P.1238 RECOMMENDATION FOR WI-FI NETWORKS PLANNING**

*Aminova R.R., Fazylov L.I.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Based on the experimental studies of the loss ratio dependence due to the signal passage through the floor (walls) from ITU-R P.1238 Recommendation, it is concluded that it is weakly dependent on the number of obstacles, which corresponds to the version of ITU-R P.1238-8 Recommendation. Obtained data analysis showed that for standard deviation decreasing it is necessary to consider beam incidence angle and antenna system radiation pattern.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАЗЛИЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ АРИТМИЙ ПО АНАЛИЗУ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА**

*Щербакова Т.Ф., Горохов С.Н., Ермошин Д.К.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В связи с быстро развивающимися, в последнее время, системами беспроводной связи появилась возможность создавать дешевые и современные медико-диагностические приборы, которые, в свою очередь, позволяют автоматически выявлять сердечные патологии с высокой степенью достоверности.

В данной работе был предложен альтернативный способ идентификации желудочковых аритмий - анализ фазового амплитудно-госпектров ЭКС. Для анализа были взяты сигналы базы данных ресурса PhysioNet. [1]

Сначала необходимо было выделить нормальные и патологические кардиоциклы. На рис. 1 во временной области представлены нормальный-нормальный (*a*) и нормальный-патологический-кардиоциклы (*b*) пациента с преждевременным сокращением желудочков сердца. Для сигналов, было выполнено быстрое преобразование Фурье (БПФ) и рассмотрен фазовый спектр. Далее снова был применено БПФ, чтобы получить амплитудный спектр фазового спектра ЭКС – рис. 1 Для определения критерия идентификации аритмии было предложено использовать отношение мощностей низкочастотной части к высокочастотной. Низкочастотный диапазон было предложено взять от 0 до 150 Гц, а высокочастотный от 150 до 500 Гц.

Реальный сигнал пациента (тригеминия) в виде отношений мощностей НЧ к ВЧ представляет рис. 2. Было предложено применить порог, соответствующий 50 % от столбца с максимальной мощ-

ностью. Если эта линия детектирует пропуск после двух пересечений, то система обнаружит тригеминальный ритм, иначе ритмбигеминальный.

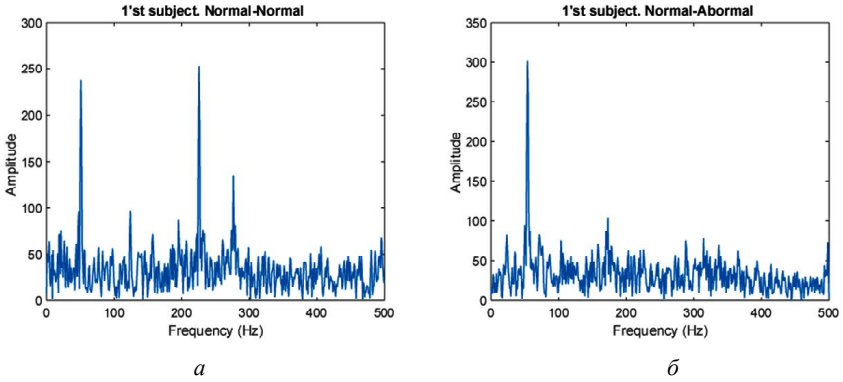


Рис. 1. Амплитудный спектр фазового спектра ЭКС:  
*a* – нормальный-нормальный; *б* – нормальный-патологический.

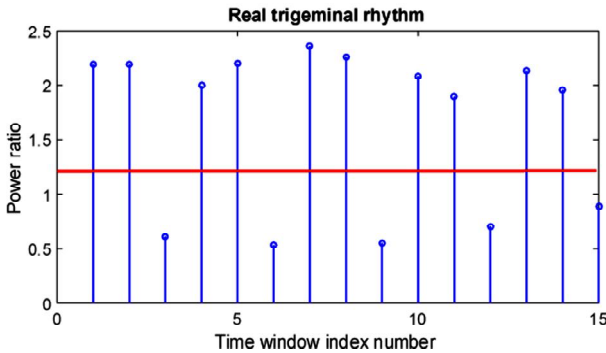


Рис. 2. Тригеминальный ритм

Для принятия решения о применимости спектрального анализа ЭКС по амплитудному и фазовому спектру требуется дополнительные исследования для различных видов аритмий. Исследование и разработка методов обнаружения и различения различных видов аритмий по спектральному методу анализа ЭКС

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горохов С.Н., Галимзянов Э.Р.* Корреляционный метод обработки электрокардиосигнала для построения устройства анализа аритмий // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – Часть 3. – №8. – С. 36-38

### **THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF METHODS OF DETECTING AND DISTINGUISHING DIFFERENT TYPES OF ARRHYTHMIAS FOR THE ANALYSIS OF ELECTRO CARDIO**

***Scherbakova T.F., Gorohov S.N., Ermoschin D.K.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The article presents an electrocardiogram signal analysis method for use in portable arrhythmia detectors. The selection of spectrum values for differentiating between normal and abnormal QRS complexes of the electrocardiogram signal is described. Sample spectra for various QRS complexes of real life signals are given. The article discusses an experimental selection of the borderline frequencies between high-frequency and low-frequency portions of the spectrum for a variety of cases.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SUPERWI-FIB СЕТИ VANET НА АВТОМАГИСТРАЛЯХ

*Елисеев С.Н.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Телекоммуникационную основу создаваемых интеллектуальных транспортных сетей автодорожного движения в ближайшей перспективе должны составлять самоорганизующиеся децентрализованные сети –VANET, для которых выделена полоса частот 70 МГц в диапазоне 5,9 ГГц, предназначенная для работы систем радиосвязи ближнего действия [1, 2].

По причине малой длины волны (порядка 5 см) и малой высоты подвеса антенн на большинстве автомобилей (*A*), препятствиями для связи между *A* источником сообщений и *A* приемником сообщений, блокирующими радиоканал «линии прямой видимости» (ЛПВ), могут быть другие автомобили находящиеся между ними. На начальных этапах создания сетей VANET влияние на характеристики радиоканала *A*-препятствий игнорировалось. Между тем результаты экспериментов показали [3, 4], что даже одиночный грузовой автомобиль может уменьшить мощность принимаемого сигнала более чем на 20дБ и заблокировать на трассе ЛПВ до 50 % времени. В этих же работах отмечалось, что сигнальная компонента ЛПВ, при её наличии в составе принимаемого сигнала, имеет мощность на порядок выше чем у других компонент (рефракции и дифракции). В качестве мер борьбы с обструкцией сигналов препятствиями на ЛПВ передатчик-приемник предлагается использовать ретрансляцию сигналов устройствами придорожной инфраструктуры сети VANET [2], антенны которых имеют более высокую подвеску на специальных мачтах. Однако эти устройства имеют немалую стоимость порядка 15 тысяч долларов и определённые ограничения по их расположению.

В данной работе предлагается, в качестве альтернативной меры, использование технологии когнитивного радио диапазона дециметровых волн: «белых пятен ТВ вещания». В работе [4D] предлагается использовать эту технологию для трансляции важных сообщений VANET о безопасности дорожного движения в условиях перекрёстков городов, на которых здания высотной застройки нарушают устойчивую связь в VANET. Разработанный стандарт IEEE802.11af, определяющий характеристики устройств и систем когнитивного радио локального масштаба, часто именуют стандартом SuperWi-Fi, чтобы подчеркнуть его отличие с одной стороны от других стандартов 802.11и, с другой стороны от стандарта когнитивного радио регионального масштаба 802.22. На физическом уровне принципы построения сигналов 802.11af подобны принципам стандарта 802.11р, применяемого в VANET, но полоса канала равная 5-8 МГц примерно вдвое меньше полосы 10МГц в 802.11р.

Поскольку основные различия в характеристиках прохождения сигналов для этих двух стандартов обусловлены отличиями в распространении между дециметровыми (400-800 МГц для ТВ вещания) и сантиметровыми (5,9 ГГц для радиосвязи ближнего радиуса действия для VANET) волнами, то можно ожидать, что и в условиях автомагистралей использование устройств и систем стандарта SuperWi-Fi будет эффективным средством борьбы с негативным воздействием А-препятствий на показатели надёжности передачи сообщений в сети VANET.

В работе [3] показано, что высота  $A$ , а следовательно и высота подвеса антенны подчиняются нормальному закону распределения. Откуда легко видеть, что вероятность сохранения ЛПВ для автомобилей  $A_i$  и  $A_j$  передатчика и приёмника, между которыми один А потенциальное препятствие может быть выражена как:

$$(ЛПВ|h_i, h_j = 1 - Q(h - \mu/\sigma),$$

где  $Q$  – это функция Маркума;  $\mu$  – средняя высота препятствия;  $\sigma$  – стандартное отклонение высоты препятствия;  $h$  – эффективная высота ЛПВ над препятствием равная:

$$h = \{(h_i - h_j)d_n/d\} + h_i - 0,6R_f + h_a,$$

где  $h_i, h_j, h_a$  – соответственно высота  $i$ - и  $j$ -го А и высота подвеса антенны;



$d_n$ ,  $d$  – соответственно расстояние передатчик- препятствие и расстояние передатчик-приёмник;

$R_f$  – радиус эллипсоида первой зоны Френеля, равный:

$$R_f = \sqrt{\lambda d_n} (d - d_n) / d .$$

Длина волны  $\lambda$  при переходе в ТВ диапазон увеличивается и увеличивает радиус эллипсоида первой зоны Френеля в 2,7-3,9 раза, что даёт увеличение  $P(\text{ППВ } |h_i, h_j)$  и уменьшение дополнительного затухания на препятствии примерно на 10 дБ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жанказиев С.В.* Интеллектуальные транспортные системы. – М.: МАДИ, 2016, 216 с.
2. *Dinesh M., Deshmukh M.* Challenges in VANET, IntJourn. ETMAS, 2014. – Vol. 2, № 7. – Pp. 77-88.
3. *Boban M., Vindoza T., Ferreira M., Tonguz O.* Impact of vehicles as obstacles in VANET. IEEE J. of Selected Areas in Comm. Vol. 29, № 1, 2011. Pp. 15-27.
4. *Lim J-H., Naito K., Yun J-H., Gerla M.* Reliable Safety Message Dessimination NLOS Intersection using TVWS. IEEE Trans.on Mobile Computing, May, 2017. Pp. 1-14.

## ISING SUPER WI-FI IN VANET ON HIGHWAYS

*Eliseev S.N.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

Improvement of reliability of transmission messages in VANET on highways due conjuct using devices of standard cognitive radio Super Wi-Fi with DSRC devices. The main result is increase probability of LOS links in TVWS diapason.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕНСОРНОЙ СЕТИ**

*Евтухова Е.С., Егорова Е.А., Демин Р.А.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Важным в процессе изучения трафика сети является разработка корректной модели источника трафика, в настоящее время это особенно актуально для сенсорных сетей.

Нами был произведен эксперимент по построению сенсорной сети [1] на реальном оборудовании российской компании «МешЛоджик» [2]. Результаты на данной программе показали, что размер пакетов является фиксированным.

В основном модели современного трафика определяются моделями на основе on-off процессов с распределениями периодов, описываемыми РТХ (распределения с тяжелыми хвостами), такими как Парето и Вейбулла с определенными значениями параметров.

Исследования показывают, что традиционные модели трафика, например, в виде on-off процесса, могут отличаться от реальных потоков [3, 4], а это значит, что необходимы новые подходы при разработке моделей трафика и более детальное изучение статистической структуры трафика сенсорных сетей.

Так же важным при разработке и исследовании любой сети является оценка параметров QoS (Quality of service – качество обслуживания). Исследование влияния различных сетевых алгоритмов обработки по поддержанию QoS на структуру и параметры качества обработки позволяет реализовать программа ns2. В качестве фрагмента сети, моделируемой в ns2, выбрана схема, которая организована таким образом, чтобы имитировать ситуации в реальной сети.

Мы задействовали двенадцать узлов с различными координатами, которые в ходе эксперимента производили хаотичное движение. В качестве исходного потока задавался трафик различного типа: FTP,

CBR, on-off поток с экспоненциальным распределением on и off периодов, on-off с распределением Парето и реальный трафик, собранный в результате эксперимента.

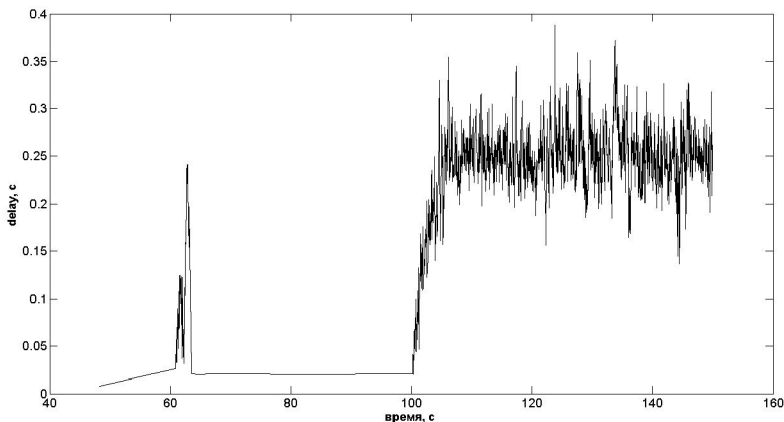


Рис. 1. Изменение задержки пакетов реального трафика в процессе моделирования

Анализ результатов показал, что у трафика on-off с распределением Парето, значения основных параметров QoS максимально приближены к значениям реального трафика. Что подтверждается другими исследованиями [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recommendation ITU-T Y.3042: Smart ubiquitous networks – Smart traffic control and resource management functions. – режим доступа: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=11916&lang=en>
2. Беспроводные модули MeshLogic. Руководство пользователя / URL: [http://www.meshlogic.ru/data/MLM\\_Manual.pdf](http://www.meshlogic.ru/data/MLM_Manual.pdf)
3. Буранова М.А., Сычева О.И., Ермолаев С.Ю. Исследование статистических характеристик трафика сенсорной сети. Сборник: Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах сборник докладов и тезисов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 23-26.

4. *Выборнова А.И.* Модели беспроводных сенсорных сетей для различных применений. Электросвязь. 2013. № 1. С. 24-27.

## **RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF THE SENSOR NETWORK**

*Evtukhova E.S., Egorova E.A., Demin R.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The paper considers the processing of various types of traffic in the sensor network. A simulation model of the sensor network in the NS2 environment was developed; Analysis of QoS parameter values for different types of traffic was performed; determined the type of traffic, as close to real traffic.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ SON

*Жданов Р.Р., Усенко Ю.О., Федорова А.А.*

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
авиационный технический университет)*

Являясь неотъемлемой частью LTE-сети, технология самоорганизующихся сетей SON способна значительно снизить операционные расходы операторов связи с помощью автоматизации процессов планирования, развертывания, оптимизации и управления сетью.

Сеть с постоянно меняющимся числом и составом пользователей и услуг, напоминает живой организм, который необходимо постоянно поддерживать. Для решения этой задачи, а также для оптимизации и восстановления работы сетей связи и сокращения времени обработки инцидентов, которые являются неотъемлемой частью крупной сети связи создана технология самоорганизующихся сетей SON (self-organizing network).

Самоорганизующиеся сети – это умные сети, способные самостоятельно оценить качество функционирования каждого своего элемента и настроить свою работу оптимальным образом. Данная технология создана, в основном, для мобильных сетей связи и сейчас широко используется операторами связи. SON состоит из нескольких модулей: один отвечает за оптимизацию соседних сот, второй – за оптимизацию покрытия, третий – за оптимизацию параметров, четвертый – за динамическое распределение нагрузки, пятый – за автоматическое восстановление системы. Искусственный разум SON готов одновременно справляться с целой серией важных задач – интеллектуально изменять параметры сети, эффективно управлять ее емкостью и покрытием, подстраивать ее поведение под меняющиеся потребности того или иного участка, а главное – адаптировать сеть к часам наибольшей нагрузки, массовым мероприятиям и мигрирующему трафику [1].

Сети на базе LTE и LTE-Advanced являются первыми сотовыми технологиями, которые обеспечивают преимущество благодаря этому усовершенствованию. SON внедряется в различные архитектуры, включая распределенную, централизованную и гибридную, и подразделяется на три функциональные категории: самонастройка, самооптимизация и самовосстановление.

В идеале базовая станция или сота, которая подлежит добавлению в механизм развертывания существующей сети, должна настраиваться самостоятельно в соответствии с принципом автоматического конфигурирования (самонастройки). Параметры, обычно настраиваемые вручную сетевым оператором, должны задаваться автоматически на базе измеряемых условий радиосвязи, а уже развернутые базовые станции – оптимизироваться автоматически посредством адаптации параметров в соответствии с нагрузкой на сеть и ее производительностью (самооптимизации). Функция самовосстановления предназначена для преодоления временных проблем с производительностью системы, например, перебоя в работе оборудования.

Одной из первых стандартизированных функций SON, относящихся к категории самонастройки, является автоматическое управление взаимодействием между соседними сотами ANR (autoneighborrelation – автоматическое обнаружение соседних сот) с поддержкой технологии inter-radioaccess, автоматизированный контроль сеансов, автоматизированная система выявления сбоев в сотах, а также отслеживание изменений в сети SON и функции управления пользователем. ANR посредством автоматического управления взаимодействием между соседними сотами существенно уменьшает время, необходимое для настройки базовой станции. ANR опирается на способность мобильного терминала сообщать о сотах, которые обнаружены, но не являются частью списка соседей, передаваемого сетью LTE[2].

Решения SON повышают эффективность эксплуатации существующих сетей за счет автоматического конфигурирования сети для балансирования нагрузки мобильного трафика и минимизации необходимости в выездных тестированиях. Кроме того, за счет компенсаци-

рующих функций и самовосстановления минимизируются перерывы в работе сети для конечных пользователей [3]. Таким образом, параметры качества услуг (QoS) являются также самоопределяющимися и оптимизирующимися в автономном режиме.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искусственный разум SON // Электронный ресурс: <http://our2015.mts.ru/ru/telecommunication.html>
2. SON – самоорганизующиеся сети // Электронный ресурс: [https://www.rohde-schwarz.com/ru/solutions/wireless-communications/lte/in-focus/self-organizing-networks\\_229096.html](https://www.rohde-schwarz.com/ru/solutions/wireless-communications/lte/in-focus/self-organizing-networks_229096.html)
3. Самоорганизующиеся сети LTE // Электронный ресурс: <http://mskit.ru/news/n77678/>

## **СИСТЕМА ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА LPS**

***Штанько Н.Н.***

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время существует множество технических решений задачи определения местоположения физического объекта в пространстве [1], которые объединяются под единым термином – системы позиционирования. Все системы позиционирования можно разделить на два класса: глобальные системы позиционирования и локальные, работающие на ограниченной территории.

В последнее десятилетие широкое распространение получили системы глобального позиционирования, такие как GSM, GPS и ГЛОНАСС. К их основным преимуществам можно отнести большую площадь позиционирования (определения местоположения на открытой местности) и достаточно высокую точность (до 2 метров – системы GPS и ГЛОНАСС, до 150 метров – системы GSM) [1].

Однако недостатки, имеющиеся в перечисленных технологиях, не позволяют каждой из них стать универсальной системой для поиска объекта в произвольной локации. К таким недостаткам относятся:

– закрытость данных (крайне ограниченная возможность их получения от государственных и коммерческих структур, которым принадлежат системы);

– слабый сигнал приема систем глобального позиционирования внутри зданий и сооружений (торговые центры, подземные парковки, метро и т.п.) в связи с низким уровнем помехоустойчивости.

Указанные недостатки отсутствуют в системах локального позиционирования (LPS – Local Positioning Systems), а преимущества становятся очевидными в случае необходимости построения систем локации и связи в пределах ограниченной территории, но с высокой точностью, порядка 1-2 метров [2].



Под системой позиционирования в настоящей работе понимается автоматизированная система, обеспечивающая позиционирование объекта в локальной системе координат с отображением его позиции на плане контролируемой территории, оснащенной необходимой инфраструктурой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анкин А.В.* Определение местоположения мобильного объекта с помощью приемопередатчиков nanoLOC фирмы Nanotron // Беспроводные технологии. – 2007. – № 3. – С. 38-41.

2. Исследование возможности локального позиционирования в беспроводных сетях IEEE 802.15.4 / А.В. Поникар, О.В. Евсеев, В.Е. Анциперов, Г.К. Мансуров // Материалы IV Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь», Москва, 29 ноября – 3 декабря 2010 г. – М., 2010. – С. 914-918.

## LPS SYSTEM OF LOCAL POSITIONING OF THE LPS OBJECT

*Shtanko N.N.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics)*

The article presents the advantages and disadvantages of global positioning systems GSM i GLONASS. The noted shortcomings are solved in the systems of local positioning LPS. The main two approaches to the design and application of such systems.

## **ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА**

*Штанько Н.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

При проектировании систем локального позиционирования объекта можно выделить два подхода:

- система строится на основе необходимого дополнительного оборудования;
- система опирается на элементы существующей инфраструктуры, основной задачей которой не является позиционирование.

Методы первой группы требуют развертывания на территории, на которой предполагается осуществлять позиционирование объектов, отдельной сети приемопередатчиков, осуществляющих связь с носимыми объектами портативными метками или их аналогами.

Более рациональным является использование для позиционирования уже существующего оборудования, именно поэтому в последнее время широкое распространение получили системы позиционирования объектов на основе беспроводной сети Wi-Fi, основной задачей которой является обеспечение передачи данных.

Передача данных осуществляется с помощью радиосигналов, частоты которых зависят от стандарта беспроводной сети. Каждый сигнал несет позиционно зависимую информацию, которую возможно использовать для оценки местоположения объекта.

В последние годы системы локального позиционирования нашли применение в самых разных отраслях и сферах деятельности:

- на промышленных предприятиях для оптимизации работы складов;
- на роботизированном производстве, в крупных медицинских учреждениях;

– в роли навигационной системы по торговым центрам и промышленным предприятиям;

– в маркетинговых исследованиях на основе информации о перемещении пользователя для более точного анализа рыночной корзины.

Помимо этого, системы позиционирования могут найти широкое применение и в сфере безопасности: анализ трафика публичной сети Wi-Fi на предмет наличия в нем противоправной информации (террористическая пропаганда, антиправительственные лозунги, организация несанкционированных митингов и т. п.) вместе с возможностью отслеживания источника его возникновения.

## **MAIN APPROACHES TO DESIGNING SYSTEMS OF LOCAL POSITIONING OF THE OBJECT**

*Shtanko N.N.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics)*

The article presents the advantages and disadvantages of global positioning systems. The noted shortcomings are solved in the systems of local positioning LPS. The main two approaches to the design and application of such systems.

## **ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПОМЕЩЕНИИ**

*Штанько Н.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время наиболее широкой популярностью пользуются автоматизированные системы контроля и управления доступом, основанные на применении карт или ключей, прикладываемых к считывателю, располагающемуся около входа в помещение или в контролируемую зону. Считыватель передает информацию о приложенной карте или ключе в базу данных, после чего программное обеспечение принимает решение, о, например, открытии или блокировки двери, или турникета, и передает его на исполнительный механизм.

Такие системы, однако, обладают рядом существенных недостатков. Наиболее важно, не предоставляется четкая система контроля: по одной карте может пройти несколько человек. Этот недостаток частично устраняется системой видеонаблюдения, но это связано с дополнительными расходами, и, помимо этого, создаёт психологический дискомфорт у сотрудников.

Система, позволяющая в режиме реального времени определять координаты сотрудника в помещении делает возможным создание намного более гибкой системы контроля: помещение может разбиваться на множество виртуальных зон, и для определения попадания в них контролируемых объектов не требуется преграждающих устройств.

Одной из возможных областей применения этой системы является определение уровня качества работы сотрудников - возможность в любой момент получить отчет за определённый период о количестве времени, проведённом конкретным сотрудником за своим рабочим местом. Также есть возможность решить проблему обеспечения

безопасности при работе в производственных или иных помещениях с автоматизированными процессами, например, в ситуации, когда при случайном попадании человека в опасную зону, в которой не должно быть людей во время технологического процесса, должна производиться экстренная остановка работы оборудования.

## **PROBLEMS OF DETERMINING THE LOCATION OF THE OBJECT IN THE ROOM**

*Shtanko N.N.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The article deals with actual problems of locating an object in a room that exist today.

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ЛОКАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

*Штанько Н.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Основную задачу, для решения которой проектируется автоматизированная система позиционирования, можно в формализованном виде представить следующим образом. Имеется объект позиционирования  $O$  – мобильное устройство, снабженное Wi-Fi адаптером, причем к  $O$  предъявляется единственное требование – Wi-Fi адаптер должен быть активен (не обязательно подключен к сети). В пределах некоторой заранее определенной зоны  $Z$  (локальная система координат на плоскости) развернута инфраструктура wi-fi, представляющая собой совокупность точек доступа  $AP_i$ ,  $i:1..n$ , где  $n$  – количество точек доступа, при чем в любой точке  $Z$  величина отношения «сигнал/шум» для каждой из  $AP_i$ ,  $i:1..n$  больше единицы. Параметры объекта позиционирования  $O$  (модель устройства, производитель, MAC-адрес, технические характеристики) заранее не известны, равно как и время и/или траектория появления и движения на плоскости  $Z$ .  $AP_i$  ( $x, y$ ) – координаты  $i$ -й точки доступа в локальной системе координат неизменны и заранее известны. Основная задача автоматизированной системы позиционирования – выдавать в режиме реального времени (с предопределенным интервалом времени  $t$ ) координаты  $O$  в системе координат  $Z$ .

Универсальность автоматизированной системы, которая сможет решить сформулированную выше задачу, заложена в отсутствии ограничений на мобильный объект идентификации – именно такой принцип оправдан современной тенденцией развития беспроводных сетей и рынка мобильных устройств и только при такой постановке задачи подобная система может представлять не только научный, но и коммерческий (прикладной) интерес.

Предложенная формализация задачи локальной идентификации по технологии Wi-Fi поднимает целый ряд научных и технических задач, требующих следующих решений:

- совмещения функционала точки доступа Wi-Fi для одновременного позиционирования объекта и обеспечения обмена пакетами с внешними сетями;

- совмещения методов идентификации AOA, TOA и RSS для повышения точности без искусственного удорожания беспроводной инфраструктуры;

- выбора оптимального варианта размещения точек доступа.

## **FORMALIZATION OF THE PROBLEM OF LOCAL IDENTIFICATION**

*Shtanko N.N.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The article proposes the problem of local identification and the ways of its solution.

## **ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ПОМЕЩЕНИИ**

*Штанько Н.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время существует множество видов систем позиционирования, основанные на технологии GPS (Global Positioning System) или на использовании возможностей сетей GSM.

Как правило, подобного рода системы используются для определения местоположения в пределах больших территорий (городов, областей) и не имеют возможности определять координаты объекта с высокой точностью. Кроме того, если применять данные алгоритмы для позиционирования в пределах помещений, то в этом случае в силу малой удалённости источников от приёмников разница в приходе сигнала будет настолько мала, что определить её практически невозможно. Поэтому принципы работы таких систем не могут использоваться для решения нашей задачи - определения местоположения объекта в помещении.

Одним из параметров, которые позволяют определять расстояние от источника до приемника радиосигнала, является амплитуда сигнала в месте приёма (показатель RSSI). Измерять его имеет возможность даже самые простые и недорогие современные устройства-приёмники радиосигнала. Данный параметр не используют в системах глобального позиционирования для измерения удалённости от объекта в силу сильной зависимости мощности дошедшего сигнала от множества внешних факторов (отражение от зданий, сооружений, изменение температуры, влажности, давления и др.). Но в задаче позиционирования объекта в помещении, где расстояния между приёмником и источником сравнительно малы, небольшое количество преграждающих элементов и стабильные климатические условия, этой параметр может дать вполне адекватную оценку расстояния до объекта.



Таким образом, основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что решением задачи определения местоположения объекта в помещении может являться создание внутриобъектовой системы локального позиционирования, вычисляющей координаты объекта исходя из определяемых сетью радиоприёмников значений мощности радиосигналов (уровней RSSI), пришедших от связанного с объектом источника.

## **WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF DETERMINING THE LOCATION OF THE OBJECT IN THE ROOM**

*Shtanko N.N.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The article considers ways of solving the problem of determining the location of an object in a room. The solution of the problem of locating an object in a room can be the creation of an in-site local positioning system.

## **ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА**

*Штанько Н.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

При выборе методов определения местоположения объекта в проектируемой автоматизируемой используются методы, наиболее часто применяемые на практике:

1) метод идентификации объекта на основе ближайшей точки доступа;

2) метод идентификации объекта с помощью модели распространения сигнала;

3) метод идентификации объекта по радиокarte.

Метод (1) прост в реализации и отличается низкой вычислительной сложностью, однако погрешности при его использовании могут достигать дальности трансляции сигнала объектом идентификации (в помещении до 100 метров).

Метод (2) требует детального построения модели распространения сигнала для среды распространения радиоволн и для каждой точки доступа, что в конечном счете не гарантирует обеспечения достаточной точности измерений в результате возникновения в помещении таких эффектов, как затухание, отражение и интерференция радиоволн. Моделирование эффектов такого рода для произвольной зоны идентификации представляется сложной вычислительной задачей. Алгоритм приемлем к использованию при глобальной идентификации в GPS/ГЛОНАСС и сотовых сетях, где не столь значительно проявляется влияние помех на позиционно зависимые параметры сигнала.

Метод (3) обеспечивает определение местоположения абонента даже в условиях сложной помеховой обстановки в связи с исполь-

зованием базы данных измерений мощности передаваемого сигнала, предварительно выполненных в определенных точках пространства (точки калибровки).

## **WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF DETERMINING THE LOCATION OF THE OBJECT IN THE ROOM**

***Shtanko N.N.***

*(Povolzhsky State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The article considers ways of solving the problem of determining the location of an object in a room. The solution of the problem of locating an object in a room can be the creation of an in-site local positioning system.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ЛОКАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

*Штанько Н.Н.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В ходе исследования были проведены следующие эксперименты.

*1. Эксперимент 1. Определение зависимости модели адаптера на результаты локального позиционирования.*

Для определения мощности сигнала различных мобильных устройств в качестве экспериментальных образцов было выбрано пять устройств с WLAN-интерфейсами: ноутбук, нетбук, два смартфона и планшет. Для выбранных устройств были произведены замеры мощности принимаемого от них сигнала в одних и тех же точках радиокарты.

Проведенный эксперимент подтвердил влияние модели беспроводного адаптера как минимум на одну позиционно зависимую характеристику сигнала – мощность. В связи с этим целесообразным является условное установление определенного диапазона мощности сигнала (возможно, полученного эмпирическим путем), который будет являться универсальным для всех мобильных устройств в данных условиях решения задачи позиционирования при создании автоматизированной системы позиционирования.

*2. Эксперимент 2. Определение зависимости результатов позиционирования от конкретного экземпляра точки доступа Wi-Fi одной и той же модели.*

Для развертывания системы позиционирования недостаточно использование одной точки доступа, поэтому возникает проблема синхронного измерения мощности принимаемого сигнала от нескольких точек доступа. Был проведен эксперимент по измерению мощности сигнала Wi-Fi одного и того же мобильного устройства двумя точками доступа аналогичной модели. Построенные линии трендов позволяют сделать вывод о возможности пренебречь разницей в чувствительности идентичных точек доступа при проведении замеров.

3. *Эксперимент 3. Определение оптимального времени калибровки.*

На этапе калибровки для определения наиболее оптимального интервала времени, необходимого для измерения точной мощности принимаемого сигнала, было посчитано среднее отклонение средних значений мощности сигнала на интервале от эталонной модели зависимости мощности сигнала от расстояния.

Основываясь на полученных результатах среднего отклонения, оптимальное время калибровки, в течение которого возможно получить приемлемый по достоверности уровень мощности сигнала, составляет 60 секунд.

## **EXPERIMENTAL IMPLEMENTATION OF THE PROBLEM OF LOCAL IDENTIFICATION**

*Shtanko N.N.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The article presents experiments that allow solving the problem of local identification.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО СМЕЩЕННОГО ЕМ-АЛГОРИТМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ НЕГАУССОВОЙ ПОМЕХИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

***Яушев С.Т., Файзуллин Р.Р.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Представлены результаты моделирования ЕМ-алгоритма совместно с алгоритмами определения оптимального числа кластеров и их центроидов, для оценки параметров негауссовой помехи в системах связи с подвижными объектами (ССПО).

На вход приемника [1] в каждый момент времени  $t$  поступает реализация входного сигнала  $s(t)$ ,  $t \in [0, T_c]$ , которая после дискретизации представляется вектором отсчетов  $\bar{s} = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ .

Вектор  $\bar{s}$  имеет распределение вероятности, заданное смесью гауссовых распределений:

$$\omega(\bar{s}, \bar{\theta}) = \sum_{k=1}^K q_k \mathcal{N}(x_n | \mu_k, \Sigma_k). \quad (1)$$

В режиме отсутствия абонентского трафика в приемниках многопользовательского детектирования CDMA систем производится оценка параметров полигауссовой смеси (1.1) с помощью ЕМ-алгоритма [2].

Сравнительный анализ алгоритмов показал, что применение смещенного адаптивного ЕМ-алгоритма совместно с алгоритмом «Method Elbow», при ограниченном числе циклов, позволяет получить наивысшую точность, при умеренной скорости выполнения.

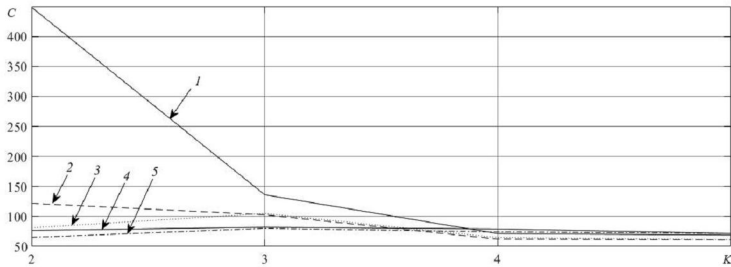


Рис. 1. Зависимость среднего числа циклов до сходимости от количества кластеров в исходной выборке  $C(K)$ : 1 – EM-алгоритм с фиксированным числом компонент  $K_{EM} = 3$ ; 2 – адаптивный EM-алгоритм совместно с алгоритмом «Method Elbow»; 3 – адаптивный EM-алгоритм совместно с алгоритмом «Average Silhouette»; 4 – адаптивный смещенный EM-алгоритм совместно с алгоритмом «Method Elbow»; 5 – адаптивный смещенный EM-алгоритм совместно с алгоритмом «Average Silhouette»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Надеев А.Ф., Подкурков И.А.* Адаптивная оценка параметров распределения негауссовских помех на основе применения EM-алгоритма и его модификаций // *Нелинейный мир*. 2015. №8. Т.13. С.64-72.
2. *Файзуллин Р.Р., Кадушкин В.В., Зарипов Р.Ф.* Полигауссовый алгоритм совместной демодуляции-декодирования в каналах мобильных систем связи // *Нелинейный мир*. 2015. №8. Т.13. С. 4-9.

## THE SIMULATION OF THE SHIFT ADAPTIVE EM-ALGORITHM FOR ESTIMATING THE PARAMETERS OF THE NON-GAUSSIAN INTERFERENCE IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

*Yaushev S.T., Faizullin R.R.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

There is simulation data of the EM-algorithm in cooperation with the algorithms of determining the optimal number of clusters and their centroids for estimating parameters of the non-Gaussian interference in mobile communication systems.

## **ПРОЕКТ 5GNOW**

***Степанова Н.В.***

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

LTE и его эволюция LTE-A стандартизированы через партнерский проект 3-го поколения (3GPP) [2]. Предусмотренная диверсификация сочетания сервисов и устройств будущего телекоммуникационного комплекса и связанное с этим расширение пространства требований [2] требуют революционного шага. Этот шаг с 4G до 5G, ожидаемый в целях проекта 5GNOW, подразумевает падение уровня обратной совместимости. Новые сигналы и использование унифицированного каркаса смесью синхронного и асинхронного трафика являются основным строительным блоком для поддержки этих целей. Проект 5GNOW оценивает преимущества, полученные при использовании новых технологий 5GNOW, и, таким образом, будет генерировать технические выводы, которые определяют решения по изменению поколения.

Индустрия беспроводной связи в целом должна сформировать консенсус по кандидатам на технологию для стандартизации 5G. С этой целью 5GNOW находится в тесном контакте с Европейским исследовательским проектом METIS [3], с тем чтобы широко распространить результаты 5GNOW на промышленность и научное сообщество. Обнадеживающие результаты, 5GNOW и METIS достигли до сих пор, закладывают основу для возникновения 5G инфраструктурные проекты PPP [4].

Эти проекты, основанные на накопленном ноу-хау 5GNOW, руководствуясь концепциями системы METIS, затем смогут непосредственно работать в направлении предварительной стандартизации. 3GPP релиз 14, начиная с 2016 года – первая платформа для создания элемента исследования, ориентированного на новый воздушный интерфейс.



В данном проекте представлены подходы приемопередатчика 5GNOW и структуры кадра вместе с промежуточными результатами работы. Промежуточные результаты 5GNOW заложили основу для разработки нового воздушного интерфейса 5G за пределами LTE-A, который отвечает разнообразным потребностям будущих приложений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.3gpp.org>
2. *Wunder G., Jung P., Kasparick M., Wild T., Schaich F., Chen Y., Brink S.T., Gaspar I., Michailow N., Festag A., Mendes L., Cassiau N., Ktenas D., Dryjanski M., Pietrzyk S., Eged B., Vago P., Wiedmann F.* 5GNOW: non-orthogonal, asynchronous waveforms for future mobile applications. Communications Magazine, IEEE, vol. 52, no. 2. – Pp. 97,105, February 2014
3. <http://www.metis2020.com>
4. [11] <http://5g-ppp.eu/>

## 5GNOW PROJECT

*Stepanova N.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

LTE and its evolution LTE-A are standardized via the 3rd generation partnership project (3GPP). The foreseen diversification of the service and device-class mix of future telecommunications and the related expansion of the requirement space require a revolutionary step. This step from 4G to 5G, anticipated in the 5GNOW project goals, implies a backward compatibility drop.

## **КОГНИТИВНОЕ РАДИО – ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

*Степанова Н.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В последние годы мультимедийные беспроводные приложения быстро растут, и эта тенденция будет продолжаться и в будущем. Большой спрос на радиочастотный спектр не позволит разместить новые беспроводные приложения. Однако недавние исследования показали, что большая часть назначенного радиочастотного спектра недоиспользуется.

Когнитивное радио [1] рассматривается как перспективная технология для решения парадокса дефицита спектра и недостаточного использования спектра. В когнитивном радиовещании процесс определения спектра обнаруживает неиспользуемые сегменты спектра. Эти сегменты будут использоваться оптимально без вредных помех для лицензированных пользователей (пользователей, имеющих правовую лицензию на спектр). Эта технология называется пулом спектра [2]. При объединении спектра в качестве схемы передачи основной полосы используется мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM). Познание реализуется путем аннулирования тех поднесущих, которые создают помехи для лицензированных пользователей. Остальные частотные сегменты будут использоваться оптимально с помощью когнитивного радио. Дополнительным преимуществом OFDM является повторное использование модуля FFT для зондирования спектра. Однако из-за прямоугольного окна во временной области система OFDM имеет большие боковые лепестки, которые вызывают помехи соседним полосам.

Предлагается два способа уменьшения помех для лицензированного пользователя: деактивация большего количества поднесущих рядом с лицензированной системой или применение непрямой

угольных окон для уменьшения утечки спектра. Оба метода уменьшают помехи за счет эффективности пропускной способности. Более того, эти два метода не рассматривали проблемы внедрения системы. Поэтому указание состоит в том, что другие схемы с несколькими несущими могут быть интересными кандидатами для когнитивного радио [3].

Модуляция банка фильтров, называемая фильтрованным мультитоном (FMT) [4], была применена к высокоскоростной цифровой технологии абонентской линии для обеспечения высокоуровневой спектральной защиты в подканалах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mitola J., Cognitive III. Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio*, PhD Thesis, Royal Institute of Technology, Sweden, May. 2000.

2. *Weiss T.A. and Jondral F.K. Spectrum pooling: An innovative strategy for the enhancement of spectrum efficiency,* IEEE Commun. Mag., Mar. 2004

3. Amini P., Kempter R., Chen R-R., Lin L. and Farhang-Boroujeny B. Filter bank multitone: A candidate for physical layer of Cognitive Radio. SDR Forum Technical Conference, 2005. USA.

## COGNITIVE RADIO IS A PROMISING TECHNOLOGY

*Stepanova N.V.*

*(Povolzhsky State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Cognitive Radio is considered as a promising technology to address the paradox of spectrum scarcity and spectrum under-utilization. In Cognitive Radio, a spectrum sensing process locates the unused spectrum segments in a targeted spectrum pool.

## **МОНИТОРИНГ ОШИБОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТОВОГО АНАЛИЗАТОРА ДЛЯ КОМПАНИИ TELE2**

*Усинов В.Р., Котиков К.В., Ахметшина Э.Г.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время почти все инфраструктуры зависят от компьютеров и соответствующего для их целей программного обеспечения. Программы достигают огромных размеров, а их функционал становится незаменимым. Большинство технологий в плане компьютерной науки пришли с запада, в связи с этим большинство разработанных программ идет именно оттуда. Однако, отечественный производитель не стоит на месте и разрабатывает множество программ. Эти программы объединяются для удобства в огромные кластеры. Кластер не всегда обладает всем желаемым функционалом и для этого создаются вспомогательные программы, которые облегчают процесс взаимодействия между программами и человеком.

Данная программа разработана для внесения удобства и своевременного устранения ошибок при работе с системой программного обеспечения оператора сотовой связи TELE2. В ходе работы со стороны программного обеспечения оператора создается лог-файл с важной информацией в виде: оповещений, предупреждений, ошибок. Однако, при критических ситуациях в виде ошибок нет никаких оповещений о том, что они произошли, кроме записи в этот самый лог-файл. Наша программа отслеживает появление этих ошибок в лог-файле и в случае выявления подобных оповещает оператора ПК по средствам WindowsForms, а также звукового сигнала. В дальнейшем он предпринимает какие-либо действия для устранения возникшей проблемы.

Программа обладает графическим интерфейсом по средствам WindowsForms. Благодаря ему достигается удобство и плавность в использовании.

Для работы программы необходимо указать:

1. Путь до рабочей папки.
2. Таймер, по истечении которого будет выполняться запрос на контроллер базовой станции и последующий анализ полученного лог-файла.
3. Максимально допустимый размер лог-файла(в килобайтах).  
Данные настройки сохраняются на ПК и при новом запуске программы будут загружены.

После применения всех настроек и запуска программы она сворачивается в системный трей до выявления ошибки либо до того момента, пока сам пользователь не решит развернуть её.

Во время работы через определенное время, указанное в таймере, выполняется файл NSN.bat, запускающий исполняемый файл TST10.exe с определенными параметрами, который отправляет запрос на базовую станцию и записывает полученные данные в лог-файл. Данные программы предоставлены от Tele2, и наша программа только запускает их.

При условии, что размер лог-файла превысит максимально допустимый размер, указанный пользователем, то файл будет очищен.

Оповещение об ошибке выводится в новый поток, чтобы оно не останавливало работу программы, т.е. таймер сразу же начинает отсчет.

Если сигнатура была найдена в определенной строке, то в дальнейшем эта строка игнорируется, чтобы одна и та же ошибка не была зафиксирована вновь при следующей проверке:

- Упрощает процесс работы;
- Снижает время нахождения ошибок;
- Повышает надежность работы.

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИГАУССОВОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОГО ЕМ-АЛГОРИТМА В НЕГАУССОВСКИХ КАНАЛАХ СВЯЗИ**

***Фатыхов М.М., Зарипов Р.Ф., Файзуллин Р.Р.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Современный этап развития сетей связи с подвижными объектами характеризуется стремительным внедрением новых технологий и средств эффективной передачи информации по широкополосным каналам связи, но приводит к резкому усложнению сигнально-помеховой обстановки в оперативной зоне пространства систем телекоммуникации.

В работе представлен анализ эффективности применения ЕМ-алгоритма для полигауссового (ПГ) приемника. Моделирование и получение результатов производилось в специализированной программе для моделирования алгоритмов обработки сигналов в мобильных системах связи, которое разрабатывается группой авторов и имеет свидетельство на программу ЭВМ.

Получены результаты оценки эффективности при следующих типах шумов и помех, действующих в канале связи:

- аддитивный белый гауссовский шум и цветной шум;
- быстрые, медленные замирания канала;
- помехи вызывающие межсимвольные искажения;
- внутрисистемные помехи;
- хаотические импульсные помехи;
- канал связи, содержащий разнохарактерные сигнально-помеховые комплексы.

Разработанный модуль «ЕМ-алгоритма» для программы моделирования дополнительно снабжен программным модулем, определяющим оптимальное число кластеров с использованием алгорит-

мов «Method Elbow» и «Average silhouette». Для случаев использования EM-алгоритма с поиском оптимального числа кластеров были получены результаты эффективности работы ПГ-приемника в широком диапазоне варьируемых параметров сигналов и помех.

В работе также представлены результаты анализа требуемой мощности в зависимости от количества помеховых компонент в нормализованном виде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Файзуллин Р.Р., Кадушкин В.В., Зарипов Р.Ф.* Полигауссовый алгоритм совместной демодуляции-декодирования в каналах мобильных систем связи // *Нелинейный мир*, 2015. – № 8. – Т. 13. – С. 4-9.
2. *Файзуллин Р.Р., Щербаков Г.И., Фатыхов М.М., Инсаров А.Ю.* Полигауссовский алгоритм различения-декодирования многоэлементных сигналов // *Нелинейный мир*, 2017. – № 1. – Т. 15. – С. 47-53.
3. *Надеев А.Ф., Подкурков И.А.* Адаптивная оценка параметров распределения негауссовских помех на основе применения EM-алгоритма и его модификаций // *Нелинейный мир*, 2015. – № 8. – Т. 13. С. 64-72.
4. Свидетельство № 2017615223. Программа для моделирования алгоритмов обработки сигналов в мобильных системах связи / Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» (RU). - № 2017612066 ; заявл. 14.03.2017 ; зарегистр. 05.05.2017.

## **POLY-GAUSSIAN SIGNAL PROCESSING ALGORITHM USING AN EM-ALGORITHM EFFICIENCY FOR NON-GAUSSIAN CHANNELS ANALYSIS**

*Fatykhov M.M., Zaripov R.F., Faizullin R.R.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In this thesis EM-algorithm application for poly-Gaussian algorithm efficiency analysis is presented.

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЗАМКНУТОМ ПОМЕЩЕНИИ**

*Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Были рассмотрены такие методы определения координат: Метод ближайшей ячейки; Метод амплитуды сигнала; Метод угла прибытия сигнала; Метод распознавания шаблонов.

Сложив все плюсы и минусы рассмотренных методов, был разработан метод анализа приходящих временных меток сигнала основанный на методе трилатерации.

Для рассмотрения метода определения координат на основе анализа приходящих временных меток сигнала была взята идеальная модель комнаты (Рис.2.1) размерами 5 метров в длину, 3 метра в ширину и 3,5 метра в высоту. Эти параметры были выбраны для будущей реализации данного проекта, так как есть подходящее помещение для тестирования, доработки и реализации всего комплекса беспроводной зарядки.

Активно обсуждаются принципы фокусировки в рамках третьей МНТК(международная молодежная научно-техническая конференция)[1].Свойства сфокусированных антенных решеток рассмотрены в [2-6].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного техно-



логического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

2. *Vedenkin D.A.* Control of parameters of large aperture antenna arrays with using the overflight method and principles of virtual focused apertures/ D.A. Vedenkin., V.I. Klassen., Y.E.Sedelnikov//Нелинейный-мир, 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 32-36.

3. *Vedenkin D.A.* Antennas, focused in the near radiated field zone. features and technical application / O.V. Potapova, Y.E. Sedelnikov // Сборнике: 2013 9th International Conference on Antenna Theory and Techniques, ICATT-2013. – С. 560-565.

4. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников. // Глобальный научный потенциал. 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.

5. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников.// Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 40-46.

6. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2007. – Т. 10. – № 5. – С. 36.

## **ANALYSIS OF MODERN POSITIONING METHODS**

***Akulinin D.M., Gimadiev D.I., Yulusheva A.I.***

Supervisor – ***Vedenkin D.A***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Such methods of determining the coordinates were considered: the method of the nearest cell; Method of signal amplitude; Method of signal arrival angle; Pattern recognition method.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ  
ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА  
В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ.  
ЧАСТЬ 1. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
КООРДИНАТ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО  
УСТРОЙСТВА**

*Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Был разработан метод определения координат на основе анализа проходящих временных меток сигнала, который в свою очередь, базируется на методе трилатерации.

Поиск объекта будет осуществляться определением положения путём построения на местности системы смежных треугольников, в которых измеряются длины их сторон, то есть по принципу трилатерации.

Для того чтобы определить координаты точки на местности, необходимо знать координаты не менее трех точек, а также расстояния до них. Далее, используя систему уравнений трех сфер, можно найти точку их пересечения, которая и будет соответствовать искомой точке. Пересечение минимум трех окружностей, радиусом которых является время пути сигнала, дает точное положение объекта в двухмерном пространстве. При добавлении четвертого передатчика, можно либо уточнить, либо определить координаты искомой точки в трехмерном пространстве.

Активно обсуждаются принципы фокусировки в рамках третьей МНТК(международная молодежная научно-техническая конференция)[1]. Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [2-5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.
2. *Vedenkin D.A.* Control of parameters of large aperture antenna arrays with using the overflight method and principles of virtual focused apertures/ D.A. Vedenkin., V.I. Klassen., Y.E.Sedelnikov//Нелинейный мир. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 32-36.
3. *Vedenkin D.A.* Antennas, focused in the near radiated field zone. features and technical application / O.V. Potapova, Y.E. Sedelnikov // Сборнике: 2013 9th International Conference on Antenna Theory and Techniques, ICATT 2013 2013. – С. 560-565.
4. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников // Глобальный научный потенциал. 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.
5. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2007. – Т. 10. – № 5. – С. 36.

### **DEFINITION OF THE COORDINATE OF THE RECEIVING-TRANSMITTING DEVICE IN THE CLOSED SPACE**

*Akulinin D.M., Gimadiev D.I., Yulusheva A.I.*  
Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

A method for determining the coordinates was developed on the basis of an analysis of the incoming signal timestamps, which in turn is based on the trilateration method.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ  
В ЗАДАЧЕ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОГО  
ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА.  
ЧАСТЬ 1. ПРОБЛЕМАТИКА ПЛАНАРНЫХ АНТЕНН**

*Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Рассматривается проблематика планарных антенн в задаче реализации беспроводного зарядного устройства.

Современные ПА являются резонансными устройствами, электрические размеры которых соизмеримы с длиной волны. Особенностью ПА является наличие острых кромок металлических проводников, вблизи которых наблюдается концентрация токов, увеличивающая потери в металле. Это предъявляет жёсткие требования к точности компьютерной модели, которая должна адекватно описать сложное распределение поля в окрестности таких кромок. Поэтому правильный выбор способа учёта потерь и точная настройка системы проектирования обеспечивают необходимую точность решения электродинамической задачи для ПА.

Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [1-3]. Технические приложения с применением сфокусированной антенной решетки рассмотрены в работах [4]. Активно обсуждались принципы фокусировки в рамках третьей МНТК ПРЭФЖС-2016[5].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников // Глобальный научный потенциал. – 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.

2. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 40-46.

3. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2007. – Т. 10. – № 5. – С. 36.

4. *Веденькин Д.А.* Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 1 (29). – С. 18-31.

5. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

## **DEVELOPMENT OF THE PLANAR ANTENNA IN THE PROBLEM OF REALIZATION OF THE WIRELESS CHARGER**

*Gimadiev D.I., Akulinin D.M., Yulusheva A.I.*  
Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The perspective of planar antennas in the task of implementation of the wireless accumulator rectifier is considered.

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ  
ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИКА  
В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

*Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Была разработана математическая модель основанная на методе анализа приходящих временных меток сигнала, который в свою очередь, базируется на методе трилатерации.

Для того чтобы определить координаты точки на местности, необходимо знать координаты не менее трех точек, а также расстояния до них. Далее, используя систему уравнений трех сфер, можно найти точку их пересечения, которая и будет соответствовать искомой точке.

Результатом расчетов являются координаты четырех точек, путем сравнения выбираются две идентичные или приблизительно схожие координаты.

Главное требование можно определить так: между тремя точками доступа и устройством желательна прямая видимость.

Прямая видимость между точками нужна в первую очередь для измерения длины пути сигнала (посредством подсчета временной задержки. При использовании Wi-Fi сетей в помещении мы всегда имеем дело с переотражениями. Более того, все основные технологии стандартов IEEE используют в своей основе именно этот эффект, без которого работают хуже.

Технические приложения с применением сфокусированной антенной решетки рассмотрены в работах [1-3] В настоящее время ведутся работы над применением широкополосных сигналов, некоторые результаты рассмотрены в [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веденькин Д.А.* Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 1 (29). – С. 18-31.

2. *Веденькин Д.А.* Случайные разреженные когерентные антенные решётки, сфокусированные в зоне ближнего излучённого поля / Д.А. Веденькин, А.Р. Насыбуллин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 4 (32). – С. 22-29.

3. *Веденькин Д.А.* Параметры разреженных сфокусированных антенных решеток / Ю.Е. Седельников // Наука и бизнес: пути развития. – 2013.– № 10 (28). – С. 56-59.

4. *Vedenkin D.A.* Antenna arrays focused on broadband signals / D.A. Vedenkin, Y.E Sedelnikov, A.R. Nasybullin // Journal of Telecommunications and Information Technology. – 2016. – Т. 2016. – № 2. – С. 95-102

## **DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE COORDINATE OF A RECEIVER-TRANSMITTER IN A CLOSED SPACE**

*Akulinin D.M., Gimadiev D.I., Yulusheva A.I.*

Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

A mathematical model was developed based on the method of analyzing incoming signal timesteps, which in turn is based on the trilateration method. The results of the calculations are the coordinates of four points, by comparing two identical or approximately similar coordinates are selected.

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИКА**

*Акулинин Д.М. Гимадиев Д.И. Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

При анализе погрешности были рассмотрены различные расположения устройства, и, благодаря разработанной математической модели и программному пакету Microsoft office 365 Excel, построены графики зависимости осей координат от увеличения времени обработки сигнала. Для каждой оси была просчитана своя погрешность.

Так же при анализе результатов было выявлено следующее ограничение:

– Четыре излучателя должны создавать две плоскости. Их формируют две тройки излучателей, которые, в свою очередь, не должны находиться на одной линии.

При решении задачи определения координат устройства в замкнутом пространстве были решены следующие подзадачи:

– создание математической модели для поиска устройства внутри заданного помещения;

– по результатам математического моделирования была оценена возможность определения координат устройства и проанализированы погрешности определения координат.

Технические приложения с применением сфокусированной антенной решетки рассмотрены в работах [1-3] В настоящее время ведутся работы над применением широкополосных сигналов, некоторые результаты рассмотрены в [4].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельни-



ков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 1 (29). – С. 18-31.

2. *Веденькин Д.А.* Случайные разреженные когерентные антенные решётки, сфокусированные в зоне ближнего излучённого поля / Д.А. Веденькин, А.Р. Насыбуллин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2016. – № 4 (32). – С. 22-29.

3. *Веденькин Д.А.* Свойства объемных случайных антенных решеток, сфокусированных в зоне ближнего излученного поля / Седельников Ю.Е., Насыбуллин А.Р., Рябова Н.В., Иванов В.А.// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки, 2015. – № 12. – С. 30-34.

4. *Веденькин Д.А.* Параметры разреженных сфокусированных антенных решеток / Ю.Е. Седельников // Наука и бизнес: пути развития, 2013. – № 10 (28). – С. 56-59.

## **ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE COORDINATE OF THE RECEIVER-TRANSMITTER**

***Akulinin D.M., Gimadiev D.I., Yulusheva A.I.***

**Supervisor – *Vedenkin D.A.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

When analyzing the error, various positions of the device were considered, and, thanks to the developed mathematical model and the Microsoft Office 365 Excel software package, graphs of the dependence of the coordinate axes (x, y, z) on the increase in signal processing time were plotted. For each axis, its own error was calculated.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЕЛЕНГАЦИИ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ WI-FI УСТРОЙСТВ В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

*Акулинин Д.М. Гимадиев Д.И. Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Были рассмотрены различные виды пеленгации, проведен анализ и сделаны выводы на основе полученных результатов. Так же была проведена работа по разработке метода пеленгации, и математической модели, которая в свою очередь была протестирована при различных условиях. В итоге сделаны окончательные выводы по перспективам развития пеленгации приемно-передающих Wi-Fi устройств в замкнутом пространстве.

Задавшись качеством оценки координат с учетом погрешности в 10 см (проработанная фокусировка электромагнитного излучения и диаграмма направленности планарной антенны позволяет допускать заданную погрешность), требуемая погрешность времени составила  $\pm 300$  пикосекунд. Следующим шагом будет поиск и подбор подходящего оборудования, а именно: счетчик временных интервалов и так же тактовый генератор с интервалом, аналогично интервалу счетчика.

Активно обсуждаются принципы фокусировки в рамках третьей МНТК(международная молодежная научно-техническая конференция)[1]. Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [2-5].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Се-

дельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

2. *Vedenkin D.A.* Control of parameters of large aperture antenna arrays with using the overflight method and principles of virtual focused apertures/ D.A. Vedenkin., V.I. Klassen., Y.E.Sedelnikov//Нелинейный мир. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 32-36.

3. *Vedenkin D.A.* Antennas, focused in the near radiated field zone. features and technical application / O.V. Potapova, Y.E. Sedelnikov // Сборнике: 2013 9th International Conference on Antenna Theory and Techniques, ICATT 2013. – С. 560-565.

4. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников. // Глобальный научный потенциал. – 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.

5. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 40-46.

## **PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF PELENGAGE OF RECEIVING-TRANSMITTING WI-FI DEVICES IN THE CLOSED SPACE**

*Akulinin D.M., Gimadiev D.I., Yulusheva A.I.*

Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Various types of direction finding were examined, analysis was carried out and conclusions were drawn on the basis of the results obtained. Also, work was done on the development of the direction finding method, and a mathematical model, which in turn was tested under different conditions.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ  
В ЗАДАЧЕ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОГО  
ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА.**

**ЧАСТЬ 2. ВЫБОР АНТЕННЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ  
БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА**

*Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Произведен анализ литературы, связанный с антеннами, подходящих для реализации беспроводного зарядного устройства.

Антеннами называются устройства, излучающие и принимающие электромагнитные волны. Антенна является составной частью радиолокационных, телевизионных, связных и ряда других радиоэлектронных средств и в значительной степени определяет их технические характеристики.

Для реализации задачи беспроводного зарядного устройства необходимо использовать планарную антенну, так как необходимо было разработать антенну, которая будет работать на частоте 2.4-2.5 ГГц, слабо выступающую за пределы устройства и имеющую диаграмму направленности близкую к ненаправленной полусфере.

Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [1-2]. Активно обсуждались принципы фокусировки в рамках третьей МНТК ПРЭФЖС-2016[3]. В настоящее время ведутся работы над применением широкополосных сигналов, некоторые результаты рассмотрены в докладах [4].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников // Глобальный научный потенциал. – 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.

2. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2008. – Т. 11.– № 4. С.– 40-46.

3. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

4. *Веденькин Д.А.* Антенные решетки, сфокусированные по широкополосному сигналу / Веденькин Д.А, Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2015. – Т. 18. – № 3-1. – С. 23-30.

## **DEVELOPMENT OF THE PLANAR ANTENNA IN THE PROBLEM OF REALIZATION OF THE WIRELESS CHARGER**

*Gimadiev D.I., Akulinin D.M., Yulusheva A.I.*

Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The analysis of literature connected to antennas, suitable for implementation of the wireless accumulator rectifier is made.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ  
В ЗАДАЧЕ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОГО  
ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА.  
ЧАСТЬ 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

*Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Разработана математическая модель планарной антенны, рассчитаны характеристики согласования и диаграммы направленности.

Для разработки модели планарной антенны воспользуемся программным обеспечением CST STUDIO SUITE Student Edition.

В данной статье была разработана модель планарной антенны, рассчитаны размеры, характеристики согласования и диаграммы направленности.

Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [1-2]. Технические приложения с применением сфокусированной антенной решетки рассмотрены в работах [3-4]. Активно обсуждались принципы фокусировки в рамках третьей МНТК ПРЭФЖС-2016 [5].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Глобальный научный потенциал. – 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.
2. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 40-46.

3. *Веденькин Д.А.* Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 1 (29). – С. 18-31.

4. *Веденькин Д.А.* Случайные разреженные когерентные антенные решётки, сфокусированные в зоне ближнего излучённого поля / Д.А.Веденькин, А.Р. Насыбуллин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 4 (32). – С. 22-29.

5. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

## **DEVELOPMENT OF THE PLANAR ANTENNA IN THE PROBLEM OF REALIZATION OF THE WIRELESS CHARGER**

***Gimadiev D.I., Akulinin D.M., Yulusheva A.I.***

***Supervisor – Vedenkin D.A.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The mathematical model of the planar antenna is developed, characteristics of coordination and the direction characteristic are calculated.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ  
В ЗАДАЧЕ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОГО  
ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА.  
Часть 4. ВИДЫ ОПТИМИЗАЦИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
МОДЕЛИ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ**

*Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Рассмотрены виды существующих методов оптимизаций, оптимизирована модель планарной антенны.

Существуют несколько методов математической оптимизации: градиентный метод, метод параллельных касательных, метод сопряженных градиентов, метод покоординатного спуска.

В данной статье приведена оптимальная модель планарной антенны, рассчитаны оптимальные размеры, характеристики согласования и диаграммы направленности.

Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [1-3]. Технические приложения с применением сфокусированной антенной решетки рассмотрены в работах [4]. Активно обсуждались принципы фокусировки в рамках третьей МНТК ПРЭФЖС-2016 [5].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников. // Глобальный научный потенциал. –2013. – № 10 (31). – С. 86-88.
2. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппа-



ратов / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 40-46.

3. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенны для систем радиосвязи с группой малоразмерных летательных аппаратов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2007. – Т. 10. – № 5. – С. 36.

4. *Веденькин Д.А.* Свойства сфокусированных волновых полей в промежуточной зоне излучения / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 1 (29). – С. 18-31.

5. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

## **DEVELOPMENT OF THE PLANAR ANTENNA IN THE PROBLEM OF REALIZATION OF THE WIRELESS CHARGER**

*Gimadiev D.I., Akulinin D.M., Yulusheva A.I.*

Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*((Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI))*

Types of the existing methods of optimization are considered, the model of the planar antenna is optimized.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПЛАНАРНОЙ АНТЕННЫ  
В ЗАДАЧЕ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОГО  
ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА.  
Часть 5. ЗАДЕЛ НА БУДУЩЕЕ**

*Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И.*

Научный руководитель – *Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Произведен анализ полученных результатов моделирования, поставлены задачи на дальнейшее улучшение модели планарной антенны в задаче реализации беспроводного зарядного устройства.

Были рассмотрены конструкции планарных антенн, выбраны размеры элементов. Произведен расчет формы антенны и характеристик. Разработана модель планарной антенны. Выбрали плоскую планарную антенну, так как необходимо было разработать антенну, которая будет работать на частоте 2.4-2.5 ГГц, слабо выступающую за пределы устройства и имеющую диаграмму направленности близкую к ненаправленной полусфере.

В дальнейшем также необходимо будет учесть влияние электромагнитного излучения на человека. Также необходимо будет рассмотреть другие виды антенн для реализации данной задачи, к примеру антенну Вивальди.

Свойства сфокусированной антенной решетки рассмотрены в [1-2]. Активно обсуждались принципы фокусировки в рамках третьей МНТК ПРЭФЖС-2016 [4]. В настоящее время ведутся работы над применением широкополосных сигналов, некоторые результаты рассмотрены в докладе [5].

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Веденькин Д.А.* Сфокусированные антенные решетки на базе беспилотных летательных аппаратов / Д.А. Веденькин,

Ю.Е. Седельников // Глобальный научный потенциал. – 2013. – № 10 (31). – С. 86-88.

2. *Веденькин Д.А.* Активные сфокусированные антенные решетки для радиотехнических средств малоразмерных летательных аппаратов / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 40-46.

3. *Веденькин Д.А.* Третья международная научно-техническая конференция «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2016» / Д.А. Веденькин, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2016. – № 2 (30). – С. 90-99.

4. *Веденькин Д.А.* Антенные решетки, сфокусированные по широкополосному сигналу / Д.А. Веденькин, Ю.Е. Седельников // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2015. – Т. 18. – № 3-1. – С. 23-30.

## **DEVELOPMENT OF THE PLANAR ANTENNA IN THE PROBLEM OF REALIZATION OF THE WIRELESS CHARGER**

*Gimadiev D.I., Akulinin D.M., Yulusheva A.I.*  
Supervisor – *Vedenkin D.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The analysis of the received results of simulation is made, the tasks on further improving of model of the planar antenna in the task of implementation of the wireless accumulator rectifier are set.

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ 4-5G НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА BIG DATA**

***Фадеев В.А., Гайсин А.К.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Большие данные (Big Data) на сегодняшний день становятся неотъемлемой частью телекоммуникаций.

В русле сетей мобильной связи четвертого и пятого поколений мы можем выделить основные направления по применению методов обработки больших данных такие, как обработка принимаемых сигналов в Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) системах, обработка сигнальных потоков D2D (Device-to-Device) технологии, приложения, связанные с M2M (Machine-to-Machine) инструментами (например, «Интернет вещей») и динамическая оптимизация качества предоставляемых услуг (QoS – Quality of Service) [1].

Рассматривая методы оптимизации QoS, стоит отметить, что по данному направлению уже ведется ряд исследований по выявлению корреляций между поведением пользователя и сетевым трафиком [2]. Разработки направлены на частичный или полный переход от долгосрочного планирования сети к динамически оптимизируемым структурам, что входит в концепции самоорганизующихся сетей (SON – Self-Organizing Networks) и оптимального распределения ресурсов.

Процессы, связанные с обработкой больших данных в мобильных сетях, можно условно разделить на четыре большие группы: сбор, хранение, анализ данных и оптимизация сети. Сбором могут быть заняты такие элементы сети, как абонентское оборудование (UE – User Equipment), сеть радиодоступа (RAN – Radio Access Network), ядро сети (CN – Core Network) и провайдеры Интернет-сервисов [2]. Проблемы хранения данных включают в себя также проблематику пропускной способности, т.к. для быстрого доступа необходимы вы-

сокопроизводительные инструменты. Область анализа данных предполагает применение эффективных алгоритмов машинного и глубокого обучения.

С понятиями оптимизации QoS связана оптимизация ключевых показателей эффективности (KPI – Key Performance Indicator). В данном случае одним из наиболее популярных методов по обработке данных выступает нейронная сеть (NN – Neural Network), которая должна, основываясь на тренировочной выборке, оценивать QoS, что является отправной точкой для дальнейшей оптимизации сети. Главными преимуществами такого подхода являются высокая производительность и адаптивность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gao Y., Ao H.* Review of Wireless Big Data in 5G: From Physical Layer to Application Layer, 2nd IEEE International Conference on Computer and Communication, 2016
2. *Zheng K., Yang Z., Zhang K., Chatzimisios P., Yang K., Xian W.* Big Data-Driven Optimization for Mobile Networks toward 5G, IEEE, 2016
3. *Pierucci L., Micheli D.* Neural Network for Quality of Experience Estimation in Mobile Communication Networks, IEEE, 2016

## METHODS OF ESTIMATION OF QOS IN 4-5G MOBILE NETWORKS BASED ON BIG DATA ANALYSIS

*Fadeev V.A., Gaysin A.K.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The main problems and features of Big Data analysis are observed in this paper. The main directions was described corresponding to trends of future communication networks.

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БЮДЖЕТА ОПТИЧЕСКОГО МЕЖСПУТНИКОГО КАНАЛА CUBESAT

*Гибалина З.С., Фадеев В.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Тенденция к миниатюризации актуальна для области космических технологий, ярким примером служат микроспутники формата CubeSat. В ходе данной работы производится оценка энергетического бюджета оптической межспутниковой линии связи. Для расчетов мы принимаем некоторые исходные параметры: переданная мощность равна 1 Вт, расстояние между спутниками – 100 км, длина волны 1550 нм, скорость передачи –  $10^6$  бит/с. Типовые параметры выбраны согласно [1]. Если используется PIN-фотодиод, то мы имеем дополнительный шум на усилителе, и на приемнике мы должны принять как минимум 10000 фотонов на бит, а для APD (лавинного) фотодиода нам требуется как минимум 1000 фотонов [2]. Минимальная требуемая принимаемая мощность рассчитывается следующим образом:

$$P_{req} = \frac{E_{b,req}}{T_b} = N_{ph} h f R_b, \quad (1)$$

где  $R_b = 1/\tau_b$  это скорость передачи;  $N_{ph}$  – количество фотонов;  $h$  – постоянная Планка;  $f$  – несущая частота оптического сигнала. Принимаемая мощность рассчитывается по формуле:

$$P_{rx} = \frac{A_{rx}}{2\pi R^2} \left( 1 - \frac{\ln 2}{\ln(\cos \theta_{div})} \right) P_{tx}, \quad (2)$$

где  $A_{rx} = \pi / 4 d_{rx}^2$  – это область приема и усиление приемника, которые зависят от диаметра приемника  $d_{rx}$ ;  $R$  – расстояние между спут-

никами;  $\theta_{div}$  – угол отклонения луча (угловая ширина луча);  $P_{tx}$  – мощность передатчика.

На рис. 1 показаны зависимости требуемой и принимаемой мощностей. Первичная оценка показывает теоретическую возможность применения оптического межспутникового канала.

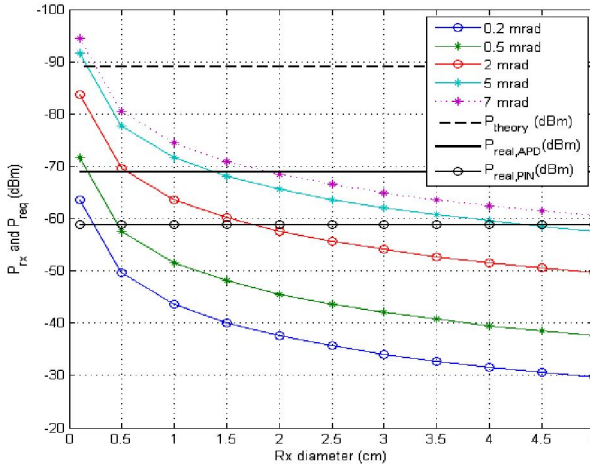


Рис. 1.  $P_{rx}$  и  $P_{rx, req}$ , дБм – теоретический и реалистичный пределы для PIN и APD в зависимости от диаметра и угловой ширины угла (мрад) при  $P_{tx} = 30$  дБм

Дальнейшие работы в данном направлении связаны с анализом возможных решений практической реализации данного канала связи в микроспутниковых системах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. QB50 project <https://www.qb50.eu> (дата обращения 1.09.2017)
2. Personick S.D. Optical detectors and receivers, Journal of Lightwave technology, Vol. 26, No. 9, May 1, 2008.
3. Wolf M., Kress D. Short-range wireless infrared transmission: the link budget compared to RF, IEEE, 2003.

**ESTIMATION OF THE ENERGY BUDGET  
OF THE CUBESAT OPTICAL INTER-SATELLITE  
CHANNEL**

***Gibalina Z.S., Fadeev V.A.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The typical inter-satellite link budget for optical case was considered. Based on primary estimation prospective of this type of communications for CubeSats can be discussed.



## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ «УМНЫЕ ДОРОГИ»

*Халилова А.А., Абдрахманова Г.И.*

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
авиационный технический университет)*

Современные достижения в области науки и техники привели к появлению такого понятия, как «Умные дороги», которые светятся в темноте, предупреждают о появлении опасности, отслеживают состояние трафика и реагируют на возникшие проблемы.

В октябре 2012 года в Голландии был предложен проект, согласно которому освещение осуществляют дорожная разметка, выполненная из люминесцентной краски, и светодиоды, получающие питание от ветра [1], а фонари работают лишь при приближении транспортного средства. В случае возникновения риска появления гололеда на трассе прорисовываются «снежинки».

Проект Solar Roadways [2] предполагает замену дорожного покрытия на солнечные батареи, накрытые прозрачным сверхпрочным материалом на основе стекла, способным выдерживать постоянную транспортную нагрузку. В [3] представлен проект «Lybra» («подземное питание»), согласно которому осуществляется преобразование кинетической энергии, полученной от колес автомобилей, в электрическую. С августа 2015 года в Великобритании ведутся испытания технологий беспроводной зарядки электрических и гибридных автомобилей прямо во время движения [4]. Аналогичные индукционные дороги используются в Южной Корее (г. Куми), где городские автобусы курсируют по специальному маршруту протяженностью порядка 25 км, используя только энергию, получаемую «из-под земли».

В [5] описываются дороги, по которым будут ездить машины без водителей на основе технологии DSRC на частоте 5,9 ГГц, выделенной FCC. Протокол DSRC объединяет беспроводные технологии и RFID, чтобы транспортные средства получали сообщения с придорожных датчиков на расстоянии около 1000 м. DSRC может инфор-

мировать других водителей, уменьшая вероятность аварии, и запускать автоматическую систему торможения. DSRC. В [6] описываются детекторы СВЧ-устройств, установленные на дорогах, также известные как MVDS, которые работают в лицензированных микроволновых радиочастотных диапазонах и предоставляют данные о трафике: скорость, объем, классификация и размещение транспортного средства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дергунов С.А., Орехов С.А., Кулешов И.В. К вопросам внедрения «умных магистралей» // Оренбург: Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. – № 5 (180). – 132-136 с.

2. Популярная механика. URL: <http://www.popmech.ru> (дата обращения: 10.0.2017).

3. Дорожные технологии и материалы. URL: <http://www.roadtm.com/> (дата обращения 10.03.2017).

4. *Бородина Е.С.* Состояние и перспективы развития дорожного строительства России и Зарубежья. Перспектива. Сборник статей молодых ученых № 16. Ч. 1. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – 277 с.

5. *Chuck Gates.* Smart roads: Driving technology accelerates // Chuck Gates – Deseret News Utah. – 2010. – P 7.

6. *Arturo Espinosa.* Wavetronix High Definition Microwave Vehicle Detector (MVDS) // Arturo Espinosa – Proprietary Product Certification Justification MEMORANDUM. 2015. P 3.

## «SMART HIGHWAY» TECHNOLOGIES REVIEW

*Khalilova A.A., Abdrakhmanova G.I.*

*(Ufa state aviation technical university)*

Different technologies, which are proposed to be used in «Smart highway» projects, are described in the paper. They are mostly intended on providing security, energy and resources saving and environmental care.

УДК 621.376.9

## МЕТОД ЧАСТОТНОГО МАНИПУЛИРОВАНИЯ СШП СИГНАЛА СО СКАЧКООБРАЗНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТНЫХ ПОЛОС

*Грахова Е.П.*

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
авиационный технический университет)*

Предлагаемый метод частотного манипулирования относится к методам спектральной модуляции сверхширокополосного (СШП) сигнала и основан на использовании частотных полос спектральной маски Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ), характеризующихся максимальной разрешенной мощностью. Данный метод реализуется за счет использования особой схемы кодирования символов сообщения, согласно которой они разносятся по трем непересекающимся частотным интервалам внутри маски ГКРЧ. При этом размер символа сообщения может достигать трех бит, в случае использования помехоустойчивого сверточного кодирования с вне-сением памяти.

Использованная схема помехоустойчивого кодирования (рис. 1) формирует битовую последовательность, в которой не встречается комбинация бит «11». В результате, сигнал на выходе кодера характеризуется наличием всего четырех возможных позиций для модуляции данных: «000», «001», «010», «100».

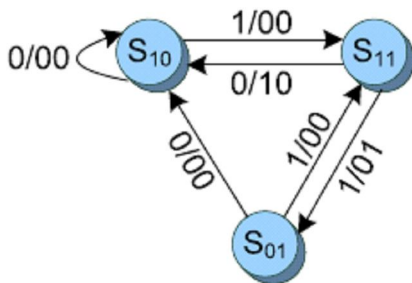


Рис. 1. Диаграмма Маркова для помехоустойчивого кодирования сигнала

Модулирующие радиоимпульсы формируются на основе импульса формы оптического солитона (ОС), путем скачкообразного изменения его центральной частоты, в соответствии с центральными частотами полос внутри маски ГКРЧ.

Сигнал на выходе кодера модулируется, согласно следующей разработанной схеме: при поступлении символа «000», в канал связи передается ноль; в случае символа «001» на выходе формируется ОС с центральной частотой первого окна маски; для символа «010» на выходе формируется ОС с центральной частотой второго окна маски; для символа «100» формируется ОС с центральной частотой третьего окна маски.

Метод демодуляции данных для предложенного метода основан на спектральном анализе символов принимаемого сигнала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jurado-Navas, A. Garrido-Balsells J.M. et al. Rate-Adaptive Signalling Schemes Treated as Runlength-Limited Sequences for Atmospheric Free-Space Optical Communications // IEEE Proceedings of ACIT, 2010. – Pp. 307-312.*

2. *Grakhova E., Rommel S. Pulse shaping for high data rate ultra-wideband wireless transmission under the Russian spectral emission mask // International Journal of Communication Systems, 2017, e3388. – Pp. 1-10. DOI 10.1002/dac.3388.*

## **FSK FOR UWB SIGNALS WITH ABRUPT REDISTRIBUTION OF FREQUENCY BANKS**

*Grakhova E.P.*

*(Ufa state aviation technical university)*

FSK method for UWB signals restricted by the SCRF spectral mask is proposed based on the central frequency control of optical soliton pulses in accordance with new symbol coding scheme.

## **МОНИТОРИНГ СИГНАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ МОБИЛЬНОЙ СЕТИ GSM НА БАЗЕ RTL-SDR**

*Морозов А.С., Гайсин А.К.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Мониторинг состояния сети является ключевой задачей для операторов связи, которая позволяет анализировать параметры загрузки оборудования, качество предоставляемых услуг, предотвращать сбои и обеспечивать заданный уровень обслуживания конечного пользователя. В конечном итоге, вся полученная информация используется для оптимизации и повышения производительности сети.

Одним из способов измерения параметров качества обслуживания служат анализаторы протоколов. Они способны с высокой скоростью захватывать трафик на различных сетевых интерфейсах [1]. В исследовании производилось сканирование радиоинтерфейса стеи стандарта GSM с помощью SDR приемника RLT-SDR.

RTL-SDR – это доступное USB устройство, которое принимает сигналы в диапазоне 24 – 1750 МГц и полосой пропускания от 250кГц до 3МГц. Первоначально оно использовалось в качестве DVB-T тюнера, но при помощи замены программного обеспечения данное устройство может быть использовано для приема сигналов различных систем связи [2].

Целью работы служит исследование возможности применения RTL-SDR в совокупности с открытым программным обеспечением, как средства мониторинга параметров качества обслуживания сети GSM.

Методика исследования заключается в проведении эксперимента по захвату сообщений управления передаваемых по нисходящей линии связи и их декодирование (преобразование кода к форме удобной для непосредственного использования [3]).

Для проведения эксперимента использовался компьютер на базе ОС Linux с установленным программным обеспечением (GNU Radio и Wireshark) для обработки и декодирования информации, получаемой с радиointерфейса приемником RTL-SDR.

В ходе эксперимента удалось захватить и декодировать следующие виды сообщений: Paging Request, Immediate Assignment и System Information. Все они передаются в общем (CCCH) или ширококвещательном (BCCH) каналах управления. Команды выделенных каналов управления (SDCCH) для конкретной мобильной станции возможно декодировать только, зная ключ шифрования текущей сессии устройства.

Захваченные сообщения позволяют получить следующую информацию о сети:

- Вид канала, доступ к которому будет обеспечен для мобильного терминала в режиме ожидания;
- Получение устройством доступа к выделенному каналу SDCCH с указанием рабочего таймслота (изменение конфигурации канала);
- Список несущих абсолютных радиочастотных номеров канала (ARFCN) для мониторинга мобильной станцией внутри соты;
- Список ARFCN в соседних сотах, в том числе и UTRAN;
- Различная информация о соте (идентификатор зоны местоположения, уникальный идентификатор базовой станции).

В результате эксперимента удалось принять и декодировать команды, передаваемые в общих, ширококвещательных и частично в выделенных каналах управления. Т.к. информация по выделенным каналам связи в основном передается в зашифрованном виде, декодирования команд протокола сигнальных сообщений является затруднительным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems/ David Soldani, Man Li, Renaud Cuny. – Chichester, England, UK. 2006. – 1-3, 370 с.

2. Software Defined Radio using MATLAB® & Simulink® and the RTL-SDR/ Robert W. Stewart, Kenneth W. Barlee. – Glasgow, Scotland, UK. 2015. – 3 с.

3. *Марков А.А.* Введение в теорию кодирования. – М.: Наука, 1982. – 192 с.

## **MONITORING OF MOBILE NETWORK SIGNALING MESSAGES BASED ON THE RTL-SDR**

***Morozov A., Gaysin A.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

This article explores the possibility of using RTL-SDR in monitoring GSM signal traffic. The results of capturing downlink control messages are shown and described.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ GSM НА БАЗЕ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ OpenBTS**

*Морозов А.С., Гайсин А.К.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Современные программно-определяемые радиосистемы позволяют создавать основные элементы сети стандарта GSM и обеспечивать взаимодействие с сетями общего пользования. Причём стоимость реализации данной сети будет определяться стоимостью аппаратной части SDR приёмника. Это позволяет проводить имитационное моделирование сети в лабораторных условиях. В работе рассмотрен способ реализации такой модели на основе открытого программного обеспечения OpenBTS.

OpenBTS – это Unix приложение, которое использует программно-определяемую радиосистему для предоставления радиоинтерфейса стандартному GSM телефону и применяет SIP-коммутатор для обеспечения соединения вызовов с внешними фиксированными сетями связи [1].

Имитационное моделирование сети GSM проводилось для изучения возможности контроля качества обслуживания на основе анализа сигнальных сообщений при различных сценариях работы сети.

В качестве программно-определяемой радиосистемы использовалось NI-USRP 2920. На начальном этапе была настроена возможность взаимодействия USRP с системой через LAN.

Далее было установлено программное обеспечение OpenBTS, Asterisk, SIPAuthServe и SMQueue. Asterisk – это VoIP коммутатор, отвечающий за обработку запросов SIP и соединение абонентов друг с другом.

SIPAuthServe является приложением, которое обрабатывает запросы SIP REGISTER, которые генерирует OpenBTS, когда телефон пытается подключиться к мобильной сети.



SMQueue – это приложение, которое обрабатывает запросы SIP MESSAGE, которые генерирует OpenBTS, когда телефон отправляет SMS [2].

Для корректной работы системы необходимо произвести конфигурацию OpenBTS, которая заключается в выборе рабочей полосы частот, ARFCN и занесении IMSI и Call ID в регистр пользователей. После данных действий удалось успешно пройти аутентификацию в сети, произвести вызовы между двумя мобильными станциями, между программным SIP телефоном и МС, а также отправку SMS – сообщений между пользователями.

В результате была построена GSM сеть, которая позволяет получить полный доступ к сигнальному потоку сообщений, между базовой станцией и мобильным устройством. Мониторинг сообщений может производиться как сканированием радиointерфейса с помощью RTL-SDR, так и непосредственным захватом трафика с проводного подключения к USRP.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. OpenBTS Documentations: OpenBTS wiki Режим доступа: <http://openbts.org/wiki/>
2. Getting Started with OpenBTS / Michael Iedema – United States of America.2015. – 12, 13 с.

## **BUILDING A GSM NETWORK BASED ON THE OPEN SOURCE SOFTWARE OPENBTS**

***Morozov A.S., Gaysin A.K.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

This article describes the possible use, construction and configuration of the GSM network based on the OpenBTS. As a result, we received an individual GSM network, with the ability to monitor a specific procedure from start to finish.

# **СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ**

***Бакиров Р.Р., Рахимов Д.Р.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

## **Ортогональное частотное разделение каналов**

OFDM – одна из разновидностей частотного мультиплексирования, в котором единственный канал использует кратные поднесущие на смежных частотах. Кроме того, поднесущие в системе OFDM накладываются, чтобы увеличить спектральную эффективность. Обычно, перекрытие на соседние каналы может вызывать взаимную интерференцию. Однако поднесущие в системе OFDM точно ортогональны друг другу, поэтому они накладываются без интерференции. В результате системы OFDM позволяют увеличить спектральную эффективность, не вызывая интерференции в соседних каналах.

## **Задача синхронизации**

Сегодня в виду широкого использования данной технологии OFDM при передаче информации, задача синхронизации продолжает оставаться актуальной. OFDM имеет сильную зависимость к качеству синхронизации символов и величине смещения несущей частоты. За годы исследований в данном направлении было предложено множество подходов, как оценивать синхронизацию и частотное смещение. Наиболее популярным из используемых алгоритмов является метод предложенный Шмидлом.

## **Метод Шмидла**

Предложенная Шмидлом форма обучающего символа во временной области состоит из двух идентичных элементов обучающей последовательности.

Используя свойство периодичности обучающих символов, вычисляется метрика принятия решения как отношение корреляции  $P(n)$  двух соседних обучающих символов к мощности одного обучающего символа  $R(n)$ .

$$M(n) = \frac{|P(n)|^2}{(R(n))^2};$$

$$P(n) = \sum_{m=0}^{L-1} (r(n+m+L) \cdot r^*(n+m));$$

$$R(n) = \sum_{m=0}^{L-1} |r(n+m+L)|^2.$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Timothy M. Schmidl and Donald C. Cox*, “Robust Frequency and Timing Synchronization for OFDM,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 45, no. 12, pp. 1613–1621, December 1997.
2. *Guo Yi, Liu Gang and Ge Jianhua*. A Novel Time and Frequency Synchronization Scheme for OFDM Systems.

## SYNCHRONIZATION IN SYSTEMS WITH ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS

*Bakirov R.R., Rakhimov D.R.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Synchronization of OFDM signals is considered by the method proposed by T. Schmidl and D. Cox. A comparison of this synchronization method with other methods used in OFDM is given. The analysis and synthesis of frequency and time synchronization algorithms for OFDM signals is performed. The results of experimental studies were obtained in LabView programm.

# СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМАТЫ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

*Асаад Я.И., Рахимов Д.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

## FBMC

FBMC означает метод частотного мультиплексирования с множеством несущих, использующий банк частотных фильтров. Вместо фильтрации всей полосы, как в случае OFDM, FBMC осуществляет фильтрацию отдельно каждой поднесущей, специальным узкополосным фильтром с длинной по временной импульсной характеристикой. Это даёт нам возможность регулировать внеполосное излучение каждой поднесущей, что позволяет увеличить общую спектральную эффективность, при сохранении высокой скорости передачи данных.

Для FBMC требуется выполнение только условия ортогональности соседних поднесущих, при этом не требуется наличия циклического префикса у сигнала.

## UF-OFDM

В технологии UFMC сигнал разбивается на несколько групп поднесущих, которые затем фильтруются (несколько поднесущих в одном банке фильтров обрабатываются совместно). Фильтрация в UF-OFDM обеспечивает дополнительную гибкость системы связи, это даёт нам возможность улучшить показатель внеполосного излучения системы, тем самым улучшить общую спектральную эффективность.

Технология UF-OFDM, обладает наибольшей эффективностью при обмене небольшими сообщениями. Поэтому многие исследователи рассматривают её как одного из возможных кандидатов для систем мобильной связи пятого поколения (5G) наравне с OFDM, FBMC, CP-OFDM. Основной особенностью 5G являются небольшие размеры пакетов, низкие величины отклика, низкое энергопотребление.

Также UF-OFDM, благодаря использованию модуляции QAM и ортогональности поднесущих, обеспечивает полную поддержку технологии MIMO, в отличие например от технологии FBMC.

## **GFDM**

GFDM представляет собой гибкую технологию передачи на основе передачи данных с использованием нескольких несущих, которая имеет много общего с OFDM. Основное различие заключается в том, что поднесущие не ортогональны друг другу.

GFDM – это система с несколькими несущими, которая основывается на классической фильтрации сигналов. Также как и в OFDM для уменьшения влияния многолучевого распространения сигнала используется циклический префикс.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. IEEE article: 5G Air Interface Design based on Universal Filtered (UF-)OFDM by Thorsten Wild, Frank Schaich, Yejian Chen
2. IEEE article: GFDM – Generalized Frequency Division Multiplexing by Gerhard Fettweis, Marco Krondorf and Steffen Bittner

## **THE NEW WAVEFORMS FOR FUTURE RADIO SYSTEMS**

***Asaad Y.I., Rakhimov D.R***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

New types of waveforms will be playing an important role in the development of 5<sup>th</sup> generation (5G) and future wireless communication systems. In the article the future waveforms with high spectral efficiency for radio systems (FBMC, UF-OFDM, GFDM) are identified, which are the most probable candidates of waveforms for high speed data transmit regime in 5G. Also, the information about the convenient waveform is presented.

**ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ  
СИГНАЛЬНО-ПОМЕХОВОГО КОМПЛЕКСА  
НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ПРИЕМНИКОВ  
В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

***Чабдаров Ш.М., Алексеев А.В., Зарипов Р.Ф.,  
Фатыхов М.М., Семенов В.Ю., Осама Диб***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Излагается развитие представленных ранее на конференции «ПТиТТ-2008» материалов доклада [1] в части методов и путей обеспечения «схемотехничности алгоритмов» обработки случайных процессов, наблюдаемых в приемниках при действии сигнально-помеховых комплексов (СПК) со случайными составами при всевозможных флуктуациях входящих в эти комплексы сигналов, внешних аддитивных и мультипликативных помех на фоне внутриаппаратурных шумов и возмущающих воздействий.

Актуальность и содержательные аспекты понятия «схемотехничность алгоритма» как результатов системо-схемотехнической фазы с их влиянием на весь процесс разработки и вектор комплексной технологичности системы подробно излагаются в докладе, но из-за лимита текста тезисов представлены здесь фрагментом структурной схемы этого процесса и списком публикаций.

Тезисно акцентируем внимание на том, что синтез функционально оптимальных по помехоустойчивости алгоритмов на основе универсально единообразных моделей всевозможных по ТЗ сигнально-помеховых комплексов в радиолиниях и приемных трактах средств системы, принципиально приводя к структурам типовых многоканальных радиотехнических устройств, позволяет ранжировать эти каналы по возрастающей сложности с одновременным снижением вероятности их необходимости в алгоритме, что зависит от вероятностных свойств состава и компонент СПК при том, что схемотехничность

алгоритма в комплексной технологичности приемного тракта зависит, в частности, и от функциональности, и от сложности, и от относительной необходимости каждого канала.

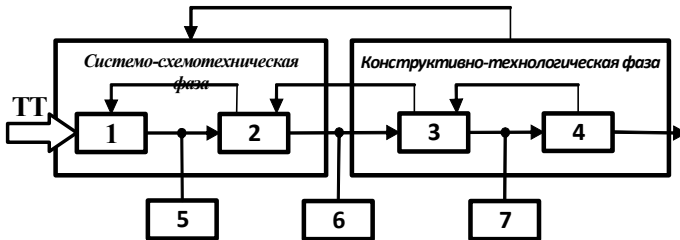


Рис. 1. Фрагмент структурной схемы процесса проектирования РЭА:  
1 – синтез алгоритмов; 2 – разработка схем; 3 – разработка конструкций;  
4 – разработка технологий; 5 – расчет схемотехнических алгоритмов;  
6 – расчет конструктивностей схем; 7 – расчет технологичностей конструкции

Это приводит ко множеству алгоритмов, в разной степени квазиоптимальных по функциональности, но с противоположной тенденцией квазиоптимальности по другим скалярным параметрам схемотехничности, порождая множество разноконструктивных схем.

Подчеркнем, что необходимые оценки схемотехничности в части функциональности возможны только при наличии универсально-единообразных форм и моделей всевозможных СПК и методик определения функциональности алгоритмов и соответствующих схем. Эти и другие положения доклада иллюстрируются примерами протиповых СПК.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.В., Чабдаров Ш.М. Показатели информационных и материальных технологий в комплексной технологичности средств телекоммуникаций. IX Международная научно-техническая конференция «Проблемы техники и технологии телекоммуникации». Сб. науч. тр. – Казань. КГТУ им. А.Н. Туполева, 2008.

2. *Чабдаров Ш.М.* Методические проблемы формирования понятий и методов обеспечения технологичности в комплексе «Радиосистема – схема – конструкция – технология». Тезисы докладов IV Всесоюзной научно-методической конференции «Актуальные проблемы совершенствования подготовки специалистов авиационного профиля». – МАИ, 1984.

3. *Чабдаров Ш.М., Феоктистов А.Ю., Файзуллин Р.Р.* Методы и математические модели единого системо- и схемо-конструкторско-технологического подхода к разработке радиоаппаратуры. Радиопромышленность. – № 4. – 1991.

4. *Алексеев А.В., Застела М.Ю., Сафонов В.Л., Чабдаров Ш.М.* Основы технологичности и конструктивности изделий радиоэлектроники: учебное пособие // под ред. М.Ю. Застела. – Казань, ЗАО «Новое знание», 2012 – 144 с.

**SIGNAL-INTERFERENCE COMBINATION  
DETERMINING INFLUENCE  
ON TELECOMMUNICATION RECIEVER  
PRODUCIBILITY**

*Alexeev A.V., Zaripov R.F., Fatykhov M.M., Semenov V.Yu.,  
Osama Deeb, Chabdarov Sh.M.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In this thesis, stochastic processes (with random composition of all sorts of signals, external additive and multiplicative interferences fluctuation against the background of internal noise and perturbation action) processing “algorithm circuitry” provision methods and ways evolution is shown.



# АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ АЛГОРИТМОВ СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ОРТОГОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

*Рахимов Д.Р., Надеев А.Ф.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Системы передачи данных на основе ортогонального частотно-го метода мультиплексирования каналов (на англ. OFDM) стали широко распространены сегодня для обеспечения высокоскоростного доступа мобильных терминалов. Особенностью систем на основе OFDM является использование множества поднесущих, которые взаимно ортогональны, для параллельной передачи информации. Длительность символа для системы на основе OFDM больше, чем в случае использования традиционной последовательной системы передачи, при условии одинаковой скорости данных. Это является одной из причин слабого влияния эффектов многолучевого распространения на качество передачи информации в системах с OFDM.

Процедура синхронизации является одним из этапов в последовательности обработки сигнала, который требует особого внимания при разработке системы связи. В настоящее время активно ведутся работы по созданию модификаций OFDM, при этом исследователи стараются найти способы упрощения процедуры синхронизации при сохранении её эффективности. Среди широко используемых алгоритмов синхронизации стоит отметить 3 основных – алгоритм Шмидла (Schmidl T.M., Cox D.C. Robust frequency and timing synchronization for OFDM), Ван Де Бека (Jan-Jaapvan de Beek, Magnus Sandell, Per Ola Börjesson, ML Estimation of Time and Frequency Offset in OFDM Systems) и Минна (H. Minn, M. Zeng, and V.K. Bhargava «On Timing Offset Estimation for OFDM Systems»).

Целью исследования является сравнение качества работы каждого из алгоритмов синхронизации при различных типах каналов передачи, наличии негауссовских помех и сторонних сигналов. Резуль-

таты исследования позволят лучше понять внутренние процессы происходящие в приёмнике при воздействии негауссовских помех и несистемных сигналов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Надеев А.Ф., Рахимов Д.Р., Зульхарнеев Р.Р.* Полигауссовский алгоритм различения сигналов на фоне негауссовских помех. Нелинейный мир. – Т. 12 – № 10. – 2014.

2. *Надеев А.Ф., Рахимов Д.Р., Щербачков Г.И.* Полигауссов алгоритм обработки OFDM-сигналов: Сборник трудов конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций-2014».

## THE ANALYSIS OF SYNCHRONIZATION ALGORITHMS TO THE INTERFERENCE IMMUNITY FOR OFDM BASED SYSTEMS

***Rakhimov D.R., Nadeev A.F.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Today, systems based on parallel transmission techniques are widely used. OFDM, that stands for Orthogonal Frequency Division Multiplexing, one of the frequently used methods, that allow transmit data in multiple streams. Among many challenges, the implementation of synchronization is one of the most important for overall effectiveness of communication system.

The work is about comparison of synchronization algorithms for OFDM based communication systems. We consider three frequently used algorithm under different communication channel conditions.

# АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ДОФОКУСИРОВКИ ОБЛУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

*Рахимов Д.Р., Надеев А.Ф.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Сегодня в околоземном пространстве функционируют сотни телекоммуникационных спутников. Среди них выделяется часть, расположенная на геостационарной орбите, которая обеспечивает телевидение. При этом из-за значительной удалённости спутника от поверхности земли (36000 км) на космическом аппарате устанавливают раскрывающиеся параболические антенны большого диаметра (10 и более метров), которые могут обеспечить требуемый коэффициент усиления сигнала (20-45дБ). Однако в процессе эксплуатации, поверхность антенны может деформироваться вследствие нагрева от солнечных лучей. Изменение профиля антенны от расчётного приводит к увеличению уровня боковых лепестков. Различают три вида деформаций: систематические, связанные с искривлением разных сегментов антенны, периодические, связанные с расположением несущих конструкций антенны, и случайные, связанные с изменениями небольших участков антенны.

Для устранения влияния деформаций рефлектора антенны на эффективность передачи радиосигналов используют антенную решётку, которая располагается рядом с фазовым центром параболической антенны. Каждый отдельный луч формируется с помощью семи элементного кластера излучателей. В процессе работы алгоритма, осуществляется анализ сигналов с наземных радиомаяков, для оценки искажений рефлектора. После оценки, осуществляется подстройка фазовых соотношений между сигналами, входящими в состав кластера для компенсации.

Для отработки функционирования алгоритма, был разработан программно-аппаратный комплекс, который базируется на инструментарии по разработке программно-определяемых радиосистем от компании National Instruments. Он состоит из 8-ми портового вектор-

ного анализатора сигналов NIPXIe 5663E, 8ми портового векторного генератора сигналов NIPXIe 5673 и программного обеспечения написанного в среде Lab View, которое реализует алгоритм оценки величины деформации и компенсации её величины с помощью подстройки фазовых соотношений между сигналами, формируемыми антенной решёткой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Надеев А.Ф., Чабдаров Ш.М., Хуснутдинов Т.М., Рахимов Д.Р., Зульхарнеев Р.Р.* Разработка прототипа маячкового ответчика системы вторичной радиолокации на базе технологии программно-определяемого радио. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – № 2-2. – 2013. – С. 148-153.

2. *Надеев А.Ф., Кузеев Р.Р., Рахимов Д.Р., Зульхарнеев Р.Р., Подкурков И.В., Титоренко Д.В., Ерофеев В.И.* Комплекс моделирования программно-определяемых радиосистем. Сборник трудов конференции «Нигматуллинские Чтения-2013». – С. 143-146.

## THE HARDWARE IMPLEMENTATION OF THE PATTERN DISTORTION COMPENSATION ALGORITHM

*Rakhimov D.R., Nadeev A.F.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In convenient spasebased communication systems, large foldable parabolic antennas are used. They suffer from deformations due to sun radiation.

The work describes the design of software-hardware complex for evaluation of the algorithm that estimate and compensate the influence of reflector deformations.

С Е К Ц И Я 4

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ  
СИСТЕМЫ СВЯЗИ**

УДК 621.372

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЭХО НА СОВРЕМЕННЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

***Иванов В.И.***

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Известно, что мешающее действие электрического эха определяется затуханием эхосигнала в канале и его задержкой относительно исходного речевого сигнала. Современные системы связи, в особенности, использующие высокоэффективные речевые кодеки, сотовую связь, а также сети пакетной передачи, характеризуются значительными задержками речевого сигнала; этим объясняется большая подверженность подобных систем действию эха по сравнению с традиционными системами передачи. Эксплуатация таких систем связи требует тщательного контроля над проявлениями эффекта электрического эха и принятия мер по борьбе с его действием. Значительно увеличилась доля каналов, требующих использования средств подавления эффекта электрического эха, за счет широкого использования на сетях связи цифровых методов обработки сигнала, связанных, главным образом, с блочным характером обработки. В частности, значительное распространение получили системы, использующие интерполяционные алгоритмы сжатия речи. На фиксированных сетях статус стандарта де-факто приобрел алгоритм CS-ACELP, обеспечивающий восьмикратное сжатие речи с незначительной потерей качества, а на сетях мобильной связи – GSM 06.10, реализуемый близкими к CS-ACELP процедурами и обладающий похожими свойствами.

Появились новые способы и средства передачи телефонных сообщений, выдвинувшие IP – телефонию на лидирующие позиции по степени мешающего воздействия эффекта электрического эха. Стремление к экономии средств и к передаче максимально возможного трафика при имеющейся пропускной способности шлюзов в сеть общего пользования заставляет операторов использовать максимальную емкость буфера сбора пакетов, часто усугубляя картину передачи сжатием речи по алгоритму CS-ACELP. Естественно, подобные меры приводят к увеличению времени распространения сигналов, и, как следствие, к необходимости применения ЭПУ. Надо сказать, что не существует точной оценки качества ни речевого, ни телевизионного сигнала, поскольку оно зависит от восприятия человека, т.е. такая оценка в значительной степени субъективна [2]. На помощь приходит статистика. Например, для оценки качества речи была предложена средняя экспертная оценка (MeanOpinionScore, MOS). Она формируется на основе большого числа испытаний, в каждом из которых участвует множество экспертов. Возможные значения MOS находятся в пределах от 1 до 5. Средний показатель с цифрой 4 соответствует хорошему качеству речевого соединения, менее 3,5 означает неудовлетворительное качество. На рис. 1 приведены логические оценки качества телефонного сигнала, соответствующие разным областям значений MOS. Оценивать можно и с помощью коэффициента R в процентах. Если R превышает 93 %, значит, качество передачи телефонного сигнала хорошее. Абонент замечает ухудшение качества при значениях R менее 70 %.

Время задержки при передаче речевого сигнала можно отнести к одному из трех уровней: – первый уровень до 200 мс – отличное качество связи. Для сравнения, в телефонной сети общего пользования допустимы задержки до 150- 200 мс; – второй уровень до 400 мс – считается хорошим качеством связи. Но если сравнивать с качеством связи по сетям ТфОП, то разница будет видна. Если задержки постоянно удерживаются на верхней границе 2-го уровня (400 мс), то не рекомендуется использовать эту связь для деловых переговоров;- третий уровень до 700 мс – считается приемлемым качеством связи для ведения неделовых переговоров. Такое

качество связи возможно при передаче пакетов по спутниковой связи. Суммарные задержки при использовании IP-телефонии обычно находятся в пределах 150-200 мс [3].

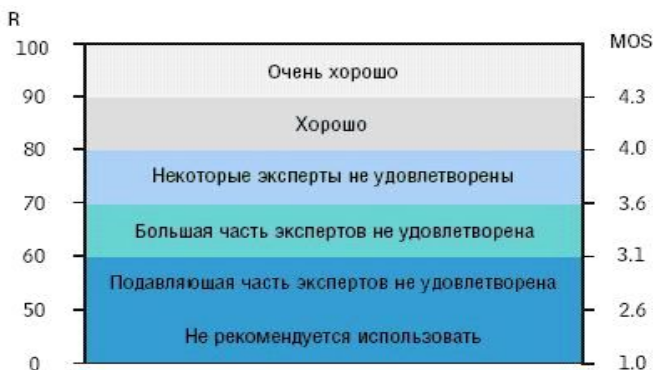


Рис. 1. Оценки качества телефонного сигнала

Анализируя данные рис. 1 и приведенные выше уровни с допустимыми задержками возникает вопрос, – как и каким образом, появились эти данные. Абонентов, ведущих разговор по телефонному каналу, не интересует, какая технология используется для организации телефонного разговора. Исследования, проведенные по оценке мешающего действия токов электрического эхо на ведение телефонного разговора показали, что: 1. Отличное качество, если процент абонентов, испытавших затруднения при разговоре не превышает 12,5 %; 2. Хорошее качество, если процент абонентов, испытавших затруднения при разговоре не превышает 25 %; 3. Удовлетворительное качество, если процент абонентов, испытавших затруднения при разговоре не превышает 50 %; 4. Неудовлетворительное качество, если процент абонентов, испытавших затруднения при разговоре превышает 50 %.

На рис. 2 приведены величины суммарной задержки на R – фактор и некоторые результаты влияния токов эхо на качество связи.

Как видно эти результаты очень сильно отличаются. С точки зрения подавления токов эхо практически все каналы IP – Телефонии должны оборудоваться эхоподавляющими устройствами.



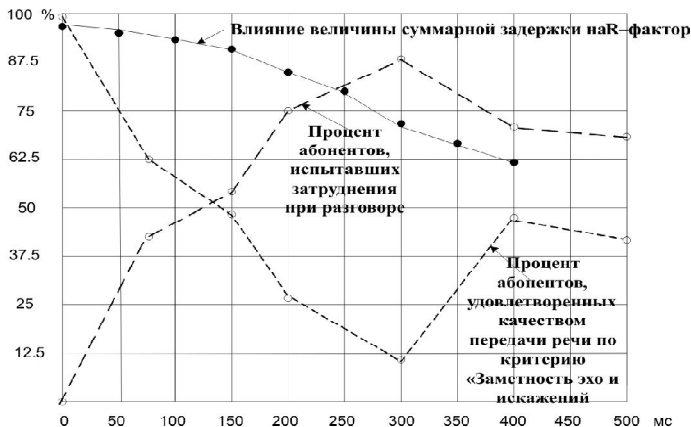


Рис. 2. Величины задержки на  $R$  – фактор и результаты влияния токов эхо на качество связи

В целом, можно сказать, технологии, использующие пакетную коммутация для передачи телефонных разговоров ждет не самое блестящее будущее.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ возможности использования алгоритмов пакетной передачи речи в сетях передачи данных IP и Frame Relay panurov@mail.ru
2. Гольдштейн Б.С. IP-телефония / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
3. Росляков А.В. IP-телефония / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шibaева. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 250 с.

## ELECTRIC ECHO IN MODERN OPTICAL NETWORKS

*Ivanov V.I.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation)*

The results of impact assessment of electric echo currents and deceleration time in the actual channels and channels with packaged switching are set out.

## **АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ**

*Султанов А.Х., Бессонова Ю.О.*

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
авиационный технический университет)*

На сегодняшний день в оптических системах связи возрастает спрос на пропускную способность каналов связи благодаря стремительному развитию Глобальной сети и увеличению количества передаваемой информации. Для увеличения скорости передачи информации в оптическом волокне, протяженности линий связи и числа длин волн, передаваемых по одному волокну, изменяется уровень оптической мощности. Мощный уровень сигнала и ограниченная эффективная область волокна вызывают нелинейные эффекты в оптическом волокне.

С увеличением уровня мощности и числа оптических каналов, нелинейные эффекты в оптическом волокне становятся проблемным фактором в системах передачи. Нелинейность приводит к генерации новых частот и обмену энергией между различными спектральными составляющими. Существенное отличие нелинейного режима от линейного заключается в том, что при линейном режиме спектр сигнала в световоде, вдали от резонансных частот поглощения, остается практически неизменным.

К нелинейным эффектам относятся нелинейное преломление (частным случаем которого является фазовая самомодуляция и фазовая кросс-модуляция), четырехволновое смешение (частным случаем которого является генерация третьей гармоники), вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) и вынужденное рассеяние Мандельштама–Бриллюэна (ВРМБ) [1].

Нелинейное преломление обусловлено параметрическими эффектами (мгновенными и локальными). Фазовая самомодуляция (ФСМ) – возникновение самонаведенного набега фазы, который приобретает световой импульс при распространении в волоконном све-

товом. Фазовая самомодуляция вызывает набег фазы оптического импульса, зависящий от интенсивности и возрастающий по мере распространения импульса в оптоволокне. Основной проблемой этого нелинейного эффекта является то, что действие фазовой самомодуляции приводит к непрерывной генерации новых частотных компонент по мере распространения импульса по световоду, вызывая симметричное уширение спектра.

Фазовая кросс-модуляция (ФКМ) – это нелинейный эффект, заключающийся в том, что если по световоду распространяются две или более оптические волны, то эффективный показатель преломления какой-либо волны зависит не только от интенсивности самой этой волны, но и от интенсивности других волн, распространяющихся с ней совместно. Основная проблема: ФКМ вызывает асимметричное спектральное уширение совместно распространяющихся импульсов с характерной многопиковой структурой в центральной части спектра [1]

Четырехволновое смещение (ЧВС) возникает, если как минимум два различных по частоте пучка распространяются вместе в нелинейной среде. При этом возникает модуляция показателя преломления на разностных частотах, что приводит к появлению двух дополнительных частотных компонент. Понизить ЧВС можно с помощью хроматической дисперсии, при использовании стандартного одномодового оптического волокна.

Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) связано с возбуждением новых колебательных и, в меньшей степени, вращательных энергетических уровней частиц среды.

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) – процесс неупругого рассеяния света на акустических фонах, генерируемых за счет взаимодействия падающей и стоксовой волн, при этом рассеянное излучение играет активную роль и лавинообразно нарастает.

В табл. 1 представлен анализ нелинейных эффектов в оптическом волокне, причины их возникновения и способы уменьшения их влияния на передачу информации.

## Нелинейные эффекты в оптическом волокне

| Нелинейный эффект                                  | Причина возникновения  | Влияние на передачу информации  | Способы уменьшения влияния   |
|--|--|---|--|
| Фазовая самомодуляция (ФСМ)                        | Возникновение самонаведенного набега фазы, который приобретает световой импульс при распространении в волоконном световоде   | Непрерывная генерация новых частотных компонент по мере распространения импульса по световоду, симметричное уширение спектра.                             | Использование оптического волокна со смещённой дисперсией  |
| Четырёх-волновое смещение (ЧВС)                    | Возникновение модуляции показателя преломления на разностных частотах  | Появление двух дополнительных частотных компонент   | Уменьшение с помощью хроматической дисперсии и использовании стандартного одномодового оптического волокна и использование волокна с высоким коэффициентом хроматической дисперсии |
| Фазовая кросс-модуляция (ФКМ)                      | Эффективный показатель преломления какой-либо волны зависит не только от интенсивности самой этой волны, но и от интенсивности других волн, распространяющихся с ней совместно | Возникновение симметричное спектральное уширение совместно распространяющихся импульсов с характерной многопиковой структурой в центральной части спектра | Использование оптического волокна со смещённой дисперсией  |
| Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР)         | Связано с возбуждением новых колебательных и вращательных энергетических уровней частиц среды  | Возникновение оптических перекрестных помех   | Хроматическая дисперсия уменьшает вынужденное комбинационное рассеяние, также необходимо изменение мощности сигнала  |
| Вынужденное рассеяние Манделштама-Бриллюэна (ВРМБ) | Рассеяние света на акустических фонах, генерируемых за счет взаимодействия падающей и стоксовой волн   | Ухудшает эффективность передачи основного сигнала, ограничивает мощность полезного распространяющегося сигнала  | Сохранение большой спектральной ширины сигнала, а также использование волокна с большей эффективной площадью или волокна со специально сконструированной сердцевинной              |

Проанализировав нелинейные эффекты можно отметить, что при увеличении протяженности каналов связи и мощности передаваемых сигналов в волоконно-оптических системах передачи необходимо проводить оценку влияния нелинейных эффектов, возникающих в оптических волокнах компенсировать их для более качественной передачи информации по оптическому волокну.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин В.Г., Наний О.Е.* Основы нелинейной волоконной оптики \Электронный ресурс: [http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/126\\_Voronin-Nanij\\_Osnovy-optiki\\_2011.pdf](http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/126_Voronin-Nanij_Osnovy-optiki_2011.pdf)
2. *Булгакова С.А., Дмитриев А.Л.* Нелинейно-оптические устройства обработки информации: учебное пособие. – СПб., 2009.

## **НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ПОЛУВЕКОВОЙ ИСТОРИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

*Бурдин В.А.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Прошло более 50 лет с тех пор, как в 1966 г К.Ч. Као и Дж.А. Хокхем в своей теперь знаменитой статье показали возможность создания оптического волокна из кварцевого стекла с затуханием менее 20 дБ/км и перспективы применения его в телекоммуникациях. В 1976 году была создана первая промышленная установка по производству волокна. А уже в мае 1977 году компания Белл Систем начала передавать телефонный трафик по оптическому волокну со скоростью 45 Мбит/с в Чикаго.

Таким образом, в этом году мы отмечаем сорокалетие работы оптических волокон на сетях связи. Вместе с тем приходится констатировать, что на современном этапе развития инфокоммуникационных технологий стандартные одномодовые оптические волокна практически исчерпали свой ресурс увеличения пропускной способности.

Возможности волоконно-оптических линий передачи с одномодовыми оптическими волокнами приближаются к так называемому «нелинейному пределу Шредингера». В докладе представлен анализ изменений требований, предъявляемых к телекоммуникационным оптическим волокнам на разных стадиях развития сетей связи. Анализ основных потребностей в оптических волокнах на современном этапе. Предпринята попытка прогноза требований к оптическим волокнам на телекоммуникационных сетях будущего.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Jordan W.G.* Optical Fiber Market Trends// Proceedings of the 64th IWCS Conference, 2015. – P. 1-4.

2. *Mack R.* 400 Million km: Where in the World is All that Fiber Going?// Proceedings of the 65th IWCS Conference, 2016. – P. 1.

## **SOME RESULTS OF THE 50TH YEARS OF HISTORY OF TELECOMMUNICATION OPTICAL FIBERS**

***Burdin V.A.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The report presents an analysis of changes in the requirements for telecommunication optical fibers at different stages of the development of communication networks. Analysis of basic needs in optical fibers at the present stage is submitted. An attempt is made to forecast the requirements for optical fibers on telecommunications networks of the future.

## ОЦЕНКА ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ-ШУМА ДЛЯ КОГЕРЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СВЯЗИ

*Ибрагимов Р.З., Фокин В.Г.*

*(ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет  
телекоммуникации и информатики)*

Современные системы связи получили существенный прирост в скорости с момента коммерческого внедрения многоуровневых форматов модуляции (DP-QPSK, DP-16QAM), что позволило реализовать передачу на скорости более 100 Гбит/с в стандартной DWDM сетке [1-2].

По этой причине возникает задача максимально точно оценить работоспособность оптической линии, так как отношение сигнал-шум в конфигурации «back-to-back» растет при переходе к более сложным квадратурным форматам модуляции ( $OSNR_{\text{БТВ}}$ ). Традиционный подход к оценке  $OSNR$  согласно рекомендации G.680 не предусматривает влияния нелинейных шумов, возникающих в каналах связи.

Поэтому для когерентных систем связи при работе с блоками компенсации хроматической дисперсии используется GN-модель, которая позволяет учитывать влияние нелинейности в оптической линии связи.

При переходе на гибкий частотный план в DWDM-линии с перестраиваемыми оптическими мультиплексорами ввода-вывода (ROADM), вносящими существенные дополнительные потери, возникает необходимость исследования влияния на качество сигнала перекрестных помех между каналами с разнородной нагрузкой, формы огибающей оптического фильтра и вносящих искажения в оптический сигнал сетевых элементов [3].

Модельное исследование такого влияния было проведено в данной работе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ghazisaeidi A. et al.* OFC 2013, paper OTu3B.6.
2. *Rahman T. et al.* IEEE Photon. Technol. Lett. – Vol. 26, no. – 2 p. 154-157, 2014.
3. *Pan J. et al.* OFC 2016, paper W2A.49.



## ПОДХОД К ПОДКЛЮЧЕНИЮ СЕГМЕНТА X-PON К ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ

*Виноградова И.Л., Загитов Т.Р.*

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
авиационный технический университет)*

Работа посвящена развитию подхода к полностью оптическому преобразованию сигнала, передаваемого «вниз» из высокоскоростной магистрали в сегмент xPON, и обратно.

Сегодня скоростные телекоммуникационные магистрали строятся на основе волоконно-оптических технологий DWDM/HDWDM и, как правило, QPSK-передачи. Для абонентских подключений используются сегменты пассивных оптических сетей xPON, основанных в большинстве случаев на спектральном уплотнении CWDM и RZ/NRZ-сигналах. Следовательно, для передачи как «вниз» так и «вверх» (рис. 1), требуется либо электронный «посредник», соответствующий современным стандартам, либо новый оптический блок. Поэтому разработка функциональной схемы полностью оптического блока-посредника Superchannel-DWDM/HDWDM/ QPSK↔xPON-CWDM/RZ/NRZ является актуальной технической задачей

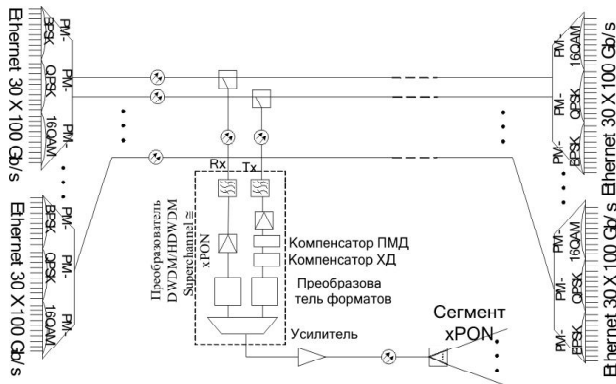


Рис. 1. Схема подключения PON↔Superchannel

Такой блок-посредник в спектральном канале преобразования должен содержать: схему спектральной фильтрации оптических сигналов, основанную на применении когерентных фильтров для передачи «вниз» и некогерентных фильтров для передачи «вверх». Далее необходимо использовать схему преобразования длин волн вида  $\lambda_1 \rightarrow \lambda_2$ , основанную на эффекте параметрического преобразования спектра [1], и средства компенсации остаточных хроматической и поляризационно-модовой видов дисперсии. В сигнально-временном канале преобразования указанный блок должен содержать: схему преобразования длительности импульсов, схему преобразования формы импульсов вида «непрерывный/гармонический» сигнал и наоборот в зависимости от передачи «вверх» или «вниз», и также корректор фазовых состояний импульсов – для подстройки фаз QPSK-модулированных сигналов из сегмента xPON под передаваемый магистральный сигнал. Модификации рассматриваемого блока могут найти применение и в других задачах полностью оптического преобразования сигнальных форматов.

*Работы выполнены при поддержке Мин. образования и науки РФ в рамках базовой части ГЗ, № 240/8.5623.2017/ВУ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Agrawal G.P.* Nonlinear fiber optics. – Boston: Academic Press, 2009. – P. 466.

## APPROACH TO CONNECTING X-PON SEGMENT TO HIGH SPEED NETWORK

*Vinogradova I.L., Zagitov T.R.*

*(Ufa State Aviation Technical University)*

The work is devoted to the development of the approach to all optical signal's conversion transmitted «down» from the high-speed network to the xPON segment, and back.

## ПОЛНОСТЬЮ ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

*Виноградова И.Л., Кутлиева Г.Р.*

*(ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
авиационный технический университет)*

Работа посвящена построению и анализу работоспособности схемы полностью оптической подстройки частотной синхронизации. Рассчитаны параметры схемы и выполнено сравнение с электронным аналогом.

Все большее количество связанного оборудования ориентировано на решение задач на уровне физической линии, т.е. полностью оптическим методом, включая фазовую подстройку частоты, рис. 1.

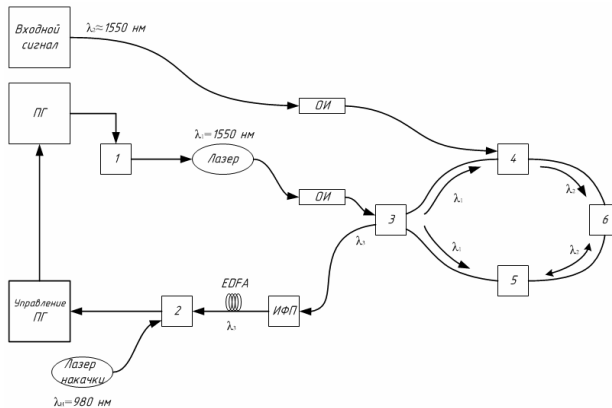


Рис. 1. Схема устройства подстройки:

ПГ – генератор; 1 – драйвер лазера для ПГ; 2 – 5 – средства управления;  
6 – усилитель; ИФП – фильтр; ОИ – изолятор

Предложена полностью оптическая схема подстройки, работа которой основана на генерировании оптического сигнала ошибки в результате параметрического взаимодействия [1] оптических сигнала-

лов: внутреннего (от подстраиваемого генератора, ПГ на рис. 1) и внешнего (приходящего из сегмента сети). Выполнен расчет технических параметров устройства – времени задержки сигнала, и времени захвата сигнала. Установлено, что время задержки сигнала определяется в основном временем прохода сигнала по петле  $T_{\text{пр}}$ . В случае длины последней  $\approx 1$  м и коэффициенте выхода  $\approx 0,5$  расчеты показали  $T_{\text{пр}} \approx 31$  нс (время срабатывания оптического фильтра не превосходит нескольких фемтосекунд). Уменьшить величину  $T_{\text{пр}}$  можно сократив длину петли и увеличив коэффициент выхода, в общей сложности до величин порядка  $10^{-10} \div 10^{-11}$  с. Время захвата сигнала также может варьироваться в значительных пределах – от  $10^{-8}$  до  $10^{-10}$  с. В отличие от электронных схем фазовой автоподстройки частоты, данная схема является существенно более быстрой действующая, совместима с полностью оптическими технологиями в связи, а также позволяет достаточно эффективно работать с широкополосными сигналами.

*Работы выполнены при поддержке Мин. образования и науки РФ в рамках базовой части ГЗ, № 240/8.5623.2017/ВУ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Agrawal G.P.* Nonlinear fiber optics. – Boston: Academic Press, 2009. – P. 466.

## ALL OPTICAL DEVICE FOR FREQUENCY SYNCHRONIZATION

*Vinogradova I.L., Kutlieva G.R.*

*(Ufa State Aviation Technical University)*

The work is devoted to the construction and analysis of the operability of the scheme of all optical tuning of frequency synchronization. The circuit parameters are calculated and compared with the electronic analog.

С Е К Ц И Я 5

**АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ  
СИСТЕМЫ**

## **ПЛОСКАЯ СКАНИРУЮЩАЯ АНТЕННА ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНЫ ДИАПАЗОНА СВЧ**

*Кузнецов А.В.*

*(Воронежское центральное конструкторское бюро  
радиосвязи «Полюс»)*

В радиолокационных устройствах различного назначения, например, в радарх систем обеспечения безопасности автомобилей находят применение многолучевые антенны, обладающие диаграммой направленности (ДН) с несколькими переключаемыми или одновременно формируемыми главными лепестками [1]. Наиболее простыми многолучевыми антеннами являются плоские решетки полосковых или щелевых излучателей, возбуждаемые с помощью какой-либо диаграммообразующей системы (ДОС), в частности, в виде матрицы Батлера или полосковой линзы Ротмана [2, 3], рис. 1.

При этом плоская решетка представляет собой объединение нескольких линейных решеток, работающих в режиме бегущей волны. В силу известных ограничений в отношении коэффициента полезного действия (КПД) таких антенн оказывается существенно ограниченным и их максимальный коэффициент усиления.

Другим вариантом многолучевой антенны может служить плоская антенна вытекающей волны (АВВ) на основе структуры в виде диэлектрического волновода с периодической решеткой из металлических полосок. АВВ по сравнению с микрополосковыми антенными решетками обладают более высоким КПД и легко модифицируются для работы с центральным питанием и эффективным излучением по

нормали к плоскости раскрыва [4]. Кроме того, такие антенны могут иметь несколько входов (рис. 1) и использоваться в режиме с дискретным однокоординатным сканированием или с многолучевой ДН [2].

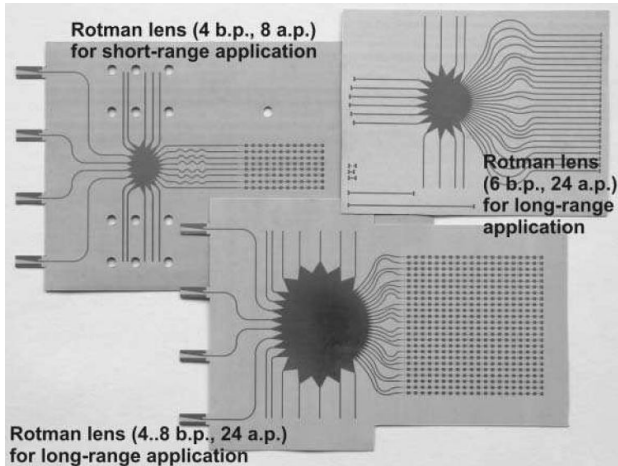


Рис. 1. Примеры многолучевых полосковых антенных решеток с ДОС в виде линзы Ротмана

На рис. 2, а показан пример плоской АВВ с восемью входами, рассчитанной для работы в полосе частот 24-24,5 ГГц с коэффициентом усиления 25-26 дБ [2]. При синфазном возбуждении всех входов направление максимального излучения совпадает с осью OZ.

При использовании управляемых фазовращателей на входах можно обеспечить сканирование ДН в плоскости YOZ в пределах определенного углового сектора  $2\theta$ . Примеры нормированных ДН по напряженности электрического поля в режиме сканирования на частоте 24,125 ГГц в пределах  $\pm 18^\circ$  относительно нормали к плоскости раскрыва антенны показаны на рис. 1, б. При равноамплитудном возбуждении всех входов, в случае сканирования ДН в секторе  $36^\circ$  при размерах раскрыва  $80 \times 80 \text{ мм}^2$  ширина ДН по уровню  $-3 \text{ дБ}$  составляет около  $9^\circ$ , а уровень боковых лепестков ДН не превышает  $-13 \text{ дБ}$ .

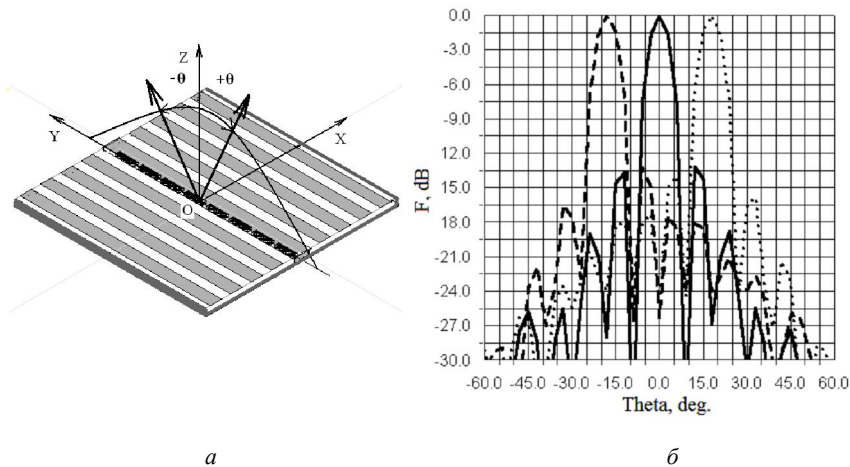


Рис. 2. Плоская АВВ с восемью входами

При возбуждении входов с помощью ДОС в виде матрицы Батлера ( $8 \times 8$ ) можно обеспечить как дискретное переключение ДН в одно из восьми возможных положений, так и формирование восьми независимых ДН для восьми каналов передачи (приема).

Такой вариант построения сканирующей (многолучевой) АВВ представляется весьма перспективным в плане построения новых эффективных антенн СВЧ- и особенно КВЧ-диапазонов для использования в радарх систем обеспечения безопасности автотранспорта, комплексов контроля дорожного движения, а также устройств охраняемых систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Menzel W. Antenna Concepts for Millimeter-Wave Automotive Radar Sensors / W. Menzel, A. Moebius // *Proc. IEEE*. – 2012. – V. 100. – N. 7. – Pp. 2372-379.
2. Ерошенко Д.А. Плоская антенна вытекающей волны СВЧ диапазона с однокоординатным сканированием на фиксированной частоте / Д.А. Ерошенко, А.И. Климов // *Охрана, безопасность, связь* –



2013: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 28 ноября 2013 г.). – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2013. – С. 239-241.

3. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов / Д.И. Воскресенский [и др.]; под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744 с.

4. *Nechaev Ju. B.* Planar Leaky-Wave Antenna Arrays for Millimeter Wave Application / Ju. B. Nechaev, D. N. Borisov, A. I. Klimov / Recent Advances in Circuits, Systems, Telecommunications and Control: Proceedings on the 1<sup>st</sup> WSEAS International Conference on Wireless and Mobile Communication Systems (WMCS'13), Paris, France, 29-31 Oct., 2013. – P. 85-89.

## **PLANAR SHF-BAND BEAM SCANNING LEAKY WAVE ANTENNA**

*Kuznetsov A. V.*

# ПЛОСКИЕ АНТЕННЫ ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНЫ СВЧ И КВЧ С ПОНИЖЕННЫМ УРОВНЕМ БОКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Кузнецов А.В.*

*(Воронежское центральное конструкторское бюро  
радиосвязи «Полюс»)*

В числе компактных антенн с высоким коэффициентом усиления (28-30 дБ) для приемопередатчиков систем радиосвязи, охраняемых систем и радиолокационных устройств диапазона миллиметровых волн заслуживают внимания антенны вытекающей волны (АВВ) на основе структур в виде плоского диэлектрического волновода с полосковой дифракционной решеткой (ДР) и устройством параллельно-последовательного возбуждения поверхностных волн в волноводе [1]. Устройство возбуждения может быть выполнено в виде гребенчатой полосковой линии (ГПЛ) или волноводно-щелевого делителя мощности (ВЩДМ), интегрированного с диэлектрическим волноводом. Однако такие антенны характеризуются довольно высоким, в среднем – (13-15) дБ, уровнем боковых лепестков (УБЛ) диаграммы направленности (ДН) [1]. В то же время, известен способ снижения УБЛ ДН антенн, основанный на формировании амплитудного распределения тока (поля) в раскрыве, спадающего по определенному закону в поперечных относительно центра раскрыва к его краям направлениях [2, 3]. Например, довольно простым распределением такого типа, обеспечивающим УБЛ ДН не выше – 20 дБ при синфазном возбуждении раскрыва (ширина ДН антенны длиной  $L$  определяется выражением  $\theta_{0,5} \approx 58,4^\circ \lambda/L$ ) и высокий коэффициент использования ( $\nu = 0,935$ ), является распределение вида «косинус на пьедестале» с  $\Delta = 0,316$ .

Для синтеза АВВ с центральным питанием может быть применена методика формирования заданного амплитудного распределения поля в раскрыве за счет изменения коэффициента вытекания (ослабления) а волн, распространяющихся в ПДВ и ГПЛ в направлениях  $\pm OX$  и  $\pm OY$ . В [2] показано, что продольное распределение ко-

коэффициента ослабления волны питания за счет излучения из непрерывной структуры длиной  $L$  (без учета тепловых потерь) описывается выражением

$$\alpha(z) = \frac{1}{2} \frac{|A(z)|^2}{\int_z^L (|A(z)|^2) dz + \frac{P_L}{P_0 - P_L} \int_0^L (|A(z)|^2) dz},$$

где  $A(z)$  – требуемое амплитудное распределение в раскрыве АВВ;  $P_0 = 1$  – мощность на входе;  $P_L$  – мощность в конце антенны, задаваемая с учетом выбранного значения коэффициента полезного действия (КПД). В дискретной структуре вытекающей волны изменение коэффициента ослабления реализуется путем варьирования ширины полосок ДР и шага их расположения.

Данная методика апробирована на примерах синтеза плоских АВВ для диапазонов 24 и 60 ГГц, рассчитанных на получение коэффициента усиления порядка 26-28 дБ.

Так, в случае антенн диапазона 24 ГГц за счет оптимизации как собственно излучающего раскрыва, так и устройств возбуждения на основе ГПЛ или ВЦДМ УБЛ ДН в Е-плоскости ( $XOZ$ ) снижается до  $-21,5$  дБ, в Н-плоскости ( $YOZ$ ) –  $23,2$  дБ, причем в полосе 23,8-24,4 ГГц УБЛ ДН в обеих плоскостях не превышает  $-20$  дБ. Пример построения антенна с ВЦДМ показан на рис. 1 [1], на котором обозначено: 1 – экранированный ПДВ; 2 – элементы полосковой дифракционной решетки (ДР); 3 – центральная полоска ДР с короткозамыкающими перемычками 4, образующая переменnofазный волноводно-щелевой делитель мощности – устройство возбуждения поверхностных волн в ПДВ; 5 – короткозамыкающие элементы делителя мощности; 6 – отражающие металлические бортики; (7 – направление максимального излучения антенны – главного максимума ДН). ВЦДМ выполняется по технологии SIW (Substrate Integrated Waveguide).

В случае антенн аналогичных конструкций диапазона 60 ГГц в результате применения описанной выше методики УБЛ ДН в Е-плоскости ( $XOZ$ ) был снижен до  $-28$  дБ, в Н-плоскости ( $YOZ$ ) до  $-20$  дБ.

В полосе 60-61 ГГц УБЛ ДН в обеих плоскостях не превышает – 19 дБ. При этом для плоской АВВ с размерами раскрыва  $AЧВ = 59 \times 59 \text{ мм}^2$  на частоте 60,5 ГГц значение КНД  $D$  составило 29,8 дБ, т.е. коэффициент использования поверхности (КИП) составил 0,531 (максимальное теоретическое значение  $0,935 \times 0,75 = 0,701$ ). Коэффициент усиления  $GR$  с учетом рассогласования по входу на частоте 60,5 ГГц 29,3 дБ, следовательно, эффективность антенны оказалась равной 0,525. Ширина ДН в Е- и Н-плоскостях  $\sim 6^\circ$ .

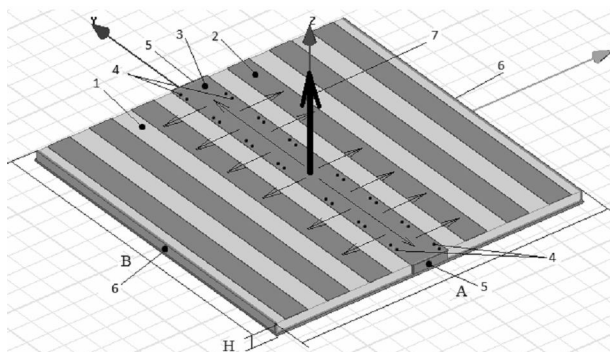


Рис. 1. Плоская АВВ с волноводно-щелевым делителем мощности

Приведенные выше результаты позволяют сделать вывод, что использованная методика снижения УБЛ ДН плоских АВВ, предполагающая коррекцию амплитудного распределения поля в излучающем раскрыве за счет варьирования коэффициента ослабления в двух ортогональных направлениях, дает приемлемый для практики результат. Дополнительное улучшение характеристик плоских АВВ может быть достигнуто, например, при варьировании не только ширины, но и шага расположения элементов полосковых подрешеток общей ДР для улучшения фазирования излучения вдоль нормали к раскрыву антенны [3].

Таким образом, плоские антенные решетки вытекающей волны, рассчитанные для работы в режиме нормального излучения, позволяют формировать диаграммы направленности с низким уровнем

боковых лепестков и поэтому представляются перспективными для использования в приемопередающей аппаратуре различных радиосистем диапазонов СВЧ и КВЧ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модификации плоских антенных решеток вытекающей волны / Д.А. Ерошенко, Д.Н. Борисов, А.И. Климов, Ю.Б. Нечаев / XI Международная IEEE Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2015, Омск: 21-23 мая 2015. – 5 с.

2. *Уолтер К.* Антенны бегущей волны / Под ред. А.Ф. Чаплина. – М.: Энергия, 1970. – 448 с.

3. *Encinar J.A.* Analysis and CAD Techniques for Periodic Leaky-Wave Printed Antennas: Numerical and Experimental Results / J.A. Encinar // Int. Journal of Microwave and Millimeter-Wave Computer-Aided Engineering, 1994. – No 1. –V. 4. – P. 88-99.

## **PLANAR SHF AND EHF LEAKY WAVE ANTENNA ARRAYS WITH REDUCED SIDE RADIATION LEVEL**

*Kuznetsov A. V.*

## ПЕЧАТНАЯ ДИРЕКТОРНАЯ АНТЕННА С КОНЦЕВЫМ ПИТАНИЕМ ДИПОЛЬНОГО ВОЗБУДИТЕЛЯ

*Горбачев А.П., Бухтияров Д.А.*

*(Новосибирский государственный  
технический университет)*

Известно [1], что директорные антенны широко применяются в радиотехнических и телекоммуникационных системах как линейно поляризованные излучатели электромагнитной энергии. В связи с современной тенденцией к миниатюризации компонентов и узлов по-прежнему актуальны вопросы разработки директорных антенн, обладающих малыми габаритно-массовыми показателями, а также приемлемыми характеристиками согласования и направленности.

В свете изложенного, в работе предлагается новая структура печатной директорной антенны с дипольным возбудителем. В отличие от ранее опубликованных работ, в предлагаемой антенне возбуждающие напряжения подаются с выходов печатного противofазного равноамплитудного делителя мощности не на смежные клеммы диполя, а на его удалённые концы (рис. 1). В результате центральная область фольгированной прямоугольной диэлектрической заготовки из материала ФАФ-4 ( $\epsilon_r = 2,5$ , толщина 1,5 мм) свободна от каких-либо проводящих фрагментов в области смежных клемм диполя. Это способствует снижению уровня входного коэффициента стоячей волны и интенсивности кросс-поляризационного излучения в направлении главного максимума диаграммы направленности.

На лицевой стороне подложки (рис. 1, а) расположены директор и дипольный возбудитель, представляющие собой узкие вытянутые прямоугольные печатные проводники, а также пара подводящих линий, питающих диполь на его удалённых концах.

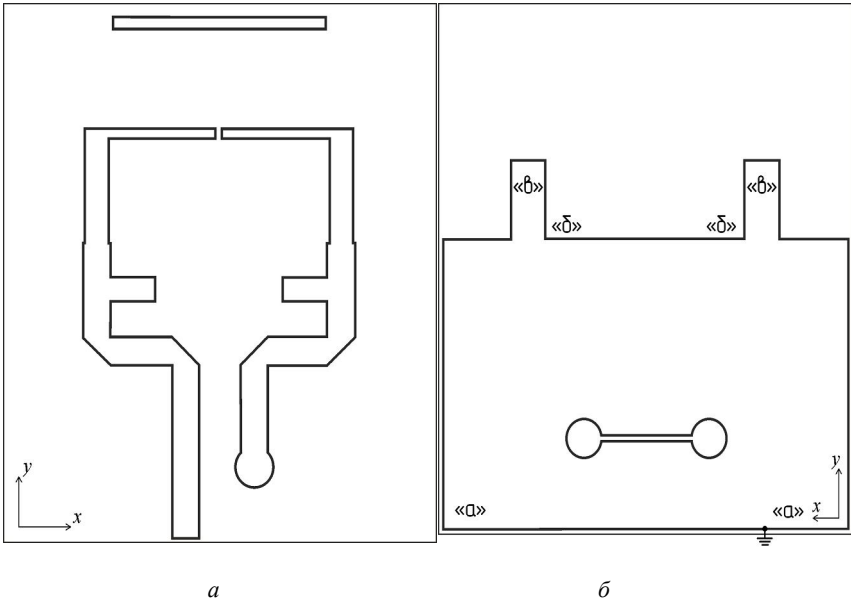


Рис. 1. Топология печатной директорной антенны с концевым питанием возбуждителя:  
*а* – лицевая сторона топологии, *б* – обратная сторона топологии

Кроме того, на лицевой стороне выполнены входная линия, соединённая с центральным проводником (жилой) коаксиального кабеля, питающего антенну.

Наружный заземлённый проводник кабеля (оплётка) соединён с нижней кромкой «а» – «а» заземлённого печатного фрагмента обратной стороны подложки (рис. 1, *б*), верхняя кромка «б» – «б» которого между пьедесталами «в» – «в» играет роль рефлектора.

Противофазный равноамплитудный делитель мощности выполнен на основе микрополосковых и щелевых линий и рассчитан на центральную частоту 3,15 ГГц по материалам работы [2].

В результате моделирования и оптимизации были получены вполне приемлемые характеристики согласования и направленности (рис. 2).

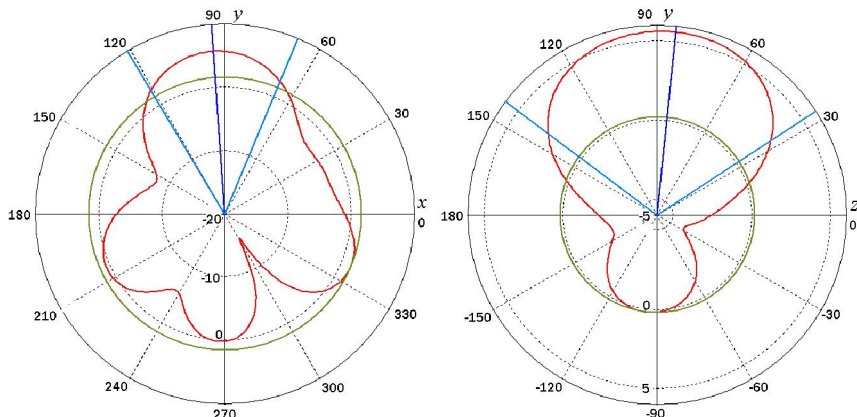


Рис. 2. Диаграммы направленности директорной антенны в плоскостях электрического (а) и магнитного (б) векторов

**Выводы:** разработана печатная директорная антенна с концевым питанием дипольного возбуждителя, имеющая улучшенные показатели эксплуатационной и производственной технологичности. Экспериментальные результаты подтвердили основные положения теории и достижение согласования с  $K_{ст.У}$  не хуже 1,3.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решёток / Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744 с.

2. *Bialkowski M.E., Abbosh A.M.* Design of a compact UWB out-of-phase power divider // IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 17, no. 4. – Pp. 289-291, Apr. 2007.

## A PRINTED QUASI-YAGI ANTENNA WITH ENDS-FED DIPOLE DRIVER

*Gorbachev A.P., Bukhtiyarov D.A.*

A printed quasi-Yagi antenna with ends-fed dipole driver is proposed in the article. The antenna topology was design using novel approach



to excite the dipole radiator at its external ends. It means that the geometrical sizes of the printed fragments are determined through the full-wave simulation and corresponding optimization. Consequently this quasi-Yagi antenna can help to reduce the sizes of telecommunication systems and simplify its adjustment. As a result of design, graphs of radiation patterns are presented.

## **ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ МЕТАМАТЕРИАЛОВ**

*Клюев Д.С., Коршунов С.А., Нещерет А.М.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время существует актуальная научная задача по разработке микрополосковых антенн (МПА) с улучшенными массогабаритными и электрическими характеристиками. Анализ современной литературы показывает, что многообещающим подходом к созданию МПА нового поколения является применение в их конструкции метаматериалов. Использование метаматериалов в антенной технике позволяет сократить их габариты, повысить коэффициент усиления, обеспечить лучшее согласование, улучшить развязку между излучателями в антенных решетках.

Вместе с тем существует ряд трудностей, связанных с анализом и синтезом подобных антенн. Использование программных комплексов (Feko, CST Studio), в которых реализованы универсальные вычислительные алгоритмы, основанные на дискретизации электродинамической модели, не всегда позволяет корректно вычислить характеристики излучающих структур на основе метаматериалов, поскольку данные структуры являются, как правило, резонансными, и выбор шага дискретизации будет существенно влиять на точность вычисления. В случае неверного разбиения электродинамической модели, ее свойства могут существенным образом исказиться. Естественно в случае уменьшения шага дискретизации, точность вычисления будет стремиться к истинному значению, однако при этом резко возрастают требования к вычислительным мощностям.

В связи с этим была разработана методика электродинамического анализа подобных микрополосковых излучающих структур,

включающих в своих конструкциях метаматериалы, на основе сингулярных интегральных представлений поля [1].

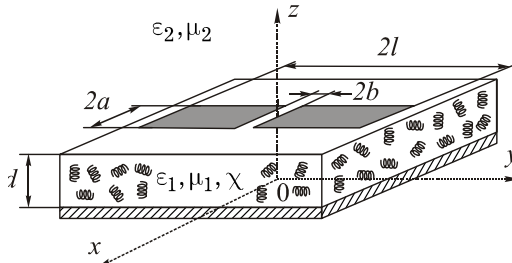


Рис. 1. Геометрия задачи

В работах [1-3] рассматривается задача электродинамического анализа МПА с подложкой из кирального метаматериала (рис. 1). На подложке с макроскопическими параметрами  $\epsilon_1, \mu_1, \chi$ , где  $\chi$  – параметр киральности, определяющий степень взаимосвязи процессов электрической и магнитной поляризации, конечной толщины  $d$ , расположен плоский симметричный излучатель конечных размеров (длина излучателя составляет  $2l$ , а ширина –  $2a$ ). При этом излучатель предполагается достаточно узким ( $2a \ll l, \lambda$ ), бесконечно тонким и идеально проводящим. Над излучателем расположено диэлектрическое полупространство с макроскопическими параметрами  $\epsilon_2, \mu_2$ .

Анализ данной МПА производился методом сингулярных интегральных представлений поля, который предполагает определение матрицы поверхностных импедансов границы раздела диэлектрическое полупространство – киральная среда, поскольку данная матрица связывает Фурье-образ  $\vec{T}_\tau = \{T_x, T_y\}$  напряженности стороннего поля и Фурье-образ  $\vec{F} = \{F_x, F_y\}$  поверхностной плотности тока на излучателе:

$$\begin{bmatrix} T_y \\ T_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_y \\ F_x \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $Z_{ij}$  ( $i, j = 1, 2$ ) – элементы матрицы поверхностных импедансов  $[Z]$ , которые являются функциями переменных  $\beta$  и  $h$  Фурье-пространства  $Z_{ij} = Z_{ij}(\beta, h)$ .

В рассматриваемой задаче было положено, что поперечная составляющая плотности тока на излучателе отсутствует (т.к. излучатель узкий), в связи с чем, имело смысл определять лишь элементы  $Z_{11}$  и  $Z_{21}$ , связывающие продольную и поперечную составляющие напряженности поля с продольной составляющей плотности тока. Подробное описание методики определения элементов матрицы импедансов, СИП, а также их выражения в явном виде, приведены в работах [1-3].

Распределение плотности тока по излучателю  $\eta_y(x', y')$  было получено в результате решения сингулярного интегрального уравнения с особенностью Коши, которое, в свою очередь, получается путем подстановки граничных условий (2) в СИП.

$$\eta_y(x, -l) = \eta_y(x, +l) = 0,$$

$$\vec{E}_\tau(x, y) = 0 \text{ при } x \in [-a, a], y \in [-l, -b] \cup [b, l], \quad (2)$$

$$\vec{E}_\tau(x, y) = -\vec{E}_\tau^{\text{ct}} \text{ при } x \in [-a, a], y \in [-b, b].$$

Затем при подстановке функции распределения поверхностной плотности тока в выражения (3), были определены зависимости модуля (рис. 2, а) и фазы (рис. 2, б) поперечной и продольной составляющих напряженности электрического поля от расстояния

$$E_x(x, y, z) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-a-l}^a \int_{-l}^l \eta_y(x', y') \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{21}(\beta, h) e^{-i\gamma_2(z-d)} e^{-i\beta(x-x')} e^{-ih(y-y')} d\beta dh dx' dy',$$

$$E_y(x, y, z) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-a-l}^a \int_{-l}^l \eta_y(x', y') \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{11}(\beta, h) e^{-i\gamma_2(z-d)} e^{-i\beta(x-x')} e^{-ih(y-y')} d\beta dh dx' dy',$$

При этом графики, изображенные на рис. 2, были получены при следующих параметрах:  $\varepsilon_2 = 1$ ,  $\mu_1 = \mu_2 = 1$ ,  $a/\lambda = 0,025$ ,  $l/\lambda = 0,5$ ,  $b/\lambda = 0,01$ ,  $d/\lambda = 0,1$ , а киральная подложка МПА выполнена на основе «правосторонних» элементов.

Следует отметить, что также были получены выражения для определения напряженности поля в ближней зоне с выделенными в явном виде особенностями.

Как видно из приведенных графиков,  $E_y$  составляющая электрического поля, создаваемого микрополосковой антенной с киральной подложкой соизмерима с  $E_x$ , а их фазы сдвинуты на некоторую величину. Это свидетельствует о том, что излучаемые волны обладают эллиптической поляризацией.

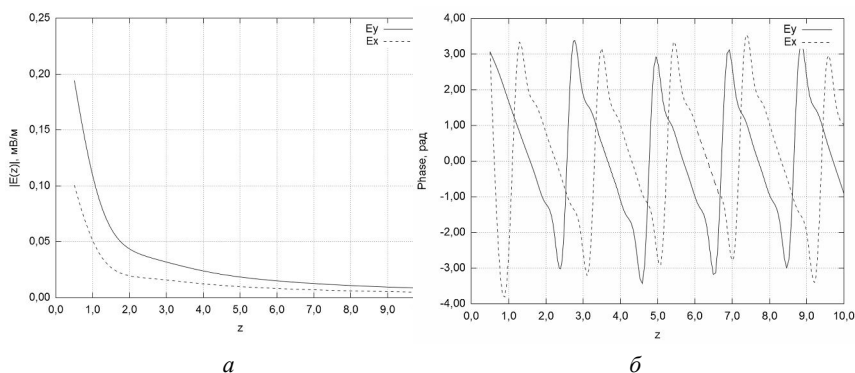


Рис. 2. Зависимости модуля (а) и фазы (б)  $x$  и  $y$ -составляющих напряженностей электрического поля от координаты

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюев Д.С., Неццет А.М., Осипов О.В. Метод расчета микрополоскового вибратора, расположенного на киральной подложке // Инфокоммуникационные технологии. – 2015. – № 3. – С. 245-252.
2. Клюев Д.С., Неццет А.М., Осипов О.В., Почетцов А.О. Анализ микрополосковой антенны на киральной подложке с учетом пространственной дисперсии // Успехи современной радиоэлектроники. – 2015. – № 11. – С. 67 – 72.
3. Неццет А.М. Применение сингулярных интегральных уравнений для анализа микрополосковых антенн, расположенных на киральной структуре из левовинтовых спиралей // Радиотехника, 2016. – № 4. – С. 118-126.

# **POLARIZATION CHARACTERISTICS OF MICROSTRIP RADIATION STRUCTURES BASED ON METAMATERIALS**

***Klyuev D.S., Korshunov S.A., Neshcheret A.M.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The paper discusses the method of electrodynamic analysis of microstrip radiating structures based on metamaterials. Expressions are given for determining the longitudinal and transverse components of the electric field strength. Also presented are the dependences of the modulus and phase of the longitudinal and transverse components of the field strength on the coordinate, on the basis of which the conclusion was made about the emission by microstrip antennas with substrates from the chiral metamaterial of elliptically polarized waves.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ИЗ ЭКРАНИРОВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С УЧЕТОМ КОНЕЧНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ЭКРАНОВ**

*Беляев С.О.*

*(АО «Концерн "Автоматика"»)*

При проектировании защищенной беспроводной сети, локализованной в ограниченной области пространства, необходимо одновременно решать задачи по обеспечению равномерного распределения уровня электромагнитного поля в заданной локальной области и по минимизации побочного электромагнитного излучения за ее пределы. Ранее в [1] для уменьшения утечек при организации связи на открытых пространствах предлагалось использование антенных систем со специальными формами диаграмм направленности. Задачу же по минимизации паразитного излучения в ограниченных замкнутых пространствах предлагается решать путем экранирования помещений [2].

В таком случае проектирование сети в итоге сводится к электродинамическому моделированию распределения поля внутри и вне замкнутой области, ограниченной проводящей средой. Для моделирования будем использовать строгие электродинамические методы, базирующиеся на комбинации решений интегральных уравнений Фредгольма первого и второго рода и метода физической оптики. Излучатели и экранирующие сооружения при этом должны рассматриваться как единая сложная излучающе-экранирующая система.

Результатом такого электродинамического моделирования являются распределение поля внутри локальной области и распределение тока на проводящих экранирующих сооружениях (рис. 1).

Побочное электромагнитное поле, проникающее сквозь экранирующие конструкции, ввиду их «неидеальности» предлагается мо-

делировать как вторичное электромагнитное поле, возбуждаемое вне локальной области токами, наведенными на внешней стороне экранирующих конструкции. При этом эти токи связаны феноменологическим коэффициентом с токами, формируемыми на внутренней стороне, которые, в свою очередь, аппроксимируются полученным ранее распределением. Так, на правом рисунке изображена нормированная диаграмма направленности побочного излучения в азимутальной плоскости.

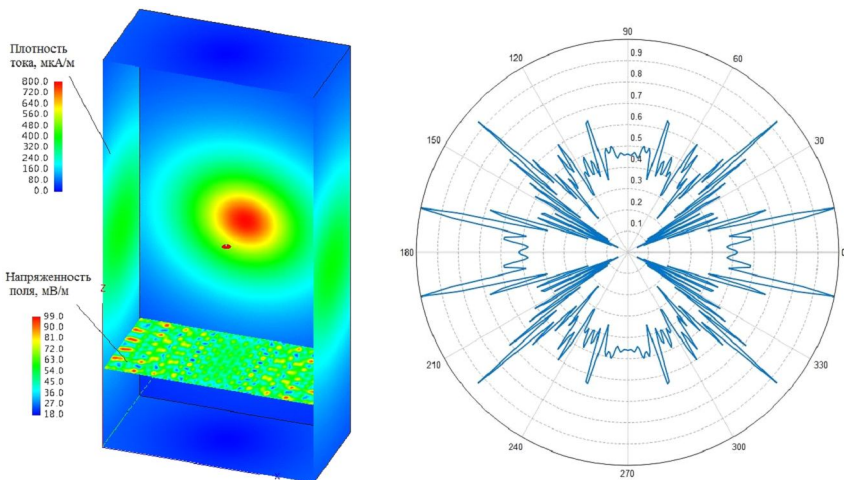


Рис. 1. Результаты электродинамического моделирования

Такой подход позволяет сократить количество вычислений, связанных с учетом реальных электродинамических параметров материалов экранов и позволяет связать решение задачи внутри и вне области локализации сети.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев С.О.* Антенны на основе сосредоточенных излучателей, применяемые в беспроводных защищенных локальных вычис-



лительных сетях / С.О. Беляев, А.Л. Бузов, Ю.И. Кольчугин // Радиотехника. – 2017. – № 4. – С. 77-80.

2. *Шапиро Д.Н.* Электромагнитное экранирование: Научное издание / Д.Н. Шапиро – Долгопрудный: Изд-й Дом «Интеллект». – 2010. – 120 с.

## **SIMULATION OF SPURIOUS ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM SHIELDED BUILDINGS WITH CONSIDERING TO THE FINITE TRANSPARENCY OF SCREENS**

***Beljaev S.O.***

*(JSC «Concern "Automation"»)*

The methods of electrodynamic modeling of spurious radiation are considered in the organization of a secure corporate communication network. The analysis methods are based on rigorous electrodynamic methods of analysis of complex radiating structures and the assumption of finite transparency of the screens. The simulation results for a screened room in the form of a parallelepiped is given.

## **ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ**

*Аронов С.Ю., Бузов А.Л.*

*(АО «Концерн "Автоматика"»)*

В настоящее время новые качественные параметры антенных систем достигаются за счет применения современного программного обеспечения, разработки новых методов и алгоритмов для решения задач их анализа. К антенне, как к одному из наиболее важных компонентов любой системы радиосвязи, предъявляются высокие требования к функциональным параметрам (показателям назначения) и стойкости в условиях воздействия факторов окружающей среды.

Традиционные методы проектирования антенн включают следующие основные этапы:

- расчет антенны методом последовательных приближений;
- конструирование антенны с целью соблюдения технологических требований, выполнения стойкости к климатическим и механическим нагрузкам;
- изготовление и лабораторные (полевые) испытания опытного образца;
- доработка опытного образца по результатам испытаний.

Особенностью данного подхода является раздельное последовательное проектирование антенны (включая антенно-мачтовое сооружение) как электродинамической и как механической системы, что приводит к увеличению трудоемкости проектирования.

С целью снижения трудоемкости работ предлагается использование комплексных математических моделей антенных систем [1]. Комплексная модель представляет собой общий модуль с совокупностью геометрических данных, модуль с условиями возбуждения модели источником напряжения и модуль, описывающий ограничения на перемещения элементов модели и приложенные механические нагрузки. Технология моделирования, использующая такие модели, предполагает итератив-

ное выполнение расчетов с остановкой по достижению заданных критериев сходимости результатов в среде программных пакетов, использующих метод конечных элементов для решения задач электродинамики и механики [2,3]. В работе представлена блок-схема архитектуры предложенной технологии, а также входящих в её состав комплексных моделей.

По результатам проведенных исследований определена перспективность внедрения технологии комплексного моделирования антенных систем. Технология в настоящее время реализуется в виде программного обеспечения, которое планируется к проведению государственной регистрации и внедрению в производственную деятельность АО «Концерн «Автоматика».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аронов С.Ю., Бузов А.Л.* Принципы построения комплексных математических моделей антенн подвижной радиосвязи, учитывающих воздействие климатических и механических факторов // Радиотехника. – 2016. – №4. – С. 69-75.

2. ПК SCATER: свидетельство о государственной регистрации на Программный комплекс «SCATER» № 2013614027/ Правообладатель АО «Концерн «Автоматика». 23.04.13.

3. *Guido Dhondt.* CalculiX CrunchiX USER'S MANUAL version 2.3. – 2011.

## PROBLEMS OF DEVELOPING THE TECHNOLOGY OF INTEGRATED MODELING OF ANTENNA SYSTEMS

*Aronov S.Y., Buzov A.L.*

*(JSC «Concern "Automation"»)*

A feature of the traditional approach to antenna design is the separation of the intellectual and time resources in the analysis of antenna systems. In order to reduce the complexity of work, it is proposed to use complex mathematical models of antenna systems. The paper presents a block diagram of the architecture of the proposed technology, as well as complex models included in its structure.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ АНТЕНН ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ В ПРОБЛЕМАТИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПАРАМЕТРЫ НАЗНАЧЕНИЯ**

*Аронов С.Ю.*

*(АО «Концерн "Автоматика"»)*

Условиями эффективного решения задач проектирования антенных устройств помимо представления требований к показателям назначения являются определение исходных данных по месту размещения, условиям эксплуатации, степени заводской готовности конструкций и ряд других. Классификация знаний по перечисленным критериям способствует организации новых направлений оптимизации проектирования, уменьшает вероятность неправильных решений из-за противоречивости отправных сведений, существенно упрощает задание соответствующих требований в антенной технике.

К настоящему времени классификация антенн по отдельным показателям определена достаточно строго. Основопологающим признаком в классификационном пространстве является функциональное назначение антенны и предопределяет остальное разделение по различным условиям и требованиям.

В соответствии с терминологией ГОСТ Р 52003-2003 антенна – радиоэлектронный функциональный узел (РЭФУ): радиоэлектронное средство, представляющее собой функционально и конструктивно законченную сборочную единицу, выполняющее радиотехническую и/или электронные функции(ию) и не имеющее самостоятельного применения. РЭФУ является низшим уровнем разукрупнения радиоэлектронного средства (РЭС). Таким образом, широко обобщенные квалификационные признаки РЭС (классы и группы использования; действующие факторы внешней среды) применительны и к антеннам. Так, антенны подвижной радиосвязи относятся к наземному

классу РЭС и могут различаться группами использования: стационарные, подвижные (возимые) и носимые (переносные). В то же время классификация РЭС по функционально-конструктивным признакам, объекту и условиям эксплуатации в различных источниках дается по-разному.

Анализ проблем исследования и разработки путей снижения влияния факторов окружающей среды на характеристики антенн подвижной радиосвязи ОБЧ и УВЧ диапазонов формирует необходимость классификации антенн по ряду признаков (например, по размещению на объекте, по степени заводской готовности, по устойчивости к уровню негативного климатического воздействия, по особым условиям размещения площадки строительства и монтажа).

В работе раскрыта градация внутри каждой квалификационной группы, приведены примеры применения предложенной систематизации.

## **CLASSIFICATION OF MOBILE RADIO COMMUNICATION ANTENNAS IN THE PROBLEM OF RESEARCH AND DEVELOPMENT OF WAYS OF REDUCING THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE APPOINTMENT PARAMETERS**

*Aronov S. Y.*

*(JSC «Concern "Automation"»)*

To effectively solve the design problems of antenna devices, the classification of mobile radio antennas VHF and UHF bands is presented. Within each qualification group, a gradation is revealed in terms of functionally constructive features, object and operating conditions, etc. Examples of application of the proposed systematization are presented.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ НИЗКОПРОФИЛЬНОЙ АНТЕННЫ НА АВТОМОБИЛЕ**

*Герасимов И.А.*

*(АО «Концерн "Автоматика"»)*

В настоящее время в составе абонентских станций профессиональной подвижной радиосвязи, устанавливаемых на автомобилях, вместо традиционных штыревых все чаще используются низкопрофильные антенны [1]. Подобная антенна, например, может быть выполнена на основе F-образного излучателя [2].

В рамках исследований были рассмотрены 5 вариантов размещения антенны: 1) на крышке капота; 2) на крышке багажника; 3) на крыше около лобового стекла; 4) на крыше посередине; 5) на крыше около заднего стекла.

Расчёты проводились на основе программы электродинамического моделирования FEKO [3], методом моментов, при моделировании элементов кузова и антенны плоскими проводниками. Рабочая длина волны условно полагалась равной 1 м. Мощность передатчика – 5 Вт. Геометрические размеры объекта установки и его отдельных фрагментов соответствовали габаритным размерам кузова и салона автомобиля представительского класса. Расчёты диаграмм направленности (ДН) показали, что любой из рассмотренных вариантов установки антенны на автомобиле может считаться удовлетворительным, однако варианты 1 и 5 с точки зрения формирования азимутальной ДН отличаются от остальных в худшую сторону вследствие эффекта частичного экранирования антенны деталями кузова.

Результаты расчета уровней напряженности электрического поля в салоне показали их существенную зависимость от частоты, точки наблюдения и варианта размещения антенны. Вариант 3 (рис. 1, б)

сопоставим по максимальным уровням поля в салоне с вариантом 1 (рис. 1, а), но лишен его основных недостатков. Кроме того, он, по-видимому, является оптимальным и с точки зрения технической эстетики, так как минимально искажает экстерьер автомобиля.

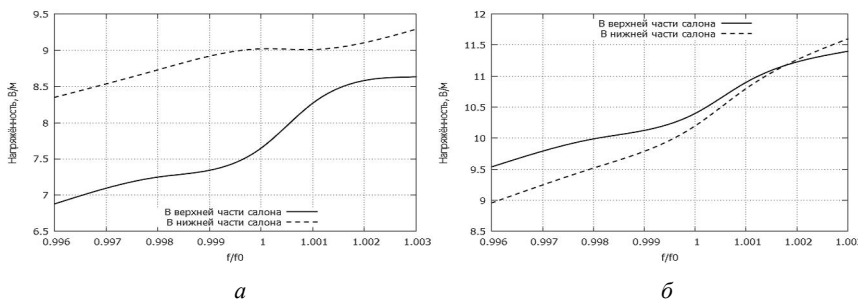


Рис. 1. Напряжённость поля внутри салона автомобиля при 1-м (а) и 3-м (б) вариантах установки

Применение подобного подхода к автомобилям и другим объектам с заданной конкретной геометрией кузова обеспечивает выбор вариантов размещения антенн, а также количественную оценку максимальных уровней поля в салоне, сопоставление расчетных уровней с предельно допустимыми и обоснование (в случае превышения) необходимых организационных мер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов И.А., Минкин М.А. Сравнительный анализ характеристик штыревой и низкопрофильной антенн автомобильных абонентских радиостанций // Антенны. – 2017. – № 4. – С. 48-54.
2. Капшиев А.Н., Колояров И.А. Варианты построения низкопрофильных антенн метрового и дециметрового диапазона // Антенны. – 2010. – № 4. – С. 21-25.
3. Банков С.Е., Грибанов А.Н., Курушин А.А. Электродинамическое моделирование антенных и СВЧ-структур с использованием ФЕКО. – М.: One-Book, 2013. – 419 с.

## **COMPARATIVE EVALUATION OF OPTIONS FOR LOW-PROFILE ANTENNE ON THE VEHICLE**

***Gerasimov I.A.***

*(JSC «Concern "Automation"»)*

The purpose of this work is a comparative analysis of possible options for placing a low-profile antenna on the body of a car, taking into account the requirements of electromagnetic safety. A similar approach to cars and other objects with a given specific body geometry provides a choice of antenna placement options, as well as a quantitative assessment of the maximum field levels in the cabin, comparison of the calculated levels with the maximum permissible and justification (in case of excess) of the necessary organizational measures.



## МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДИСКОКОНУСНАЯ АНТЕННА ДЛЯ АБОНЕНТСКОЙ СТАНЦИИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И РАДИОДОСТУПА

*Коляров И.А., Копылов Д.А.*  
(АО «Концерн "Автоматика"»)

В настоящее время широко распространены сети подвижной радиосвязи различных диапазонов и назначения. В связи с бурным развитием этих сетей ужесточаются требования ко всем составным частям оборудования, в том числе, к используемым антеннам абонентских станций. В частности, крайне желательно использование широкополосных (многополосных) антенн, обеспечивающих работу одновременно в нескольких различных диапазонах подвижной радиосвязи и радиодоступа. Перспективным в этом отношении классом широкополосных антенн являются дисконусные антенны [1], однако их габаритные размеры в ряде случаев недопустимо велики.

Авторами была разработана модифицированная широкополосная дисконусная антенна для размещаемой на автомобиле абонентской станции диапазонов GSM (2G, 3G, LTE). Введением дополнительных элементов (рис. 1) удалось, при сохранении требуемой широкополосности, существенно (примерно в 1,5 раза) сократить габаритные размеры излучателя антенны и, в частности, обеспечить его размещение в колпаке-укрытии заданного типа.

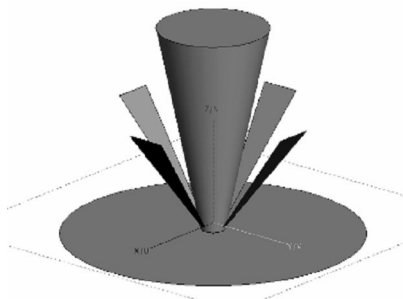


Рис. 1. 3D-модель модифицированной дисконусной антенны

Расчет и параметрическая оптимизация антенны были проведены посредством программы электродинамического моделирования FEKO. Оптимизация проводилась варьированием геометрических размеров дополнительных элементов при фиксированных максимальных (внешних) габаритных размерах антенны.

Проведенное макетирование антенны и измерения характеристик макета полностью подтвердили ее работоспособность. На рис.2, в качестве примера, приведены расчетные и экспериментальные характеристики входного КСВН. Антенна обеспечивает возможность работы во всех трех заданных диапазонах частот.

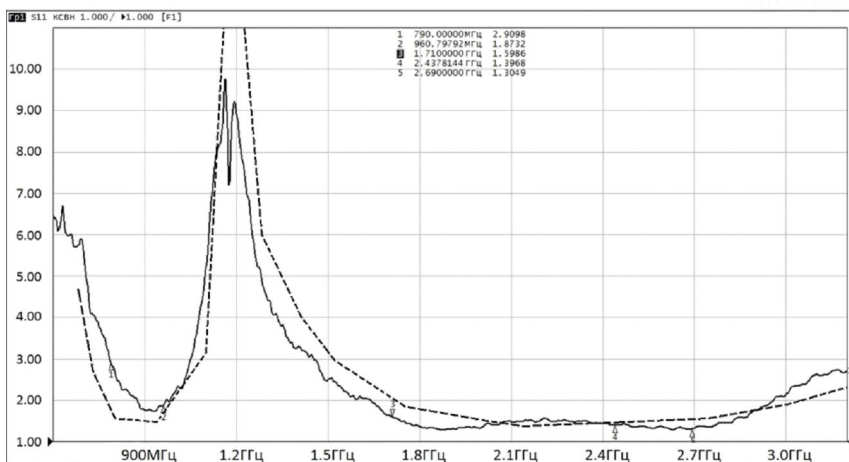


Рис. 2. Экспериментальная (сплошная кривая) и расчетная (пунктир) характеристики КСВН антенны

Аналогичным образом может быть выполнена разработка модифицированной антенны для многодиапазонных терминалов и при других сочетаниях полос рабочих частот.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григоров И.Н. Практические конструкции антенн. – М.: ДМК, 2010. – 352 с.

# **MODIFIED DISC-CONE ANTENNA FOR THE ABONENT STATION OF MOBILE RADIOCOMMUNICATION AND RADIO ACCESS**

***Koloyarov I.A., Kopylov D.A.***

*(JSC «Concern "Automation"»)*

The possibility of using a modified disc-cone antenna for a mobile abonent radio station is considered. This type of antennas has a wide operating frequency band, a circular directivity pattern, and also small overall dimensions. The calculated and experimental data of a modified disc-cone antenna are given.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕНН, СФОКУСИРОВАННЫХ В ЗОНУ БЛИЖНЕГО ИЗЛУЧАЕМОГО ПОЛЯ, В СРЕДЕ CST-STUDIO

*Потапова О.В., Сафина А.Ф.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Современные исследования антенн, сфокусированных в зону ближнего излучаемого поля, доказали эффективность и целесообразность их применения во многих технических приложениях. Поэтому задачи практической реализации подобных антенн представляют несомненный интерес, а исследование свойств сфокусированных антенн, путем моделирования создаваемых ими полей и изучения характеристик антенн, являются актуальными.

Для имитации сфокусированного фазового распределения, были проведены исследования Антенны бегущей волны (АБВ), возбуждаемой с противоположных концов (рис. 1). В этом случае, в линии передачи устанавливается бегущая волна, движущаяся от порта 1 к 2 и в обратном направлении.

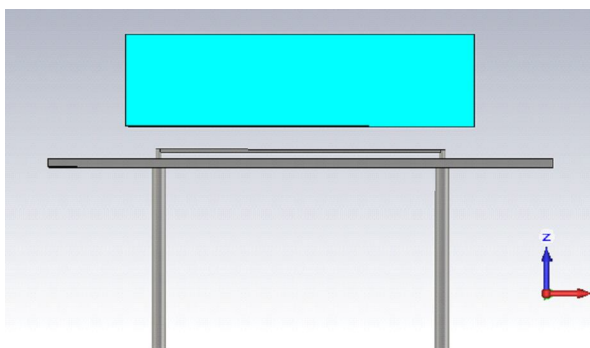


Рис. 1. Антенна бегущей волны

Соответственно уравнения падающих волн, для каждого порта будут иметь, соответственно, следующий вид:

$$U_1(z) = U_0 e^{-\gamma z}, \quad (1)$$

$$U_2(z) = U_0 e^{-\gamma(L-z)}, \quad (2)$$

где  $\gamma = j\beta_{\text{ант}} - \alpha_{\text{ант}}$ ,  $\alpha_{\text{ан}}$  – коэффициент затухания в антенне бегущей волны;  $\beta_{\text{ант}}$  – коэффициент фазы.

В некоторой точке  $Z$  антенны будут складываться волны, распространяющиеся от различных портов, и напряжение будет иметь вид:

$$\dot{U}(z) = \dot{U}_1(z) + \dot{U}_2(z). \quad (3)$$

В своих исследованиях с целью установления возможностей формирования сфокусированного поля были изучены распределения напряженности электромагнитного поля в среде. Были рассмотрены 2 варианта:

- 1) антенна излучает в биологическую среду;
- 2) антенна излучает в среду с параметрами почвы.

При исследовании изменялись следующие параметры: расстояние между средой и проводящей плоскостью, высота подъема линии передачи, длина линии передачи.

Результаты распределения электромагнитного поля в направлении, перпендикулярном антенне, для биологической среды представлены на рис. 1, аналогичные закономерности, полученные для среды с параметрами почвы показаны на рис. 2.

Приведенные зависимости свидетельствуют, что при определенной высоте подъема линии передачи, образующей антенну бегущей волны, в продольном направлении наблюдается локальное повышение уровня напряженности электрического поля, которое подтверждается и исследованиями распределений в направлении, параллельном антенне, т.е. наблюдается фокусировка.

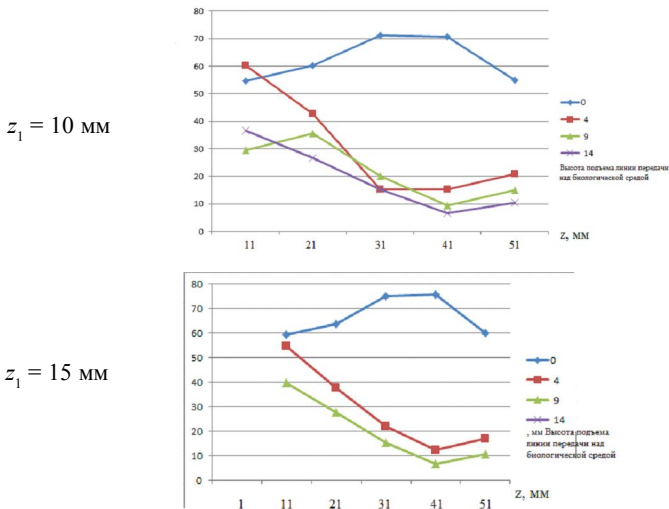


Рис. 1. Распределение напряженности электромагнитного поля в продольном направлении в биологической среде,  $f = 0,5 \text{ ГГц}$ , длина линии 218 мм

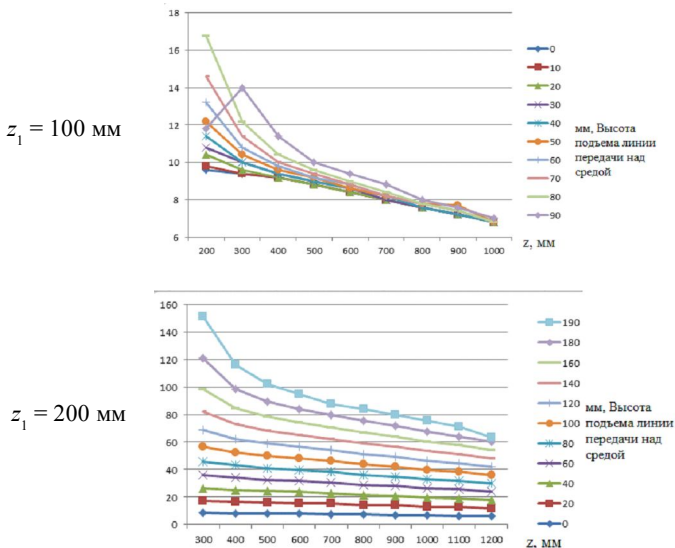


Рис. 2. Распределение напряженности электромагнитного поля в продольном направлении в среде с параметрами почвы,  $f = 100 \text{ МГц}$ , длина линии 0,5 м

При имитации сфокусированного фазового распределения с помощью антенны бегущей волны, важное значение имеет определение величин  $\alpha$  и  $\beta$  в антенне. Значения  $\alpha$  и  $\beta$  можно определить исходя из коэффициентов передачи между портами  $S_{21}$  и  $S_{12}$ . Например:

$$S_{21} = e^{-\alpha_{\text{ант}} l} * e^{-\beta_{\text{ант}} l}, \quad (4)$$

где  $S_{1}$  – комплексный коэффициент передачи с 1-го на 2-й порт;  $l$  – длина линии передачи.

Значение  $\alpha_{\text{ант}}$  и  $\beta_{\text{ант}}$  определялись в программе CSTStudio:  $\alpha_{\text{ант}}$  определялось исходя из модуля  $S_{21}$ , аргумент  $S_{21}$  позволял определить  $\beta_{\text{ант}}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антенны, сфокусированные в зоне ближнего излучения поля. Основы теории и технические приложения / Под общей редакцией Ю.Е. Седельникова и Н.А. Тестоедова / Ю.Е. Седельникова, Н.А. Тестоедов, Д.А. Веденькин, И.Ю. Данилов, О.В. Потапова, А.Г. Романов, Л.Ю. Фадеева, Ю.И. Чони. – Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та, 2015. – 309 с.

## **SIMULATION OF ANTENNAS FOCUSED IN THE ZONE OF THE MIDDLE RADIATION FIELD, IN THE MEDIUM OF CST STUDIO**

***Potapova O.V., Safina A.F.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

To simulate a focused phase distribution, studies were made of the antenna of a traveling wave excited at opposite ends. In studies, the distribution of the intensity of the electromagnetic field in a medium (a biological medium, a medium with soil parameters). During the study, the following parameters were changed: the distance between the medium and the conductive plane, the height of the rise of the transmission line, and the length of the transmission line.

## ШИРОКОПОЛОСНАЯ ПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО МУЛЬТИСТАНДАРТНОГО ТЕРМИНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

*Коляров И.А., Красильников А.Д., Назин В.Ю.*

*(АО «Концерн "Автоматика"»)*

В настоящее время широкое применение получили системы подвижной радиосвязи и радиодоступа, как общего пользования, так и профессиональные. Абонентские терминалы таких систем в ряде случаев должны быть мультистандартными и одновременно компактными и технологичными. Наиболее перспективными решениями антенн для подобных терминалов являются широкополосные (многополосные) микрополосковые антенны (МПА).

Авторами разработаны микрополосковые антенны для мобильных терминалов 3G/4G, отвечающие вышеприведенным требованиям. Методика разработки микрополосковой излучающей структуры включала выбор базовой топологии и последующую параметрическую оптимизацию по критерию обеспечения согласования в заданных полосах частот. Электродинамическое моделирование и оптимизация проводились на основе использования программного комплекса FEKO.

Топология антенны изображена на рис. 1.

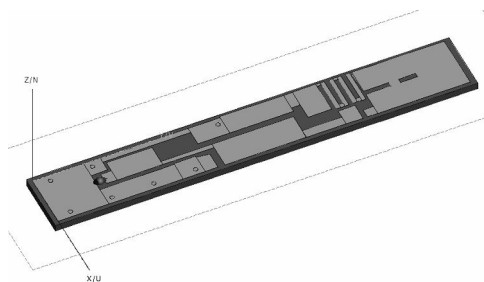


Рис. 1. Микрополосковая антенна



На рис. 2 представлен 3D вид диаграммы направленности на одной из рабочих частот.

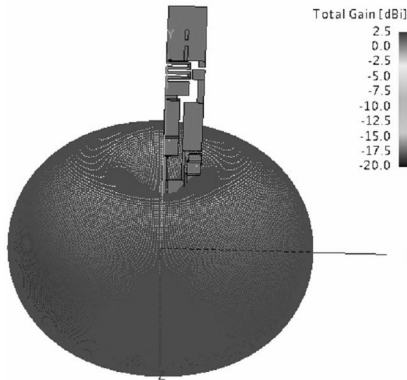


Рис. 2. Диаграмма направленности МПА

Результаты расчетов и эксперимента подтвердили работоспособность антенны во всех заданных частотных диапазонах, с обеспечением круговой диаграммы направленности в азимутальной плоскости и хорошего уровня согласования. В качестве примера, на рис. 3 приведены экспериментально измеренные частотные характеристики входного КСВН макета микрополосковой антенны.

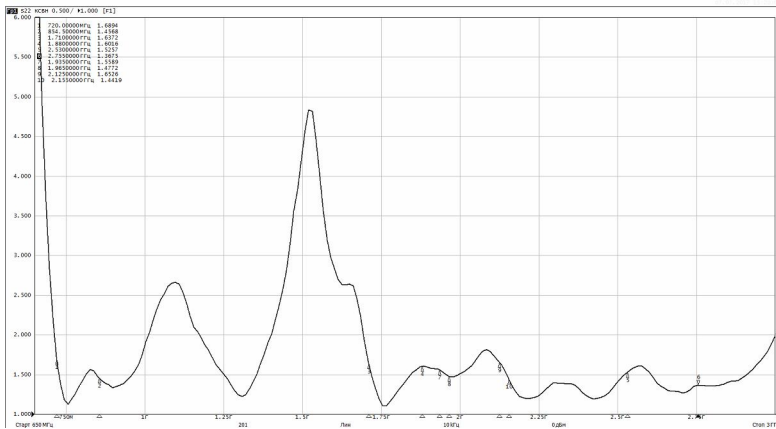


Рис. 3. Частотная зависимость КСВН антенны

Компактность и технологичность разработанной конструкции антенны определяют перспективность ее использования в мобильных терминалах.

Аналогичным образом могут быть разработаны широкополосные (многополосные) МПА для других комбинаций рабочих полос частот.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панченко Б.А.* Микрополосковые антенны / Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов.– М.: Радио и связь, 1986. –144 с.
2. Электродинамический расчет характеристик излучения плосковых антенн / Б.А. Панченко [и др.]. – М.: Радио и связь, 2002. – 256 с.

## **BROADBAND STRIPLINE ANTENNA FOR PORTABLE MULTI-STANDARD TERMINAL DEVICE**

***Koloyarov I.A., Krasilnikov A.D., Nazin V.Yu.***

*(JSC «Concern "Automation"»)*

A microstrip antenna for cellular mobile communication is proposed. An antenna model is constructed and its characteristics are investigated. The results of experimental studies of the antenna model are given.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФАЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ АНТЕНН, СФОКУСИРОВАННЫХ В ЗОНУ БЛИЖНЕГО ИЗЛУЧАЕМОГО ПОЛЯ

*Потапова О.В., Счастливецва М.В.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В процессе производства и практической реализации антенн, невозможно обеспечить точное фазовое распределение, соответствующее сфокусированному возбуждению. Практически реализуемое фазовое распределение будет являться, очевидно, некоторой случайной функцией, а получаемые при этом распределения электромагнитной полей должны находиться с учетом методов, используемых в статистической теории антенн [1, 2].

Аналогично случаю дальней зоны [1, 2], реализуемое в антенне фазовое распределение предполагалось нормальной однородной случайной функцией со средним значением, определяемым из условия фокусировки в заданную точку (1):

$$\varphi = \sqrt{(x_n - xf)^2 + zf^2} . \quad (1)$$

Исследовались распределения напряженности электрического поля в направлениях параллельном и перпендикулярном антенне при различных значениях дисперсии фазового распределения ( $\Delta\varphi$ ) и различных значениях коэффициента затухания в среде (рис. 1). Определялись следующие параметры: размер области фокусировки и уровень максимумов, прилегающих к области фокусировки.

Исследования РОФ в направлениях, параллельном и перпендикулярном антенне (рис. 2, а, 2, б соответственно) показали, что независимо от глубины расположения точки фокусировки и коэффициента затухания в среде, увеличение дисперсии фазового распределения до значений  $\Delta\varphi = 1$  рад существенно не сказывается на увеличении РОФ.

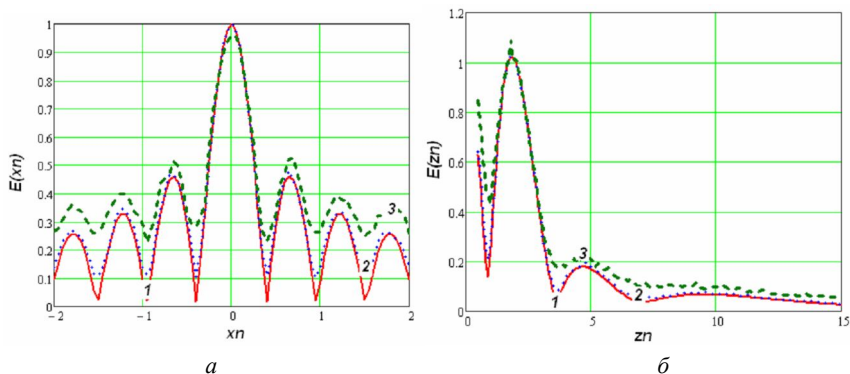


Рис. 1. Распределение напряженности электрического поля (кривая 1 –  $\Delta\varphi = 0$ , кривая 2 –  $\Delta\varphi = 0,5$  рад.; кривая 3 –  $\Delta\varphi = 1$  рад) направление, параллельное апертуре; б – направление, перпендикулярное апертуре

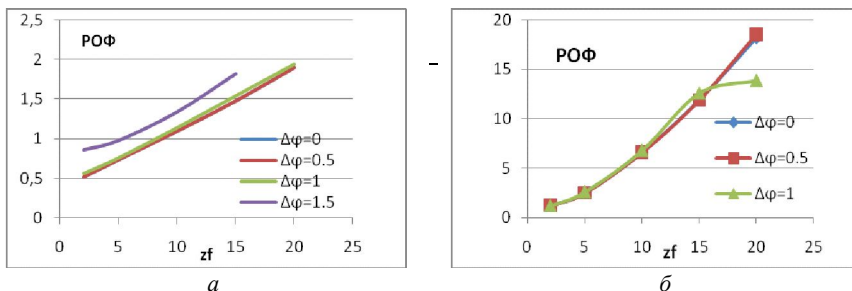


Рис. 2. Зависимость размера области фокусировки для различных значений дисперсии фазового распределения:  
 а – направление, параллельное апертуре; б – направление, перпендикулярное апертуре

Исследования уровня локальных максимумов, прилегающих к области фокусировки в направлении, параллельном антенне показывают, что погрешности фазового распределения оказывают более существенное влияние на величину указанных максимумов (рис. 3, а). Увеличение коэффициента затухания среды приводят к деградации фокусирующих свойств при большой глубине расположения точки фокусировки. На величину уровня локального максимума, прилегающего к области фокусировки, Увеличение значений погрешности фазы до значений  $\Delta\varphi = 0,5$  не оказывает существенного влияния величина дисперсии, равная 0,5 рад.

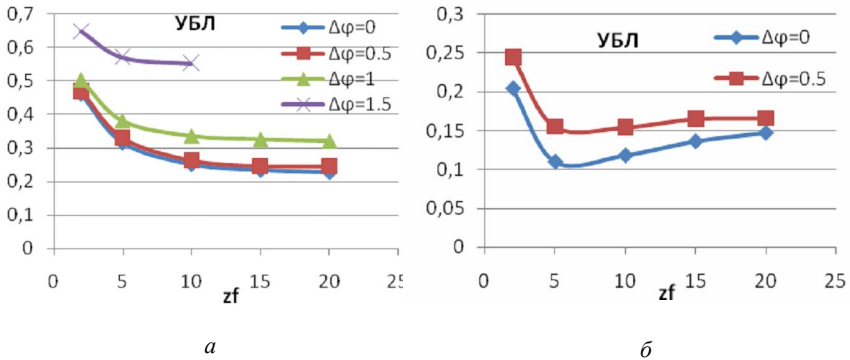


Рис. 3. Зависимость уровня локального максимума для различных значений дисперсии фазового распределения:  
 $a - \alpha_1 = 0$ ;  $b - \alpha_1 = 0$ ;

В направлении, перпендикулярном антенне, исследования показали, что определение уровня локального максимума сталкивается с затруднением, так как даже в случае отсутствия деградации фокусировки, зачастую сам этот максимум отсутствует.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антенны, сфокусированные в зоне ближнего излучения поля. Основы теории и технические приложения / Под общей редакцией Ю.Е. Седельникова и Н.А. Тестоедова/ Ю.Е. Седельникова, Н.А. Тестоедов, Д.А. Веденькин, И.Ю. Данилов, О.В. Потапова, А.Г. Романов, Л.Ю. Фадеева, Ю.И. Чони. – Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та, 2015. – 309 с.
2. Потапова О.В. Сфокусированные апертуры: структура поля и основные свойства / О.В. Потапова, Ю.Е. Седельников / Доклады V Всероссийской научно-технической конференции «Радиолокация и связь». – М., 2011. – С. 291-295.
3. Бененсон Л.С. Антенные решетки. Обзор зарубежных работ / Под общей редакцией Бененсона Л.С. /Л.С. Бененсон, В.А. Журавлев, С.В. Попов, Г.А. Постнов. – М.: Советское радио, 1966. – 367 с.

**INVESTIGATION OF THE ERRORS  
OF PHASE DISTRIBUTION IN THE REALIZATION  
OF ANTENNAS FOCUSED IN THE ZONE  
OF THE MIDDLE RADIATED FIELD**

***Potapova O.V., Schastlivtseva M.V.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The investigated characteristics of the antenna field focused in the region of the near-field emitted field with an error in the realization of the phase distribution.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОФОКУСИРОВКИ МГЗА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗКАХ

*Романов А.Г.<sup>1</sup>, Данилов И.Ю.<sup>1</sup>, Чони Ю.И.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>АО «Информационные спутниковые системы»  
им. академика М.Ф. Решетнёва»,*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Проблема стабилизации характеристик многолучевых зеркальных антенн (МГЗА) при эксплуатационных деформациях рефлектора встает особой остротой в случае крупногабаритных спутниковых МГЗА, которые выполняются по зонтичному типу из сетеполотна. Публикации на эту тему стартовали в конце 80-х годов и продолжают с нарастающей интенсивностью. Оптическая схема первых МГЗА строилась на основе антенной решетки (АР), каждый элемент которой формировал соответствующий луч. В этих условиях механическим системам компенсации деформаций альтернативы не было. Каждый луч современных МГЗА формируется кластером: группой облучателей. Адаптация вектора весовых коэффициентов (ВВК) кластера к текущему состоянию рефлектора, называемая дофокусировкой, чрезвычайно привлекательна, тем более, что при цифровой обработке сигналов она реализуется программными средствами.

Рассматривая ГЗА как антенную решетку (АР), вблизи которой расположено металлическое тело-рефлектор, дофокусировку сводим к задаче определения ВВК  $\mathbf{W}$ , которому соответствует наилучшее приближение к ДН луча  $F_0(\mathbf{r}^0)$  при изменяющихся из-за деформаций рефлектора ДН  $f_n(\mathbf{r}^0)$  элементов АР:

$$F(\mathbf{r}^0) = \mathbf{U} \mathbf{W} = \sum_{n=1}^N W_n f_n(\mathbf{r}^0) \cong F_0(\mathbf{r}^0), \quad (1)$$

где  $F(\mathbf{r}^0)$  – ДН АР с рефлектором;  $\mathbf{r}^0$  – радиальный орт направления  $\{\theta, \varphi\}$ ,  $F_0(\mathbf{r}^0)$  – желаемая форма луча. В [1, 2] показано, что оператор  $V$  сопряженный оператору  $U$  есть интегральное преобразование

$$\mathbf{W}_0 = VF_0(\mathbf{r}^0) = \int_{4\pi} F_0(\mathbf{r}^0) f_n^*(\mathbf{r}^0) d\Omega \quad (2)$$

которому соответствует решение оптимальное в том смысле, что в заданную ДН излучается максимальная доля подведенной мощности. Если требуется острый луч в направлении  $\mathbf{r}_0^0$ , то ДН  $F_0(\mathbf{r}^0)$  есть  $\delta$ -функция:  $F_0(\mathbf{r}^0) = \delta(\mathbf{r}^0 - \mathbf{r}_0^0)$ , и решение (2) трансформируется в простое правило  $\mathbf{W}_0 = \{f_n^*(\mathbf{r}_0^0)\}$ , совпадающее с известным принципом ориентации ДН в заданном направлении: возбуждать элементы в соответствии с комплексно сопряженными значениями их ДН в этом направлении.

В соответствии с выражением (2) энергетически оптимальное формирование луча обеспечивается ВВК  $\mathbf{W}_{k \text{ opt}} \sim \{f_n^*(\mathbf{r}_k^0)\}$ , где  $n$  – индекс элементов кластера, определенного заранее или в процессе адаптации;  $\sim$  это символ пропорциональности;  $f_n^*(\mathbf{r}_k^0)$  – комплексно сопряженное значение ДН  $n$ -го элемента в направлении  $\mathbf{r}_k^0$  при текущем состоянии рефлектора. Естественно, норму ВВК поддерживать на единичном уровне за счет нормировки

$$\mathbf{W}_{k \text{ opt}} = \left\{ f_n^*(\mathbf{r}_k^0) / \sqrt{\sum_n |f_n(\mathbf{r}_k^0)|^2} \right\}.$$

Как определить значение  $f_n^*(\mathbf{r}_k^0)$  в текущей ситуации? На рис. 1 представлена обобщенная схема системы дофокусировки МГЗА, реализующая следующий принцип.

Если рефлектор облучается с направления  $\mathbf{r}_k^0$ , то комплексная амплитуда сигнала  $S_n$  элемента  $n$  кластера, пропорциональна значению его ДН:  $S_n \sim f_n(\mathbf{r}_k^0)$ . Таким образом, компоненты желаемого ВВК можно сформировать, как комплексно сопряженные амплитуды сигналов  $\mathbf{W}_{k \text{ opt}} \sim \{S_n^*(\mathbf{r}_k^0)\}$ , которые принимаются от наземных маяков, размещенных в центре зоны  $k$ -го луча. Конечно, это вопрос системного уровня, но, судя по литературе (см. патент US 4586051), это может быть осуществлено.



На рис. 1 не показаны очевидные цепи усиления сигналов, включающие усилители, смесители с общим гетеродином, УПЧ и т.п. Физически АР это плоская решетка  $N$  слабонаправленных элементов, расположенных в узлах сетки сотовой структуры (справа на рис. 1). В процессоре заложен тот или иной алгоритм формирования кластеров и ВВК для формирования лучей.

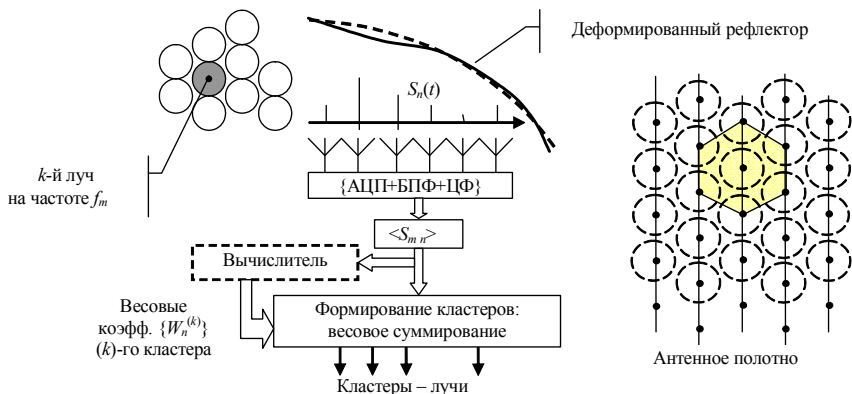


Рис. 1. Структурная схема цепей обработки сигналов МГЗА

В [3] расчетами в среде MathCAD была подтверждена работоспособность процедуры дофокусировки на тестовом примере сегмента параболического цилиндра с учетом плавных деформаций профиля. Эффективность дофокусировки для МГЗА реальной геометрии демонстрируется ниже. Моделировалась вырезка  $\varnothing = 12$  м из параболоида вращения с фокусом  $F = 7,4$  м при клиренсе  $H = 3$  м, антенное полотно габарита  $2 \text{ м} \times 1 \text{ м}$  с центром в фокусе наклонено к оптической оси на угол  $72^\circ$ , элементы АР образуют соты со стороной  $100$  мм. Расчеты проводились на частоте  $2 \text{ ГГц}$ . Полагалось, что деформации рефлектора приводят к смещению точки фокуса в пределах сферы радиуса  $72$  мм.

Жирной линией изображен луч при идеальном состоянии рефлектора (фокус в центре АР), тонкими ? при двух предельных смещениях фокуса по нормали к антенному полотну и двух в продольном

направлении. Эффективность дофокусировки характеризуется следующими цифрами. В номинале коэффициент усиления (КУ) луча составляет около – 43дВi. При деформациях минимальное значение КУ снижается на (-2,7/-0,6/-0,2)дВi, а усредненные значения – на (-1,5/-0,3/-0,1)дВi. Здесь через дробь приведены значения для ситуаций а), б) и в) соответственно.

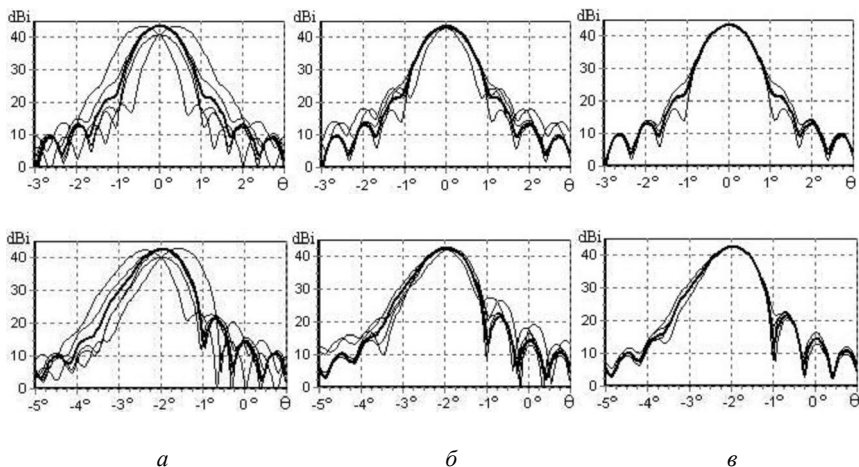


Рис. 1. Верхний ряд – центральный луч ( $\theta = 0^\circ$ ),  
нижний ряд – смещенный луч ( $\theta = -2^\circ$ ):  
а – без адаптации; б – адаптация ВВК; в – адаптация ВВК и состава кластера

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дымский В.Н., Чони Ю.И. Об одном решении задачи синтеза антенн, допускающем экспериментальное моделирование // Известия вузов. Радиофизика. – Т. 13. – 1970. – № 9. – С. 1389-1397.
2. Choni Yu.I. Hodograph of antenna's local phase center // IEEE TAP. 2015. – Vol. 63. – Pp. 2819. – 2823.
3. Чони Ю.И., Шумина А.А. Возбуждение кластера облучателей гибридной зеркальной антенны в условиях деформации рефлектора // Всероссийская НПК АКТО-2016. – Т. 2. – С. 753-759.

## **EFFICIENCY OF THE REFOCUSING MULTI-BEAM ANTENNAS IN OPERATION CONDITIONS**

***Romanov A.G.<sup>1</sup>, Danilov I.Yu.<sup>1</sup>, Choni Yu.I.<sup>2</sup>***

*(<sup>1</sup>Academic M.F. Reshetnev Information Satellite Systems,*

*<sup>2</sup>Kazan national research technical university  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Keeping antenna beams to be stable while uneven thermal heating distorts the reflector surface is a real problem. The considered algorithm and modeling program demonstrate a good efficiency.

## **АДАПТИВНАЯ АНТЕННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИОНОСФЕРНЫХ МОД**

*Насыбуллин А.Р., Веденькин Д.А.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Адаптивные антенные решетки нашли широкое применение в технике приемных антенн систем радионавигации, радиолокации, пеленгации, беспроводных телекоммуникаций и многих других областей. К перспективным направлениям использования адаптивных антенных решеток можно отнести системы диагностики ионосферных КВ радиоканалов, задачей которых является выделение ионосферных мод, распространяющихся под различными углами, для повышения эффективности радиомониторинга состояния каналов. Основой для алгоритма работы адаптивной системы фильтрации ионосферных мод в работе выбрана нейронная сеть. Нейронные искусственные сети получили широкое распространение в современных информационно-аналитических системах. Преимуществом нейрокомпьютерных технологий является гибкость и универсальность в задачах адаптации и управления в технических системах.

Антенная решетка может пониматься как устройство осуществляющее отображение из пространства углов падения лучей в пространство выходных сигналов решетки. Нейронная сеть будет использоваться для обратного отображения. Предлагаемый алгоритм для задачи определения углов падения лучей основан на аппроксимации обратного отображения с помощью радиальных нейронных сетей. Особенностью радиальной нейронной сети является возможность аппроксимации функции преобразования из пространства с произвольной размерностью в пространство произвольной размерности. Также в качестве достоинства этого вида нейронной сети пе-

ред сетями обратного распространения можно указать быстроту обучения сети. Структурная схема антенной системы с нейронной сетью представлена на рис. 1.

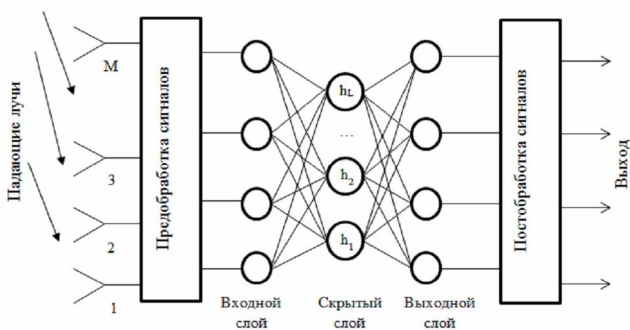


Рис. 1. Адаптивная антенная решетка на основе базисной нейронной сети

Как видно из рисунка между блоками предобработки и постобработки сигналов расположена нейронная сеть из трех слоев: входного, выходного и скрытого слоя. Как в классических нейронных сетях входной слой не производит обработку, выходной слой формирует выходные сигналы. Скрытый слой осуществляет отображение из пространства с одной размерностью в пространство с возможно большей размерностью. Как и все нейронные сети данная сеть обучается на тестовом множестве.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант №15-19-10053).*

## ADAPTIVE ANTENNA SYSTEM FOR SPATIAL FILTERING OF IONOSPHERIC MODES

*Nasybullin A.R., Vedenkin D.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

The possibility of implementing an adaptive antenna system for the separation of the angles of arrival of ionospheric modes, based on neural technologies

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВЧ-УСТРОЙСТВ

*Хохлов Д.К, Кадыров Р.А., Борисов И.К, Насыбуллин А.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Предлагаемый комплекс реализован в первую очередь для использования в (студенческих)научно-исследовательских лабораторий. Также целью создания измерительного комплекса являлось обеспечение универсальным аппаратом математической обработки данных измерений. Комплекс реализован как программно-аппаратный подтип.

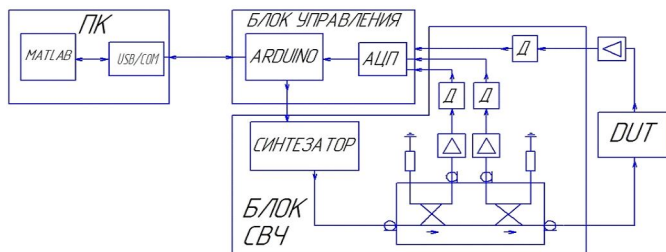


Рис.1 Функциональная схема комплекса

Он состоит из трех основных блоков: ПК, блока управления и СВЧ блока. ПК блок состоит из MATLAB как программа для управления и отображения и обработки полученных данных, передача данных происходит через виртуальный com-port. Блок управления включает в себя Arduino и АЦП(ADS1115). Arduino контролирует работу синтезатора частоты, принимает оцифрованный сигнал с АЦП. АЦП имеет разрядность в 12 бит и Arduino имеет встроенную библиотеку работы сданной микросхемой, что выгодно отличает его среди остальных цифровых преобразователей. Блок СВЧ состоит из синтезатора частоты(ADF4350), детектора(AD8362), направленных ответвителей

с согласованной нагрузкой, усилителя (MGA53543). Преимущества данного синтезатора частоты это: встроенное ядро ГУН с диапазоном частот от 2200 до 4400 МГц, встроенный синтезатор ФАП с дробно переменным коэффициентом деления, также имеется два дифференциальных выходных канала. Гибкость и универсальность разработанного анализатора позволяет одновременно реализовать измерение параметров рассеяния СВЧ устройств, выступать в качестве перестраиваемого генератора, амплитудного и фазового детектора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agilent Technologies. Анализаторы цепей. Руководство по выбору, 2007. – 32 с.
2. *Михаэль Х.* Основы векторного анализа цепей / М. Хибель // пер с англ. С.М. Смогольского; под ред У.Филип – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 500 с.
3. Разработка графического пользовательского интерфейса в среде MATLAB / И.Б. Бадриев, В.В. Бандерво, О.А. Задворнов. – Казань: КГУ, 2010. – 113 с.

## **LABORATORY SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF MICROWAVE DEVICES**

***Khokhlov D.K., Kadyrov R.A., Borisov I.K., Nasibullin A.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In this paper, we describe a software-hardware complex for determining the microwave characteristics: types of complexes their advantages and disadvantages, description of the created complex.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА С МИКРОПОЛОСКОВЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

*Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Борисов И.К., Насыбуллин А.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Возбуждение высших типов волн в настоящее время возможно, но сталкивается с рядом проблем. В основном эти проблемы связаны с неудобством создания подводящей линии на коаксиальных линиях связи, ее габаритных и массовых параметрах. Для решения данных проблем авторами предложено рассмотреть в качестве подводящей линии несимметричную полосковую линию, размещенную на верхней стенке металлодиэлектрического волновода, выполненного из диэлектрической подложки с металлизацией.

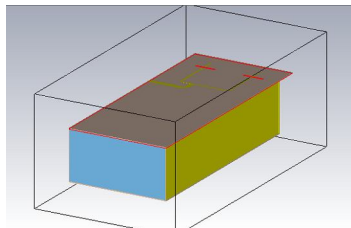
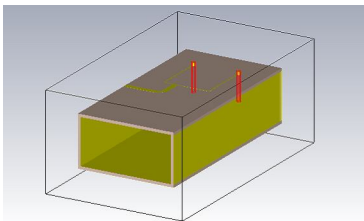
Размеры волновода приняты равными 70x30x150 при частоте сигнала в 4.74 ГГц для упрощения процесса реализации физической модели.

Возбуждение электромагнитной энергии в прямоугольном волноводе может быть выполнено двумя способами: с помощью щелей и с помощью электрического вибратора (штыря).

Рассмотрим метод возбуждения волны H<sub>20</sub> типа в прямоугольном волноводе с помощью штырей. Для возбуждения используются два электрических вибратора, размещенные таким образом, что в волноводе будут эффективно возбуждаться волны H<sub>20</sub>, H<sub>40</sub> др. и затруднено возбуждение волн с нечетным первым индексом H<sub>10</sub>, H<sub>30</sub> и др..

Рассмотрим метод возбуждения волны H<sub>20</sub> типа с помощью щели. В качестве подводящей линии связи в данном методе используется микрополосковая линия связи. Длины отрезков подводящей линии так же, как и в методе возбуждения с помощью штырей, выбирают отличающимися на величину в  $\lambda_0/2$ . Сами щели располагаются на расстоянии не превышающем  $\lambda_g/8$  от короткозамкнутой стенки.





В результате моделирования модель с возбуждением волны H<sub>20</sub> типа с помощью штырей показала коэффициент отражения на требуемой частоте с ослаблением в 9-10 дБ и полосой пропускания в 0,6-0,7 ГГц и коэффициент передачи на уровне 5 дБ. Модель с возбуждением волны H<sub>20</sub> типа с помощью щелей показала коэффициент отражения на требуемой частоте с ослаблением в 9 дБ, но более низким коэффициентом передачи – 10 дБ.

## **MODELING OF METAL-DIELECTRIC RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH THE PEACEFUL EXCITATION OF H<sub>20</sub> WAVE TYPE**

***Kadyrov R.A., Khokhlov D.K., Borisov I.K., Nasibullin A.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In this paper we consider two methods of exciting the H<sub>20</sub> type wave, computer simulation of the obtained waveguides in the CST STUDIO SUITE software and a comparative analysis of the obtained characteristics.

## РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА С МИКРОПОЛОСКОВЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

*Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Борисов И.К., Насыбуллин А.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Возбуждение высших типов волн в настоящее время возможно, но сталкивается с рядом проблем. В основном эти проблемы связаны с неудобством создания подводящей линии на коаксиальных линиях связи, ее габаритных и массовых параметрах. Для решения данных проблем я предлагаю рассмотреть в качестве подводящей линии несимметричной полосковой линии, размещенной на верхней стенке металлодиэлектрического волновода, выполненного из диэлектрической подложки с металлизацией.

В процессе реализации путем пайки стенок был создан волновод размерами 70x35x150 мм. Для выведения полосковой линии на верхней стенке был выведен с помощью фотопечати рисунок дорожек и внешняя металлизация подверглась травлению.

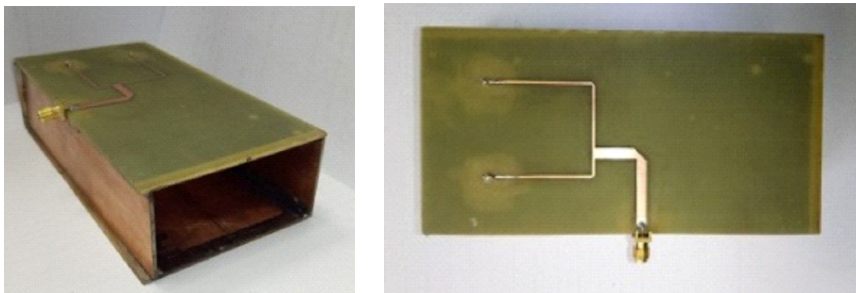


Рис. 1. Общий вид и вид сверху реализованного волновода

Результаты коэффициента отражения были сняты с реализации волновода с помощью анализатора цепей.

Для измерения диаграммы направленности реализованного волновода был проведен следующий эксперимент:

В безэховой камере были размещены две антенны – передающий волновод на частоте в 4.7 ГГц и реализация металлодиэлектрического волновода в качестве приемной антенны – друг напротив друга на расстоянии около двух метров и откалиброваны по вертикальному уровню и углу наклона. Обе антенны были подключены к анализатору спектров FSH8, который в свою очередь был подключен к ПК. В ходе эксперимента менялись значения угла рыскания с шагом в 5 градусов в диапазоне основного излучения от 0 до 180 градусов. Полученные данные были обработаны и представлены в виде графика диаграммы направленности с помощью ПО Mathcad.

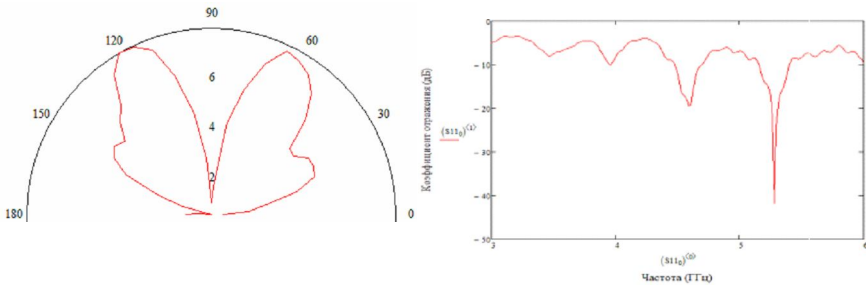


Рис. 2. Диаграмма направленности реализации и коэффициент отражения металлодиэлектрического волновода

## MODELING OF METAL-DIELECTRIC RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH THE PEACEFUL EXCITATION F H20 WAVE TYPE

*Kadyrov R.A., Khokhlov D.K., Borisov I.K., Nasibullin A.R.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In this paper we consider the realization of the method of exciting a H20 wave of a type in a metal-dielectric waveguide and a comparative analysis of the obtained characteristics with the characteristics of a virtual model.

## **АНТЕННЫ В ВИДЕ ОТКРЫТОГО КОНЦА ВОЛНОВОДА ИЗ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

***Борисов И.К., Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Насыбуллин А.Р.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В докладе рассмотрены различные варианты конструкции и проектирования СВЧ апертурных антенн, вида: «открытый конец волновода» как получивший наибольшее распространение на данный момент вид, с использованием металлодиэлектрических материалов, для сохранения или достижения более высоких показателей коэффициентов отражения, увеличения диапазона частот работы, улучшения направленности, уменьшения массогабаритных параметров, и упрощения изготовления данных конструкций.

Проанализировав обширную сферу применения волноводов, можно заметить, что преимущественно данные узлы изготавливаются из металла, следовательно, для изготовления требуется использовать довольно трудоемкий и энерго- и ресурсно- затратный процесс, не смотря на то что практически все производство легло на плечи автоматизированной техники, а не человека.

Проблема необходимости модернизировать производство и конструирование в данной области достаточно существенна, так как и по сей день существует ряд задач выполнение которых без использования волноводных типов антенн сложно реализуемы. И нередко в случае принятия решения о использовании антенн такого типа встает вопрос уменьшения массы при сохранении габаритов, характеристик и долговечности.

Рассмотрена возможность использования металлодиэлектрических материалов, в частности текстолитного материала в качестве основы для производства волноводной антенны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройства СВЧ: учеб. пособие / Под ред. Д.М. Сазонова. – М.: Высш. школа, 1981. – 295 с.: ил.
2. *Левин Л.* Теория волноводов. Методы решения волноводных задач. Пер. с англ. /Под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 312 с.
3. Справочник по волноводам / перевод с англ. под ред. Я.Н. Фельда. – М.: Сов. радио, 1952. (Marcuvitz N/ Waveguide Handbook. Peter Peregrinus Ltd, 1986)

### **OPEN END OF A WAVEGUIDE TYPE OF ANTENNAS FROM METALLODYELECTRIC MATERIALS**

***Borisov I.K., Kadyrov R.A., Hohlov D.K., Nasibullin A.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The purpose is to consider various designs and design of microwave aperture antennas, the kind: «open end of the waveguide» as being the most widely spread at the moment, using metal-dielectric materials, to maintain or achieve higher reflectivity, Range of operation frequencies, improvement of directivity, reduction of mass-dimensional parameters, and simplification of manufacturing of these structures. We will excite the waveguide by using a coaxial cable passing into the whip antenna inside the waveguide housing.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ВОЛНОВОДНЫХ АНТЕНН ИЗ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Борисов И.К., Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Насыбуллин А.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В докладе рассмотрены проектирование и сравнение способов реализации СВЧ апертурных антенн из металла и металлодиэлектрических материалов, в программе CST Studio Suite 2016. За основу принята модель из металла, и будем считать ее эталоном, т.к. именно металлическая модель является основной используемой на производстве.

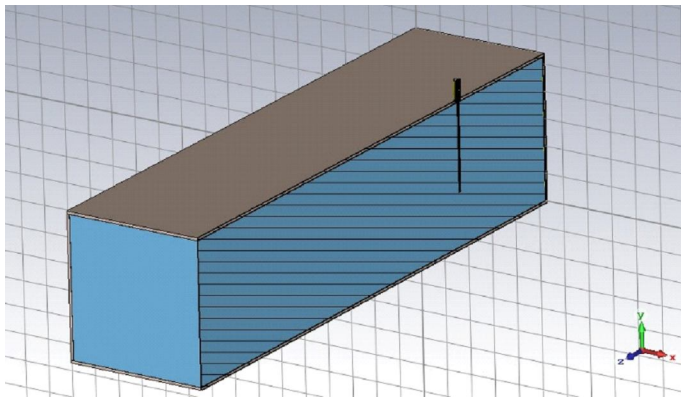


Рис. 1. Модель идеального металлического волновода в разрезе

Была рассчитана и разработана модель прототипа антенны типа: открытый конец волновода из металла со штыревым возбуждением, проведены сравнения с моделью из металлодиэлектрических материалов. Рассмотрены различные варианты толщин металлизаций стенок волновода, толщин и диэлектрической проницаемости диэлектрика, вариации стыковок стенок в диэлектрическом волноводе для

диапазона частот СВЧ. Были рассчитаны характеристики антенны для заданных диапазонов частот (до 2 ГГц). Получили ряд графиков сравнений коэффициентов отражения S11 и диаграмм направленности. Проведя сравнения характеристик и массогабаритных параметров спроектированных и реализованных волноводов, смогли промоделировать все возможные варианты, выбрать лучшие и перейти к их реализации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройства СВЧ: учеб. пособие / Под ред. Д.М. Сазонова. – М.: Высш. школа, 1981. – 295 с.: ил.
2. Левин Л. Теория волноводов. Методы решения волноводных задач / Пер. с англ.; под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 312 с.
3. Справочник по волноводам / перевод с англ. под ред. Я.Н. Фельда. – М.: Сов. радио, 1952. (Marcuvitz N. Waveguide Handbook. Peter Peregrinus Ltd, 1986)

## MODELING AND REALIZATION OF WAVEGUIDE ANTENNAS FROM METAL-ELECTRIC MATERIALS

***Borisov I.K., Kadyrov R.A., Hohlov D.K., Nasibullin A.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The design and comparison of methods for the realization of microwave aperture antennas from metal and metal-dielectric materials in the CST Studio Suite 2016 program are considered. The model is taken from a metal, and we will consider it as the standard, because namely the metal model is the main used in production.

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ САЛФЕТКИ СЕРПИНСКОГО

*Табакон Д.П., Матвеевский П.О., Кориунов С.А.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

С помощью тонкопроволочных интегральных представлений электромагнитного поля [1] построена математическая модель симметричной фрактальной антенны на основе салфетки Серпинского. Проведен полный электродинамический анализ излучающей структуры при различном числе фрактальных итераций. В дополнение к результатам, представленным в [2], рассчитано распределение токов по сегментам антенны (рис. 1).

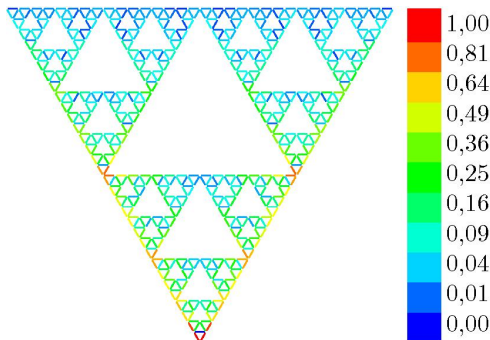


Рис. 1. Распределение тока по антенне  
с длиной плеча  $0,25\lambda$  (7 итераций)

Выявлено, что распределения токов имеет достаточно сложный характер, плохо аппроксимирующийся гладкими проекционными функциями, а сегменты с наибольшей амплитудой токов находятся в вершинах треугольников. Показано, что на кратных частотах наблюдается повторяемость формы диаграммы направленности (рис.2).



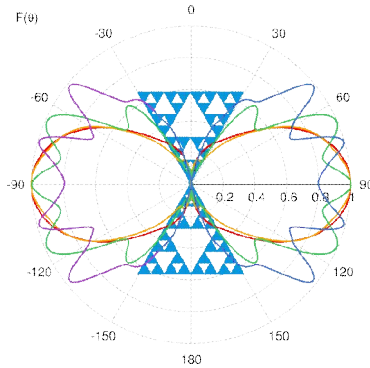


Рис. 2. Диаграммы направленности фрактальной антенны в меридианной плоскости на кратных частотах (7 итераций)

Построена зависимость входной мощности от электрической длины антенны при единичном напряжении питания. Также проведен анализ электродинамических характеристик антенны при ее неидеальном исполнении, когда длины всех сегментов не равны друг другу, а имеют определенную погрешность изготовления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Неганов В.А., Табаков Д.П.* Сингулярные интегральные представления электромагнитного поля как средство корректного решения антенных задач // *Физика волновых процессов*, 2014 . – Т. 17. – № 3. – С. 9-22.
2. *Табаков Д.П.* Тонкопроволочная модель фрактального симметричного вибратора на основе салфетки Серпинского // *Радиотехника*. – № 2. – 2015. – С. 16-22.

## ELECTRODYNAMIC ANALYSIS OF A FRACTAL ANTENNAS BASED ON SERPINSKY CARPET

*Tabakov D.P., Matveyevskiy P.O., Korshunov S.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

## ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОНКОПРОВОЛОЧНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ВИБРАТОРА С ПОВОРОТНОЙ СИММЕТРИЕЙ

*Табаков Д.П., Морозов С.В., Коршунов С.А.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В работе рассмотрена модель тонкопроволочного вибратора, эквивалентная модели трубчатого вибратора [1]. Расчет структуры был произведен на основе тонкопроволочных интегральных представлений электромагнитного поля [2], с учетом поворотной симметрии.

Общий вид геометрии рассматриваемого широкополосного тонкопроволочного электрического вибратора приведен на рис. 1, а. Как видно из рисунка, вибратор представлен совокупностью идентичных тонких проводников  $L_N$  длиной  $L$  и радиуса  $\epsilon$ , образующие которых расположены на поверхности воображаемого цилиндра радиуса  $a$ , имеющего аналогичную длину и ориентированного симметрично относительно начала координат. На рис. 1, б показана проекция рассматриваемой структуры в плоскости  $xOy$ .

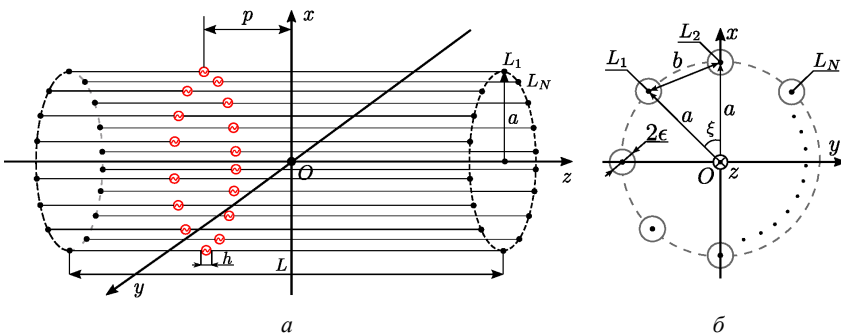


Рис. 1. Геометрия широкополосного тонкопроволочного вибратора:  
а – общий вид; б – проекция в плоскости  $xOy$

Проведена оценка сходимости решения внутренней задачи при различном числе сегментов (рис. 2), а также результаты расчета распределений токов на тонких проводниках, образующих вибратор. Показано, что в рассматриваемой структуре даже на сравнительно низких частотах может образовываться бегущая волна тока (рис. 3).

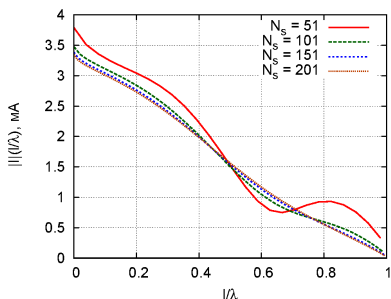


Рис. 2. Оценка сходимости решения внутренней задачи при различном числе сегментов при  $L = 2\lambda$

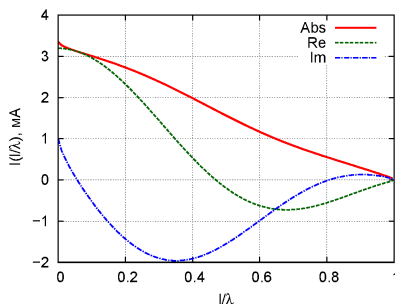


Рис. 3. Результаты расчета распределений тока для случая  $L = 2\lambda$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неганов В.А., Ключев Д.С., Табаков Д.П. Устройства СВЧ и антенны. ЧП: Теория и техника антенн. – Изд-во «Книжный дом «Либроком». 2014. – 728 с.
2. Табаков Д.П., Морозов С.В., Неганов В.А. Применение тонкопроволочных интегральных представлений электромагнитного поля к электродинамическому анализу вибраторных антенн с большим поперечным сечением // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – Т. 20, № 2. – 2017. – С. 57-58.

## CONSTRUCTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF A THIN-WIRE-WIDE-BROADBAND GENERATOR WITH TURNING SYMMETRY

*Tabakov D.P., Morozov S.V., Korshunov S.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ УГЛОВ

*Табакон Д.П., Яковлев М.В., Коршунов С.А.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

На основе совокупности тонких проводников  $L_i, L'_j$  построена математическая модель правильной рамки высотой  $h$ , имеющей произвольное число углов  $N_a$ , питающейся системой генераторов  $G_i$  (рис. 1),  $r_x$  – радиус окружности, описанной вокруг рамки;  $i = -N \dots N$ ;  $L'_j$  – поперечные проводники, ориентированные вдоль оси  $Oz$  – на рисунке не показаны,  $j = -N' \dots N'$ . Данная структура представляет собой альтернативу модели кольцевой цилиндрической рамочной антенны [1, 2].

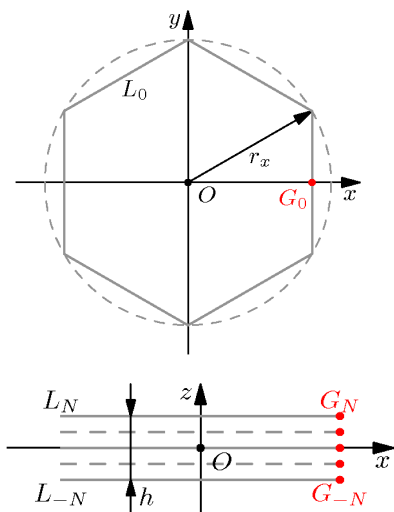


Рис. 1

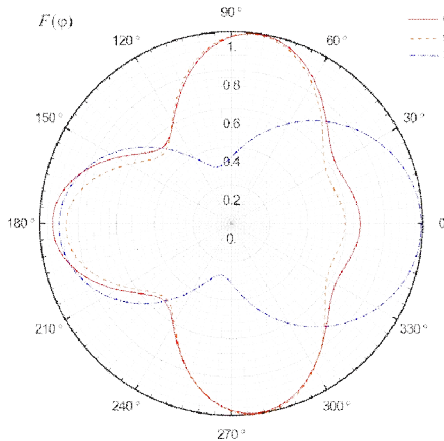


Рис. 2

Для рассматриваемой структуры были проведены исследования ее электродинамических характеристик в зависимости от числа углов, а также числа продольных и поперечных проводников. Показано, что наличие поперечных проводников существенно влияет на зависимость входного сопротивления антенны от  $L/\lambda$ , ( $L$  – периметр рамки), а увеличение ширины  $h$  структуры ведет к «сглаживанию» этой зависимости. Выявлено, что при  $L/\lambda < 1$  число углов практически не влияет на форму диаграммы направленности в азимутальной плоскости, а при больших значениях начинают проявляться отличия (рис. 2, подписаны значения числа углов).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неганов В.А., Табаков Д.П. Задача о распределении поверхностной плотности тока по кольцевой полосковой антенне // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – Т. 10. – № 4. – 2007. – С. 8-19.

2. Неганов В.А., Вороной А.А., Табаков Д.П. Сингулярные интегральные уравнения для анализа диаграммы направленности кольцевой полосковой антенны с учетом распределения тока по проводнику // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – Т. 11. – № 2. – 2008. – С. 7-13.

## **ELECTRODYNAMIC MODEL OF A FRAMEWORK ANTENNA WITH AN ANNUAL NUMBER OF ANGLES**

***Tabakov D.P., Yakovlev M.V., Korshunov S.A.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

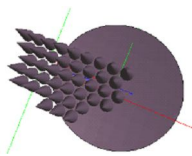
## МНОГОЛУЧЕВЫЕ АНТЕННЫ

*Скачков В.А., Садыков А.Р.*

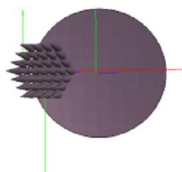
*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Разработка радиотехнических систем различного назначения предполагает широкое использование антенных решеток, среди которых наиболее перспективными в плане практического использования являются многолучевые и сканирующие антенные решетки, позволяющие реализовать сложные системные требования и пригодные к использованию при работе в комплексе внешних помех. Проведем электродинамическое моделирование и сравнение радиотехнических характеристик (РТХ) гибридных зеркальных антенн (ГЗА), построенных по двум принципам: «один облучатель – один луч» и «один кластер – один луч».

В качестве примера для сравнения возьмем ГЗА Ka-диапазона, которая должна формировать набор лучей в зоне обслуживания (ЗО) шириной  $0,9^\circ \times 0,9^\circ$ . Рассчитаем оптимальные размеры рефлектора  $D = 870$  мм и фокусное расстояние  $F = 1740$  мм. В качестве облучателя выберем конический рупор. Для того, чтобы сравнить два типа представленных схем облучающих решеток, проведено моделирование и расчет РТХ рассмотренных антенн с помощью программного обеспечения (ПО) GRASP<sup>1</sup>.



«один облучатель – один луч»



«один кластер – один луч»

---

<sup>1</sup> ПО GRASP – программа для проектирования зеркальных антенн. – ticta.com.

Результаты моделирования антенн приведены в таблице:

| Тип схемы облучателей        | Количество облучателей | КУ в ЗО |
|------------------------------|------------------------|---------|
| «Один облучатель – один луч» | 45                     | 45.1    |
| «Один кластер – один луч»    | 37                     | 47.9    |

Таким образом, вариант многолучевой антенны, построенной по кластерной схеме, позволяет получить увеличение КУ в ЗО на 2,8 дБ по сравнению с классической схемой «облучатель-луч», что позволяет повысить помехоустойчивость.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Першин А.С.* Методика синтеза и анализа геометрических и электрических характеристик бортовых контурных и многолучевых антенн. – Ч. 1. – 2011.
2. *Айзинберг Г.З. и др.* Антенны УКВ / Под ред. Г.З. Айзинберга, в 2-х ч. – Ч. 1. – М.: Связь, 1977. – 384 с.

## MULTIBEAM ANTENNA

***Skachkov V.A., Sadykov A.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Considers two options for the construction of hybrid reflector antennas and compared their characteristics.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕНН С КОНТУРНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

*Скачков В.А., Шагвалиев Т.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В статье рассмотрена методика моделирования антенны с контурной диаграммой направленности и задание её параметров.

**Ключевые слова:** антенна с контурной диаграммой направленности, рефлектор сложной формы, контурная диаграмма направленности.

### Введение

В настоящее время актуально становится проблема покрытия информацией определенной зоны обслуживания контурной формы, т.е. отличной от круга. Одним из способов решения этой проблемы может стать применение антенн с контурной диаграммой направленности (КДН). КДН – это диаграмма, которая обеспечивает освещение требуемой зоны обслуживания по оптимальному уровню сигнала, минимизируя при этом излучение во всех других направлениях. Антенны с КДН, имеют применение в системах спутниковой связи.

Для синтеза антенны с КДН в работе используется метод непосредственной оптимизации формы поверхности зеркала. Расчет антенны с контурной ДН (КДН) будет производиться в ПО SATSOFT. С помощью данного ПО создается контур требуемой нам ДН и устанавливается точка стояния спутника на орбите. Также задаются рабочие частоты антенны, количество станций и в заданном контуре и их размер. Мы проектируем антенну Ка диапазона и для неё требуется плотное размещение станций. После того как контур был создан и заполнен станциями, необходимо экспортировать файл со «станциями» в ПО POS. Основной принцип работы POS заключается в следующем: существует некоторая аналитическая модель рефлектора, которую мы создаем заранее, к ее идеальной поверхности добавляется «регулируе-



мая поверхность». В результате синтеза и сложения поверхностей получаем профиль рефлектора антенны с контурной ДН. В рассматриваемом алгоритме поверхность рефлектора описывается бикубическими сплайнами. Свободными параметрами служат координаты узлов сплайна. Бикубические сплайны позволяют достичь лучших результатов в синтезе профилей рефлекторов. Для первых расчетов поверхности полиномы задаются нулевыми. Это подразумевает, что мы имеем начальный аналитический параболоид без искажений.

Первый этап в синтезе профиля это создание начальной поверхности. В качестве параметров используется параметры параболоида и требуемая ДН. Второй этап – это задание элементов для процесса синтеза. Задается облучатель, который будет использован для расчетов в исследовании используется конический рупор для Ka диапазона. Третий этап заключается в объединении первых двух этапов и задании параметров оптимизации. На данном этапе задается количество итераций для синтеза профиля рефлектора, а также параметры выходных файлов. Также задаются параметры для описания распределения токов на поверхности рефлектора. Далее профиль рефлектора синтезируется. Синтез проводится последовательными итерациями. Для просмотра полученных результатов используется ПО SATSOFT.

### **Заключение**

В статье рассмотрим наиболее оптимальный и удобный способ моделирования антенны с КДН. Антенны с КДН позволяют покрыть нам требуемую зону обслуживания, не затрагивая территорию вне её, а также обеспечить требуемый КУ.

## **SIMULATION OF ANTENNAS WITH A CONTOUR DIRECTION DIAGRAM**

***Skachkov V.A., Shagvaliev T.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

This article discusses the technique of modeling an antenna with a contour radiation pattern and setting its parameters.

## АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ ММВ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА С ИДЕНТИЧНЫМИ НЕРЕГУЛЯРНОСТЯМИ

*Седельников Ю.Е. Шабаан М.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

При реализации антенн миллиметрового диапазона волн альтернативой классическим вариантам могут стать системы в виде АР из нерезонансных излучателей возбуждаемых диэлектрическими волноводами [1-2].

Классическая антенна типа вытекающей волны представляет собой диэлектрическую волноведущую структуру, нагруженную периодической системой нерегулярностей. Строгий электродинамический анализ излучения такой антенна достаточно сложен [3], и разными авторами предложены те или иные варианты приближенного анализа<sup>1</sup>. При проектировании подобных антенн достаточно просто основываться на представлении антенн на ДВ в виде антенной решетки с последовательным возбуждением и использовать при анализе энергетический подход [3].

В простейшем случае антенна состоит из диэлектрического волновода того или иного типа, нагруженного периодической системой идентичных нерегулярностей. Возможно выполнение антенны в различных вариантах. Согласно энергетическому подходу апертурное распределения в поперечно излучающей антенне имеет вид для вариантов антенны  $a - \nu$ .

$$I_n = \sqrt{x(1-x)^{n-1}}, \quad (1)$$

$$I_n = \sqrt{x(1-x)^{n-1}} + \sqrt{x(1-x)^{N-n-1}}, \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> Обзор наиболее известных работ можно найти в [3-6].

$$I_n = \sqrt{x(1-x)^{n-1}} + \sqrt{x(1-x)^{2N-n-1}}. \quad (3)$$

где  $x$  – коэффициент связи элемента решетки с волноводом;  $\eta$  – коэффициент полезного действия, соответственно для вариантов *a-b*: равный  $\eta = 1 - (1-x)^N$  и для варианта *в*:  $\eta = 1 - (1-x)^{2N}$ , причем типичные значения коэффициентов связи элемента решетки как правило не превышают значения 0.2-0.25.

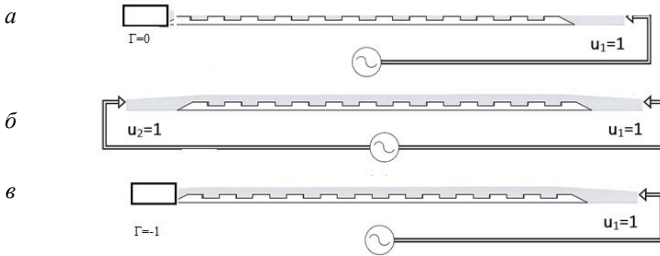


Рис. 1. Варианты антенны:

*a* – согласованной концевой нагрузкой; *б* – с двухсторонним возбуждением; *в* – с короткозамыкателем

Расчеты согласно (1)-(5) показывают, что вариант выполнения антенны с концевой короткозамкнутой нагрузкой обеспечивает увеличение коэффициента усиления не менее 20 % не требуя усложнения конструкции антенны (рис. 2). Наибольший эффект достигается при оптимальном выборе значения коэффициента связи элемента решетки в зависимости от числа ее элементов (рис. 3).

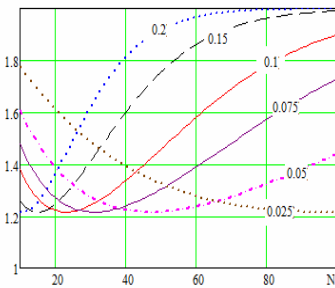


Рис. 2. Выигрыш при использовании варианта с короткозамкнутой концевой нагрузкой

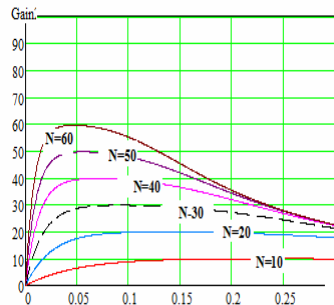


Рис. 3. Коэффициент усиления антенны в зависимости от числа элементов и коэффициента связи

Электродинамическое моделирование подтверждает указанные оценки.

**Заключение.** Рассмотренные варианты могут рассматриваться как основа для создания семейства антенн с характеристиками, приемлемыми для новых телекоммуникационных приложений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Klassen V.I., Oleinik E.Ju., Sedelnikov Yu., E. Shaaban M.* Ploskie Antenni dlja perspektivnyh sredstv telekommunikatsij. Elektrosvjaz, № 4 2017. – Pp. 59-63 (in Russian).

2. *Bacarely P.* 1-D Periodic Leaky-Wave Antennas: Radiation Properties and Design Aspects. ESoA Course on Leaky Waves and Periodic Structures for Antenna Applications, 26-29 Apr. 2011, Italy. «La Sapienza» University of Rome. – 2011. – Pp. 324-329.

3. *Шестопалов В.П.* Физические основы миллиметровой и суб-миллиметровой техники. Открытые структуры. – Киев: Наукова думка, 1985. – Т. 1. – 216 с.

4. *Mauro Ettore.* Analysis and design of efficient planar leaky-wave antennas [http://homepage.tudelft.nl/g74u2/dwd/Tesi\\_mauro.pdf](http://homepage.tudelft.nl/g74u2/dwd/Tesi_mauro.pdf)

5. *Thomas A. Milligan* Modern Antenna design. Second Edition John Wiley & SonS, INC., Publication Hoboken, New Jersey. 2005 by John Wiley & Sons. – 614.

## САМОЛЕТНАЯ НЕВЫСТУПАЮЩАЯ АНТЕННА МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

*Авксентьев А.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Кольцевые щелевые антенны дециметрового диапазона используются на летательных аппаратах с металлической обшивкой корпуса вместо штыревых антенн, выступающих над обшивкой. Антенны метрового диапазона имеют большие габариты и применяются редко. Уменьшение габаритов антенны приводит к заметному уменьшению полосы согласования. В [1] приведены данные по антеннам диаметром до 0,175 рабочей длины волны и методика их проектирования. При рабочей длине волны 3 м получаются антенны диаметром 500-600 мм, которые могут быть размещены на самолете.

В докладе рассмотрен пример разработки такой антенны. Фотография разработанного макета антенного блока показана на рис. 1.

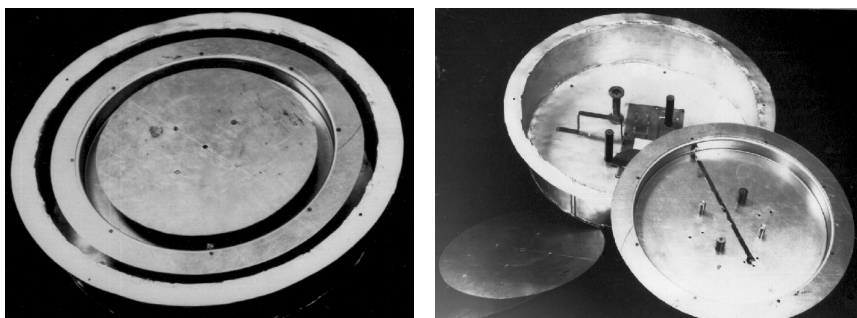


Рис. 1. Блок антенн в сборе (слева)  
и разобран (справа)

Диаметр корпуса блока 500 мм, глубина резонатора 125 мм. В конструкции блока объединены 2 кольцевые щелевые антенны [2], работающие в полосах частот 1-113,3...115,3 МГц, 2-120,5...122,5 МГц и 3- 242...244 МГц с двумя входными разъемами, первый разъем для сигналов полос 1 и 2, второй для полосы 3.

Для получения  $K_{сг} < 4$  в полосах частот 1, 2 у наружной антенны внутри корпуса на дне размещен полосковый колебательный контур, связанный с антенной и с входным разъемом и обеспечивающий согласование в обеих полосах частот. У макета предусмотрены элементы для настройки антенны. Внутренняя антенна перекрывает заданную полосу при узкополосном согласовании и возбуждается полосковой линией. Для подключения возбуждающего устройства внутренней антенны к разъему, расположенному на дне корпуса, используется металлическая коаксиальная линия, проходящая внутри резонатора наружной антенны. Кольцевые щели антенн снаружи закрыты тонким диэлектрическим обтекателем из стеклотекстолита (на рисунке не показан).

Диаграммы направленности антенн в азимутальной плоскости практически ненаправленные. Они измерялись при размещении блока на круглом экране, заменяющем корпус реального объекта.

В докладе также показаны другие варианты разработанных антенн метрового и дециметрового диапазонов волн для различных самолетных радиосистем, в том числе работающие в одной полосе частот, двух и трех полосах частот, приведены эскизы антенн.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воробьев Н.Г.* Проектирование слабонаправленных невыступающих антенн / Н.Г. Воробьев, А.А. Авксентьев, Н.Е. Стахова. – Казань: КАИ, 1984. – 80 с.

2. *Авксентьев А.А.* Исследование совмещенных кольцевых щелевых излучателей/ А.А. Авксентьев, В.А Скачков. – Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая, 1979. – Вып. 4. – С. 27-37.

# **AIRCRAFT NON-PROTRUDING ANTENNA OF METER WAVE RANGE**

*Avkcentev A.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The results of the development of a non-protruding aircraft antenna of a meter wave band, operating in two frequency bands, are presented.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ ПЕРЕСТРАИВАЕМОГО ЛАЗЕРА

*Андрюшенко Т.А., Ильин А.Г.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В ряде важных приложений используются лазеры с модуляцией выходного сигнала по частоте по определенному закону (чаще всего используются гармонический или пилообразный законы модуляции). При этом средняя частота частотно модулированного лазера должна быть привязана к частоте высокостабильного опорного лазера. Целью данной работы является разработка системы стабилизации средней частоты частотно-моделированного гелий – неоновом лазера на длине волны 3,39 мкм.

Излучение обоих лазеров подаются на фотосмеситель. Выходной сигнал на выходе фотосмесителя представляет периодическую последовательность импульсов биения лазера со стабильной частотой и частотно-модулированного лазера. Импульсы биений соответствуют моменту, когда частоты лазеров совпадают. Частота повторения импульсов определяется частотой модулирующего сигнала. При равенстве средней частоты частоте опорного лазера временное положение импульсов времени прохождения модулирующего сигнала через нулевой уровень. Интервалы между импульсами равны и соответствуют половине периода модулирующего сигнала. Если средняя частота и частота опорного лазера не равны, то изменятся временная расстановка между импульсами биений. Один из временных интервалов увеличится, а второй уменьшится. Сравнивая временные интервалы можно сформировать величину и знак управляющего сигнала, подаваемого науправитель частоты.

В установке использован серийный выпускаемый промышленностью лазер на длину волны 3.39 мкм. Глухое зеркало установлено на пьезокерамике, и под действием приложенного напряжения мо-



жет изменять длину резонатора. Зеркало совершает два колебания с частотой 1000 гц и медленные от генератора пилообразного напряжения, осуществляющие изменение средней частоты лазера. При изменении напряжения на пьезоэлектрическом зеркале происходит изменение длины резонатора и изменение средней частоты лазера. При этом изменяются временные интервалы между импульсами биеений. Система управления определяет разность между временными интервалами и ее знак. Знак определяет, на какой вход счетчика импульсов подается импульсы (положительный или отрицательный), Это приводит к соответствующему изменению управляющего сигнала. Средняя частота лазера стремится к частоте опорного лазера. Данная система стабилизации была реализована на практике.

## **STABILITION OF THE AVERAGE FREQUENCY OF ATUNABLE LASER**

*Andryushchenko T.A., Ilyin A.G.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The features of constructing a system for stabilizing the average frequency of a tunable laser.

**БАЗА ДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ДИРЕКТОРНЫХ АНТЕНН  
С УВЕЛИЧЕННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ  
И УМЕНЬШЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА ШЕСТЬ  
И ЧЕТЫРЕ ПРОЦЕНТА В ДЛИНАХ ВОЛН  
ОТНОСИТЕЛЬНО АКТИВНОГО ВИБРАТОРА**

*Павлов В.В., Рябова Н.В., Павлова Н.Г.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Получены частотно-зависимые параметры моделей антенн, определены полосы их рабочих частот, рассчитаны средние значения параметров антенн в полосе рабочих частот и сформирована база данных этих параметров с конструктивными данными в длинах волн. Определены потенциально достижимые параметры рассчитанной совокупности конструкций.

**Цель работы:** создание базы данных параметров трехэлементных директорных антенн с удлиненным рефлектором и уменьшенным директором на шесть и четыре процента в длинах волн относительно активного вибратора при диаметре проводников 0,004 длины волны с изолированной траверсой.

Для получения частотно-зависимых параметров моделей антенн использована программа *MMANA GAL Pro* с автоматизацией процесса изменения моделей антенн и их расчета в *Tronan Macro Machine*. Обработка частотно-зависимых параметров и определение рабочей полосы частот с расчетом среднего усиления, отношения вперед-назад, среднего уровня *KCB* для каждой модели выполнена в табличном процессоре *MS Excel*. База данных параметров сформирована в *СУБД MS Access*.

В результате работы создана база данных параметров антенн при расстояниях от активного вибратора до директора и рефлектора в пре-

делах от  $0,04 \cdot \lambda$  до  $1,03 \cdot \lambda$  с шагом  $0,01 \cdot \lambda$  в полосе рабочих частот по уровню  $KCB = 15$ , и  $KCB = 2$ , зарегистрированная в РОСПАТЕНТе.

Определены потенциально достижимые параметры конструкций для различных параметров оптимизации:

– по уровню  $KCB = 1,5$ :  $P_{\text{ОТН max}} = 9,77\%$  ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,05 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,1 \cdot \lambda$ );  $Ga_{\text{AVER max}} = 7,95$  дБи ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,31 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,18 \cdot \lambda$ );  $F/B_{\text{AVER max}} = 17,12$  дБ ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,2 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,16 \cdot \lambda$ );  $KCB_{\text{CP min}} = 1,15$  ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,06 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,06 \cdot \lambda$ );

– по уровню  $KCB = 2$ :  $P_{\text{ОТН max}} = 13,77\%$  ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,04 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,16 \cdot \lambda$ );  $Ga_{\text{AVER max}} = 7,98$  дБи ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,31 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,15 \cdot \lambda$ );  $F/B_{\text{AVER max}} = 16,36$  дБ ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,2 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,11 \cdot \lambda$ );  $KCB_{\text{CP min}} = 1,26$  ( $d_{\text{AB-ДИР}} = 0,06 \cdot \lambda$ ;  $d_{\text{AB-РЕФ}} = 0,07 \cdot \lambda$ ).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620297 – Параметры трехэлементных вибраторных антенн с увеличенным рефлектором и уменьшенным директором на 6 и 4 процента в длинах волн относительно активного вибратора при диаметре проводников  $0,004$  длины волны с изолированной траверсой / В.В. Павлов, Н.В. Рябова, Ф.Ф. Назмутдинов; заявитель и правообладатель Поволжск. госуд. технолог. ун-т. – № 2015621362; заявл. 05.11.2015; опубл. 20.04.2016. Бюл. № 4, 2016. – 1 с.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: 17-07-00799; 15-07-05294; гранта Министерства образования и науки РФ: № 8.2817.2017/ПЧ.*

## **THE DATABASE OF PARAMETERS OF THREE ELEMENTY DIRECTOR ANTENNAS WITH THE ENHANCED REFLECTOR AND THE REDUCED DIRECTOR ON SIX AND FOUR PERCENT IN LENGTHS OF WAVES RELATIVE TO THE ACTIVE VIBRATOR**

***Pavlov V.V., Ryabova N.V., Pavlova N.G.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Frequency dependent parameters of models of antennas are received, bands of their operating frequencies are defined, mean values of parameters of antennas in a band of operating frequencies are calculated and the database of these parameters with constructive data in lengths of waves is created. Identified potentially achievable parameters of the calculated set of structures.

С Е К Ц И Я 6

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН  
В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
СИСТЕМАХ**

УДК 551.501.8

## **ЗОНДИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИМ СИГНАЛОМ**

*Насыбуллин А.Р., Веденькин Д.А.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Одним из методов диагностики ионосферной плазмы является создание периодических искусственных неоднородностей и определение параметров резонансного брэгговского рассеяния, находящихся в зависимости от текущего состояния ионосферы [1]. Подобный тип исследования имеет особое значение при характеристике нижних слоев ионосферы, где привычные методы не обладают требуемой эффективностью. Явление образования периодических неоднородностей в ионосфере под действием мощной стоячей волны объясняется сложными процессами, зависящими от расположения неоднородностей, электронной концентрации, температуры электронов и ряда других факторов.

В качестве зондирующего сигнала возможно применение полигармонических колебаний по аналогии с системами определения характеристик резонансных структур в микроволновом и оптическом диапазонах частот, позволяющими с высоким быстродействием восстановить параметры резонансного контура [2].

Метод требует выполнения требований строгой симметричности составляющих полигармонического сигнала, что побудило прибегнуть к специальным мерам для формирования полигармонического колебания, в частности к применению амплитудно-фазовых методов преобразования несущей. Определение резонансных характеристик, таких как резонансная частота, добротность и амплитуда резонанса, с помощью полигармонического зондирования осуществляется посредством анализа амплитуды и фазы огибающей полигармонического сигнала после прохождения или отражения от резонансной системы.

Цель работы заключалась в рассмотрении возможностей адаптации известного в оптической и микроволновой технике метода полигармонического обратного зондирования, рассмотренного на примере двухчастотного пробного сигнала, к задачам анализа характеристик искусственных периодических неоднородностей в ионосфере. Воспользовавшись принципами анализа по огибающей двухчастотного зондирующего колебания, определено, что амплитуда и фаза отраженного от контура двухчастотного сигнала, зависят от значения средней частоты  $f_c$  и расстройки между частотами  $\Delta f$ . Рассмотрен вопрос об изменении амплитуды и фазы огибающей выходного двухчастотного сигнала при прохождении его через абстрактный контур.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант № 15-19-10053).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование ионосферы с помощью искусственных периодических неоднородностей / В.В. Беликович, Е.А. Бенедиктов, А.В. Толмачева, Н.В. Бахметьева. – Н.Новгород: ИПФ РАН, 1999. – 155 с.
2. Морозов О.Г. Синтез двухчастотного излучения и его применение в волоконно-оптических системах распределенных и мультиплексированных измерений / О.Г. Морозов, Д.Л. Айбатов,

Т.С. Садеев // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2010. – Т. 13, № 3. – С. 84-91.

## **SENSING OF IONOSPHERIC ARTIFICIAL INHOMOGENEUMS BY POLYGRARMONIC SIGNAL**

***Nasybullin A.R., Vedenkin D.A.***

*(Volga State Technical University of Technology)*

The principles of sounding of periodic inhomogeneities created in the ionosphere by polyharmonic signals are considered on the example of a two-frequency oscillation representing a beat signal.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ РАДИОКАНАЛА НА КАЧЕСТВО СВЯЗИ В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

*Семенов В.Э., Стахова Н.Е.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Радиоканал – это важнейший компонент мобильной системы связи. Его характеристики и состояние вносят вклад в обеспечение качества связи. Кроме различных особенностей распространения радиоволн, на состояние радиоканала оказывают влияние и погодные условия (дождь, град, снег, туман) [1]. В докладе приводятся результаты моделирования различных состояний радиоканала, полученные при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

Для исследований использовался пакет [2] Visual System Simulator (VSS), который является программой моделирования цифровых устройств систем связи на системном уровне. Программа интегрирована в среду проектирования AWR Design Environment. Пакет VSS имеет большой набор моделей функциональных блоков, прикладные библиотеки, поддерживающие практически все распространенные в настоящее время стандарты связи. Пакет VSS ориентирован на моделирование именно телекоммуникационных систем, имеет обширный набор моделей каналов. Сюда входят модели замираний, многолучевого распространения радиоволн, импульсные помехи. Эти модели позволяют достаточно точно оценивать работу телекоммуникационных систем в реальных условиях.

На первом этапе исследований и моделирования была построена структурная схема системы, которая позволяла учитывать тип модуляции. В качестве источника помех использовалась имитация погодных условий – влияние вносимых потерь на показатель BER, поскольку это показатель является вероятностью ошибочного приема при передаче одного бита информации, усредненной для статистически большого объема передаваемой информации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грудинская Г.П.* Распространение радиоволн. – М.: Высшая школа, 1975. – С. 280.
2. *Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б.* Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
3. Руководство пользователя MWO: NIAWR Design Environment v12 Edition -<http://www.awgcorp.com/resource-library>.

### **THE STUDY OF INFLUENCE OF THE STATE RADIO CHANNEL ON THE QUALITY OF COMMUNICATION IN MOBILE SYSTEMS**

***Sevenov V.E., Stakhova N.E.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The report describes the results of modeling the various States of the radio channel, obtained in the execution of final qualifying work of bachelor. Was built a structural diagram of a system that allows to take into account the type of modulation. As the source of the interference was used to simulate weather conditions – the impact of insertion loss on the index BER.

## **МЕТОДЫ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ТРАССАХ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ**

***Бурдин В.А., Гаврюшин С.А., Прокопьев В.И.***

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Поиск места повреждения установленного электрического кабеля, трасса прохождения которого многократно меняет направление на ограниченном пространстве, с помощью промышленных трассопоисковых приборов – кабелеискателей, реализующих традиционный индукционный метод, ориентированный на поиск одиночного кабеля, находящегося на достаточном удалении от других подземных коммуникаций, как правило, не дает положительных результатов. Это обусловлено, в первую очередь, помехами, наводимыми в антенне приемника кабелеискателя над тестируемом участком трассы токами в кабеле с соседних близко расположенных участков трассы. К подобным трассам сложной конфигурации относятся, в частности, кабельные системы обогрева тротуаров и ступеней, например, сходов метрополитена, а также бытовые и промышленные кабельные системы «теплый пол». Аналогичные проблемы возникают также при прокладке кабеля совместно с другими протяженными подземными сооружениями с металлическими элементами [1].

Вышесказанное определяет актуальность задачи разработки оригинального метода для поиска мест повреждения кабелей со сложной конфигурацией прокладки и реализующего устройства.

Для поиска повреждений кабеля в рассматриваемых условиях предлагаются методы, базирующиеся на сканировании распределения на некоторой поверхности над кабелем уровней электромагнитного поля, создаваемого тока и в цепи «кабель-земля», и последующем анализе трехмерного отображения данного распределения [2].

В работе описывается опыт применения такого подхода на трассах кабельных линий связи для поиска повреждений кабелей нагрева в ступенях схода метрополитена. В качестве примера представлено устройство, реализующее предлагаемый метод, для поиска повреждений в кабельной системе, уложенной в полах. Приведены результаты испытаний. Показана возможность определения места повреждения кабеля с помощью данного устройства в уложенной в полах кабельной системе со сложной конфигурацией укладки с погрешностью не более 10 см.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурдин В.А., Прокопьев В.И., Ромодин В.Г., Сивков В.С.* Методы локализации повреждений кабелей на трассах сложной конфигурации // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт, 2013. – Т. 7. – №8. – С. 33-34.
2. *Бурдин В.А.* Способ определения трассы прокладки и локализации места повреждения кабеля / Патент RU 2350974C1, БИ № 9, 2009.

## **METHODS OF SEARCHING FOR DAMAGE TO THE CABLE SYSTEM ON ROUTES OF THE COMPLICATED CONFIGURATION**

*Buridin V. A., Gavryushin S.A., Prokop'ev V.I.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The paper considers a problem of the higher accuracy in detection of installation route and localization of cable damage area.

## ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ИОНОЗОНДЕ

*Иванов Д.В., Иванов В.А., Елсуков А.А., Овчинников В.В.  
(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В работе решалась задача применения сигналов с расширенным спектром в задаче вертикального зондирования ионосферы с применением новых технологий цифрового синтеза и обработки их на универсальной платформе. Получено, что применение сигналов с внутриимпульсной модуляцией (FMICW или BPSK) позволило создать ионозонд с минимальной мощностью излучения и высоким качеством ионограмм. В вертикальном одноантенном ионозонде использована универсальная платформа USRP N210 построенная по SDR технологии. Для сигнала с FMICW в одноантенном режиме работы была решена научно-техническая задача выбора псевдослучайных интервалов приема и передачи, позволившая получить максимальную энергию в отсутствии «слепых» зон приема. В результате анализа в качестве ПСП были использованы M-последовательности. Для снижения уровня корреляционных шумов, вносимых M-последовательностью из прямоугольных импульсов случайной длины, требовалось сглаживание фронтов. В одноантенном режиме зондирования BPSK сигналом для увеличения отношения сигнал/шум было применено когерентное накопление группового сигнала с выигрышем 26 дБ. Реализованный в устройстве принцип «АЦП к антенне» позволил обеспечить додемодуляторную обработку принимаемых сигналов с целью «обеления» их спектра на основе адаптивного эквалайзирования. Примененный комплекс методов и средств позволил создать устройство, не имеющее аналога. На нем были полученные ионограммы (рис. 1) высокого качества при излучении сигнала мощностью всего 20 Вт, что на 15-20 дБ меньше мощности ионозондов на простых сигналах.

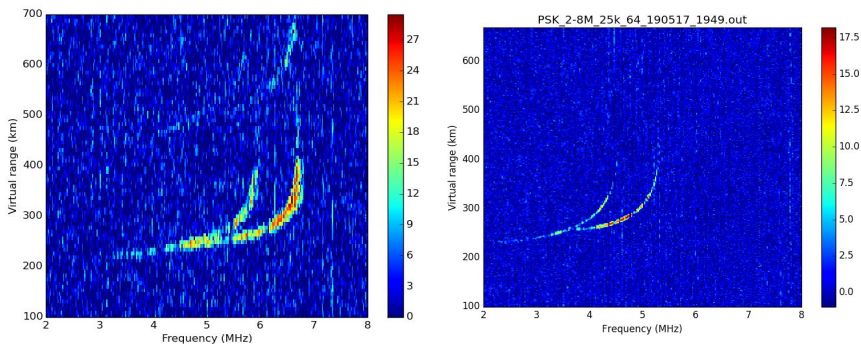


Рис. 1. Ионограммы ВЗ ионосферы FMICW и BPSK сигналами

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: 17-07-00799; 15-07-05280; гранта Министерства образования и науки РФ: № 3.4074.2017/ПЧ.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов Д.В.* Однопозиционный с одной антенной вертикальный ионозонд с непрерывным ЛЧМ сигналом на основе SDR технологии / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, А.А. Елсуков // Радиолокация, навигация, связь: XXI Международная научно-техническая конференция, Воронеж 14-16 апреля 2015 г. – Воронеж, 2015. – С. 1169-1176.

### USING SPREAD SPECTRUM SIGNALS IN THE VERTICAL IONOSONDE

*Ivanov D.V., Ivanov V.A., Elsukov A.A., Ovchinnikov V.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

To create an ionosonde with the minimum power and high quality of ionograms, spread spectrum signals (FMICW and BPSK) were applied. Ionosond is implemented by SDR technology. Digital signal processing eliminates interference and normalizes signal and noise levels.

## ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ЧАСТОТНЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕМОВ КВ-СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ИХ ПАССИВНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*Иванов Д.В., Иванов В.А., Рябова Н.В., Катков Е.В.,  
Бельгибаев Р.Р.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

**Цель работы:** экспериментальное определение из множества возможных ионосферных КВ каналов тех, которые обладают максимальной доступностью, на основе применения метода пассивного зондирования среды.

Парциальные ионосферные радиоканалы стохастически изменчивы. Для оценки их качества используется функция рассеяния с параметрами: отношение сигнал/шум; рассеяние по задержке и рассеяние по частоте. Модемы КВ связи характеризуются функциями производительности с параметрами, совпадающими по названиям с параметрами канала. Если состояние канала удовлетворяет функции производительности модема, то канал для данного модема является доступным. Изменчивость парциальных каналов требует мониторинга их доступности (рис. 1). Исследовалась доступность двух каналов. Один на реальной, а другой на формальной ОРЧ, равной 0,85 МПЧ. Установлено, что выигрыш в отношении сигнал/шум для системы связи, а, следовательно, и выигрыш в излучаемой мощности для среднеширотной радиотрассы составляет 4,3-12 дБ, а для приполярной – 4,8-6,4 дБ. Наблюдаемые отличия, вероятно, связаны с большим значением коэффициента поглощения энергии сигнала в нижней ионосфере приполярного региона. Представленные результаты свидетельствуют о том, что мощность связных передатчиков для КВ связи в приполярных и полярных регионах должна быть выше примерно в 5-10 раз, чем в среднеширотных регионах. Полученные данные дают оценку увеличения возможных скоростей передачи информации по каналам на реальной ОРЧ по сравнению с формальной при неизменной мощности связного сигнала до двух раз.

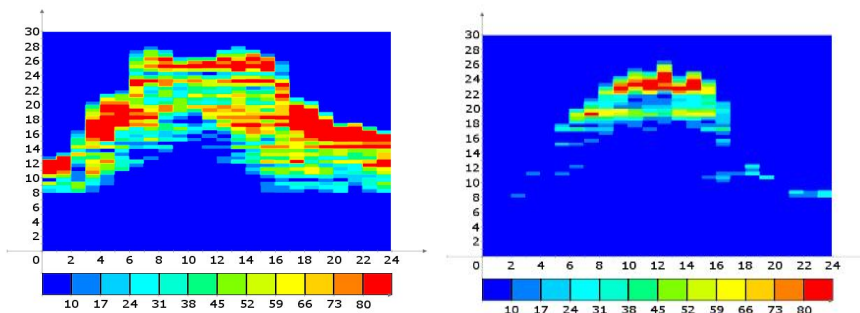


Рис. 1. Пример оценки суточной доступности каналов на среднеширотной и приполярной радиотрассе при равной излучаемой мощности

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: 17-07-01590; гранта министерства образования и науки РФ: № 3.4074.2017/ПЧ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов Д.В.* Оценка доступности частотных каналов для различных модемов КВ-связи на основе пассивного зондирования многомерного ионосферного радиоканала / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, Р.Р. Бельгибаев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2017. №2(34). С. 39-53

## ESTIMATION OF FREQUENCY CHANNELS AVAILABILITY FOR VARIOUS HF COMMUNICATION MODEMS BASED ON THEIR PASSIVE SOUNDING

*Ivanov D.V., Ivanov V.A., Ryabova N.V., Belgibaev R.R.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

Development of algorithms for the estimation of frequency channels availability for various HF communication modems based on channels passive sounding.



## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИОНОСФЕРНЫХ РАДИЛИНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ ЛЧМ-СИГНАЛА

*Рябова Н.В., Бастрасова М.И., Иванова Н.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

При передаче информации по ионосферным каналам связи, к ним предъявляются высокие требования по помехоустойчивости и качеству связи, которые относительно невелики, вследствие нестациональности физических параметров ионосферы, а также сложной помеховой обстановки.

**Цель работы:** разработка методики оценки помехоустойчивости ионосферных каналов радиосвязи на основе экспериментальных данных наклонного зондирования ионосферы.

Помехоустойчивость приема зависит от наблюдаемого отношения сигнал/шум (с/ш) на входе приемника, которое подвержено регулярным изменениям за счет случайных изменений уровней сигнала и помех. Поэтому необходимо указывать, какова помехоустойчивость связи с вероятностью ошибки  $p$  меньше допустимой  $p_d$  на основе известной априори экспериментальной статистики сигналов и помех [1]:

$$P_{\text{пр}}(p \leq p_d) = \int_0^{p_d} W(p) dp = P(z > z_d) = \int_{z_d}^{\infty} W(z) dz = P\left(\frac{\bar{z} - z_d}{\sigma_z}\right),$$

где  $P(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\xi} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ ;  $p_d$  – задаваемая допустимая вероятность

ошибки;  $z_d = \Phi(p_d)$  – допустимое превышение уровней сигнал/помеха. Определение величины  $z_d$  производится при заданном значе-

нии  $p_d$  для различных случаев, характеризуемых видом сигнала, решающей схемой приемника и свойствами канала по замиранию.

Данная методика использует экспериментальные данные, полученные с помощью ЛЧМ-ионозонда. Исходными параметрами для расчета являются исследуемая трасса, сезон времени года, время суток, мощность передатчика связи, характеристики приемной антенны, тип приема и допустимая вероятность ошибки  $p$ . На основании модели приема производится расчет отношения с/ш для каждой ионограммы. Полученные данные обработки всех ионограмм записываются в массив данных отношений с/ш от частоты и времени. Для различных методов приема определяются допустимое значение отношения сигнал/шум для заданной вероятности ошибки и проводится оценка помехоустойчивости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.А., Рябова Н.В., Бастраскова М.И.* Помехоустойчивость и пропускная способность радиоканалов ионосферной связи: Монография. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 155 с.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: 15-07-05294; гранта Министерства образования и науки РФ: № 8.2817.2017/ПЧ.*

## THE METHOD OF ESTIMATING THE NOISE IMMUNITY OF THE IONOSPHERIC RADELINЕ BASED ON DATA INCLINED SANGIOVANNI OF THE IONOSPHERE BY USING CHIRP SIGNAL

*Ryabova N.In., Bastrakova M.I.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Especially high demands are placed on noise immunity and the quality of communication, which at DKM radio channels is relatively small, due to the instability of the physical parameters of the ionosphere, and complex interference environment.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СБОЕВ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

*Иванов Д.В., Зуев А.В., Иванов В.А., Рябова Н.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики)*

Исследования проводились по навигационным данным сети референчных станций *SmartNetRussia* компании *Навгеоком*. На станциях используется однотипное оборудование компании *LeicaGeosystems: LeicaGR10* и *LeicaAR10*. Именно использование одинакового оборудования позволяет исключить при определениях сбоев такую составляющую погрешностей как погрешности оборудования.

Для проведения анализа было отобрано 22 города. Данные станции были разбиты на группы с близкими по значению координатами широты и долготы для дальнейшего анализа.

Выборка данных с референчных базовых станций сделана за 2016 год. Данные о состоянии магнитосферы Земли были получены с сайта Физического института Российской академии наук [1]. Учитывались магнитные бури с индексом  $K_p > 6$  и вспышки на Солнце класса М и выше. На основании этих данных были выделены периоды, в которые произошли магнитные бури или вспышки на Солнце.

Для более детального анализа были построены графики плотности сбоев, на которых откладывается по оси абсцисс уровень сбоев за двухминутный интервал, а по оси ординат – количество появлений таких сбоев за весь период. Графики были построены для каждого сезона и для каждой системы ГНСС. Показано, что до 6 % среднесуточных сбоев наблюдаются для системы ГЛОНАСС для всех рассматриваемых станций, кроме станций Зеленчукская, Новоспасское, Липецк, Воронеж, Саранск, Керчь. В то время как до 40 % среднесуточных сбоев для системы GPS наблюдается в 30 % случаев.

Установлено, что более частое количество сбоев приемников ГЛОНАСС наблюдается на станциях Зеленчукская и Новоспасское,

менее часто выражены сбои в Липецке. Установлено, что для системы GPS в весенний сезон среднесуточный уровень сбоев доходил до 6,3% для станций Зеленчукская, Новоспасское и Саранск.

Таким образом, в ходе исследования была разработана методика проведения исследования пространственного распределения сбоев. Получены оценки надежности спутниковых приемников с точки зрения уровня сбоев в зависимости от места расположения приемника в различные сезоны 2016 года.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: 16-07-00210; гранта министерства образования и науки РФ: № 8.2817.2017/ПЧ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [http://tesis.lebedev.ru/forecast\\_activity.html](http://tesis.lebedev.ru/forecast_activity.html) – Сайт Физического института Российской академии наук.

## **INVESTIGATION OF FAILURES OF RADIONAVIGATION RECEIVERS OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

*Zuev A.V., Ivanov V.A., Ryabova N.V., Ivanov D.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

In the course of the research, a methodology was developed for conducting a study of the spatial distribution of failures. The reliability of satellite receivers is analyzed depending on the location of the receiver in terms of the level of failures in different seasons of 2016.

**С Е К Ц И Я 7**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ  
СОВМЕСТИМОСТЬ  
В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
СИСТЕМАХ**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СВЧ-МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

*Нечаев А.И.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В спектр сверхвысокочастотного испускания микроэлектроника начала вводиться в последнюю очередь, приблизительно в половине 60 х годов. В первую очередь в целом, это сопряжено с трудностью формирования твердотельных СВЧ-действующих устройств. Кроме того, при конструировании и исследовании СВЧ-микроэлектронных приборов необходимо принимать во внимание весьма многочисленные условия, концентрацией сильных полей в малых объемах, присутствием цепей паразитной связи, взаимодействием близко расположенных элементов, сложностью отвода тепла, требованиями к точности изготовления и однородности материалов.

При конструировании микроэлектронной техники СВЧ-спектра редко удается разделить электрический расчет схемы, исследование системы и даже технологию производства. Подобно закону, является единой процедурой.

С целью установления характеристик микроэлектронного участка СВЧ, точнее изъясняясь, необходимо решать граничную проблему электродинамики. Хотя, в том числе и с целью постоянных микрополосковых сетей, не говоря уже о сложных СВЧ-участках, на мой взгляд, граничные поверхности располагают сложной кон-

фигурацией, и волновые уравнения данного разрешить никак не получается. Отсюда следуют условия формирования приблизительных концепций, разных ступеней приближения. Между прочим, к нынешнему времени жесткой концепции ни одного микрополоскового аппарата нет. Приближенные концепции регулярно имеют необходимость в экспериментальной проверке. Таким образом, микроэлектронные СВЧ-аппарата приходится испытывать и устанавливать опытным путем.

Невзирая на все без исключения данные проблемы в формировании микроэлектроники СВЧ-диапазона на сегодняшний день, таким образом, существуют ощутимые достижения. Мне может показаться на первый взгляд, оптимальное формирование приобрели разнообразные микрополосковые оснащения: непростые тракты питания, делители мощности, нацеленные ответвители и мостовые схемы, частотно-избирательные и невзаимные аппараты, фазовращатели, многоканальные коммутаторы и прочие узлы радиоаппаратуры СВЧ-спектра. Обширно проводится деятельность согласно формированию полностью микроэлектронных радиолокационных станций, оснащения формирующей искусственного происхождения помехи, связанных систем и т.д.

Одним из методов улучшения интегральной техники СВЧ-спектра, как я предполагаю, предшествовало осваивание полосковых линий передачи, возникновение тонкопленочной гибридной технологии и формирование твердотельных функционирующих СВЧ-устройств, не имеющих в распоряжении корпуса.

Мне кажется, снижение массы и размеров аппаратуры привело к бурному формированию техники печатного монтажа. В размахе СВЧ начали виднеться симметричная и несимметричная полосковые линии с воздушным и диэлектрическим заполнением. Они хорошо перемещают результативные перегрузки и вибрацию, легкие в производстве, их изготовление возможно автоматизировать. Система данных сеток дала возможность использовать фотогравирование при изготовлении трудных сверхвысокочастотного излучения узлов.

Первоначально развитие техники полосковых линий аппарата воссоздавались с фольгированного диэлектрика на пластинах. В то

время равно как функцию автоматических компонентов осуществляли сами пластины.

Таким образом, в качестве подложек в следующие года стали широко использовать керамические материалы с большой диэлектрической проницаемостью. За счет чего, масштабы СВЧ-конструкций были значительно уменьшены. Кроме того, в один и тот же период формировалась полупроводниковая микроэлектроника СВЧ. Возникли новейшие действующие оборудования, действующие в СВЧ-спектре: диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды, СВЧ-транзисторы, варакторы, туннельные и переключающие диоды и т.д. Данные оборудование дали возможность разрешить вопрос микроминиатюризации СВЧ-техники в базе технически накопленных методик, усовершенствовать свойства радиотехнических приборов, увеличить их экономичность и безопасность.

Смею допустить, при применении бескорпусных либо малокорпусных функционирующих компонентов, встраиваемых напрямую в пассивную часть проекта, все это позволило сократить паразитные реактивности вводов, усовершенствовать требование согласовывания активной и пассивной элементов схемы.

Количество соединений между схемами значительно уменьшается, как мне может показаться на первый взгляд, при довольно большой многофункциональной интенсивности. Безопасность аппарата значительно возрастает в этом случае, если пропадает потребность в огромном количестве разъёмов. Таким образом, согласно оценке обладает расчётный период работы в 100 лет. Равно как было представлено на проверках, присутствие единой наработке в 1 млн. часов в схемах транзисторных усилителей мощности и схемах управления фазой было всего лишь 3 отказа. Безопасность приемопередающего модуля плана RASSR, представляющего непростое многофункциональное приспособление, размер которого характеризуется средним временем между отказами 30 000 ч.

Наиболее важной чертой каждой техники считается её стоимость. Исследование методов проектирования, производства и проверки радиоэлектронной техники в СВЧ ГИС демонстрирует крупные потенциальные способности уменьшения её цены при серийном выпуске.



В цену СВЧ техники входит стоимость действующих компонентов, интегральных схем, сборки и, если нужно, установка в блок-корпус и тестирование.

По мере улучшения технологические процессы изготовления и размера выпуска стоимость действующих устройств СВЧ с каждым разом снижается.

Цена пассивной микросхемы недостаточно находится в зависимости от её сложности и примерно соразмерна площади занимаемой подложки. Для того чтобы сократить цену микросхемы, следует её упрощать и, равно как результат, снижать количество стадий обработки и циклов откачки; снижать масштабы модификации, применяя подложки с огромной диэлектрической проницаемостью и доводя до совершенства её топологию; применять, в каком месте данное допустимо, безвакуумную технологию толстых пленок; использовать научно-технические движения, для которых имеется специализированное массовое производство.

Цена сборки микросхемы значительно находится в зависимости от уровня её автоматизации. В свою очередь, способности автоматизации находятся в зависимости от системы навесных компонентов.

В стоимость монтажа в корпус вступает цена корпуса, герметичных разъемов и хода изоляции. Многофункциональная интенсивность оборудования, заключенного в корпус значительно воздействует на цену корпусирования.

Большой вклад в стоимость микроэлектронного СВЧ аппарата вносят действия его проверки. Тут и вытекает значимость формирования высокопроизводительной автоматизированной измерительной техники.

Как многие знают, основным способом уменьшения цены техники является абсолютное автоматизирование всех научно-технических процессов изготовления и контроля. Я считаю, данное допустимо при больших количествах выпуска. Из опыта известно, что в микроэлектронной технике повышение выпуска в 3 порядка уменьшает стоимость одного продукта на порядок.

Первый из них состоит в энергетических ограничениях. Твердотельные генераторы и усилители СВЧ сейчас ещё обладают каса-

тельно низким КПД, что приводит к выделению существенной мощности внутри твердого тела и, следовательно, к его перегреву. Равно как установлено, в том числе и с целью кремниевых приборов температура не должна быть выше 150 ... 170 °С, в таком случае период равно как у электродов вакуумных устройств может достигать нескольких сотен градусов.

У других видов линий потери в микрополосковой линии значительно больше. Реализация высокочастотных систем, мне кажется, в них затруднено.

Однако, я считаю, данные минусы никак не считаются принципиальными. У меня имеется причины предполагать, что согласно мере исследования новейших функционирующих компонентов, увеличения КПД генераторов и усилителей, формирования технической осужающих приборов, усовершенствования данных материалов, используемых в микроэлектронике, она все более станет двигаться в сфере наиболее высоких частот и больших мощностей.

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

*Смирнов А.А.*

*(ФГБОУ ВО Московский авиационный институт  
национальный исследовательский университет)*

В настоящее время, в связи со значительным увеличением числа радиоустройств и систем связи, работающих в эфире, актуально стоит задача радиомониторинга и регулирования использования радиочастотного спектра. Для обнаружения и регулирования нарушителей выделенных диапазонов частот и мощностей применяются специализированные системы радиомониторинга. Далее мы рассмотрим и сравним основные методы пеленгации радиосигнала.

Из-за многолучевого распространения электромагнитных волн, особенно в условиях городской застройки, антенна принимает не только прямой, но и отраженный сигнал, что усложняет пеленгацию радиосигнала.

Далее мы рассмотрим несколько методов, реализуемых в современных системах радиомониторинга, сравним их эффективность в поиске источников радиосигналов (табл. 1.).

- Угломерный метод (Angle of Arrival).
- Амплитудный метод (Power of Arrival).
- Дальномерный метод (Time of Arrival).
- Разностно-дальномерный метод (Time Difference of Arrival).

В комплексах радиомониторинга для определения местоположения источника излучения используется сочетание дальномерного, разностно-дальномерного и амплитудного методов. Указанные методы и их сочетание являются наиболее подходящими для задач, когда источник сигнала неизвестен, а точность определения местоположения является важным фактором.

**Методы определения местоположения источников сигналов**

| Метод                  | Точность | Обработка | Антенна | Синхронизация | Априорная информация |
|------------------------|----------|-----------|---------|---------------|----------------------|
| Угломерный             | Низкая   | Простая   | Сложная | Не требуется  | Не требуется         |
| Амплитудный            | Низкая   | Сложная   | Простая | Не требуется  | Не требуется         |
| Дальномерный           | Высокая  | Сложная   | Простая | Требуется     | Требуется            |
| Разностно-дальномерный | Высокая  | Сложная   | Простая | Требуется     | Не требуется         |

Таким образом, на основании предложенного анализа методов определения местоположения радиосигналов, можно сделать вывод о том, что все описанные методы имеют преимущества и недостатки (табл. 1), и выбор способа реализации системы для поиска источников сигналов всегда обусловлен задачами комплексов, областью применения систем радиомониторинга и приоритетами разработчиков таких средств.

## **SIGNAL SOURCES GEOLOCATION METHODS**

***Smirnov A.A.***

*(Moscow Aviation Institute (National Research University)).*

In this white paper different geolocation techniques of signal sources are discussed. The advantages and disadvantages of the power of arrival, angle of arrival and time of arrival methods are considered. Possible application areas are described.

## **АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВЯЗКИ МЕЖДУ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ**

*Лаврушев В.Н., Муртазина А.И.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Развитие антенной техники в последние годы идет главным образом не по пути создания принципиально новых типов антенн, а по пути улучшения их характеристик, совершенствования методов проектирования и новых методов использования. При этом появление новых идей в области антенной техники стимулируется потребностями создания радиосистем с теми или иными характеристиками. Обширный круг задач, выдвигаемых наукой и техникой перед разработчиками радиосистем, приводит к необходимости создания антенн различного назначения с разнообразными заданными характеристиками, в том числе и с заданными характеристиками развязок. Особенно следует остановиться на проблеме обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоаппаратуры. В настоящее время требования к характеристикам электромагнитной совместимости приобретают первостепенное значение в связи с тенденцией к росту оснащенности объектов различного назначения радиоэлектронными средствами и увеличивающейся плотностью их компоновки. Использование антенных систем с высокой развязкой играет важную роль в обеспечении требуемых характеристик ЭМС радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Поэтому обеспечение требуемых характеристик ЭМС в антенных системах становится весьма актуальной.

Данная статья посвящена анализу и оптимизации коэффициента связи между целевыми антенными решетками, расположенными на металлической поверхности.

Существует достаточно большое количество подходов как к решению задачи анализа коэффициента связи (КС) антенн, так и к решению задач оптимизации КС [1, 2].

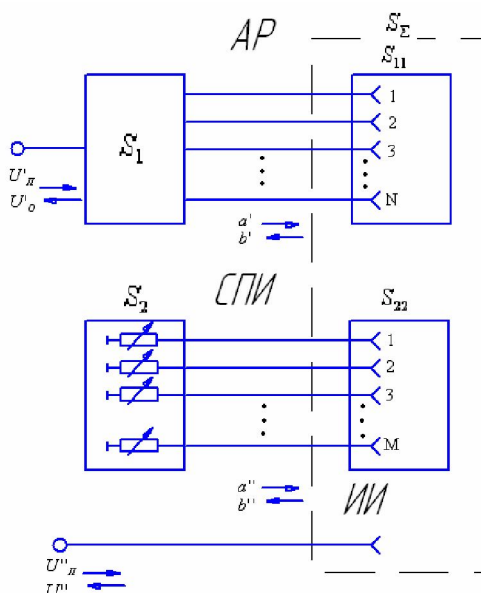


Рис. 1. Блок-схема антенной системы AP-СПИ-ИИ

Требуемые значения развязок достигаются за счет оптимального выбора параметров СПИ.

Уровень связи между антенными решетками в присутствии СПИ, согласно [3], определяется формулой (1):

$$P = \lg | \langle x_{21} | [T_{31}] | x_1 \rangle + [T_{31}] [S_{21}] [T_{21}] | x_1 \rangle |, \quad (1)$$

где – матрица размерностью  $N \times N$  образована коэффициентами связи между AP1 и AP2; – матрица размерностью  $M \times N$  образована коэффициентами связи между AP2 и СПИ;  $[T_{21}]$  – матрица размерностью  $M \times N$  образована коэффициентами связи между AP1 и СПИ,  $\langle x_2 |$  и  $| x_1 \rangle$  – матрица-строка и матрица-столбец, описывающие амплитудные распределения в раскрывах AP2 и AP1 соответственно.

Задачи анализа и оптимизации развязки между AP в виде (1) достаточно подробно были исследованы на кафедре РТС под руководством проф. Ю.Е. Седельникова. В них в качестве СПИ использо-

вались пассивные излучатели, аналогичные излучателям в антенных решетках.

Требуемые значения развязки достигались за счет оптимального выбора фаз коэффициентов отражения от излучателей СПИ. Данной задаче присущ недостаток, заключающийся в сложном техническом исполнении СПИ, а также в определении матриц, описывающих взаимную связь между AP1-СПИ, СПИ-AP2 и AP1-AP2. В связи с этим, были проведены исследования и ниже приведены их результаты для задачи анализа и оптимизации, когда между антенными решетками в качестве СПИ использовалась импедансная развязывающая структура (ИРС) в виде канавок определенной длины и глубины, прорезанных в металлическом экране.

На рис. 2 представлена антенная система с ИРС, для которой решалась задача анализа развязки с использованием программного пакета CST MWS.

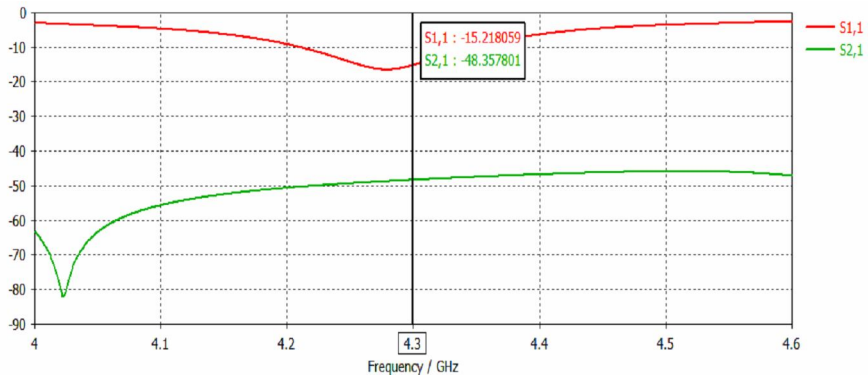


Рис. 2. График зависимостей коэффициентов связи  $S_{21}$  и коэффициентов отражения  $S_{11}$  от входов AP

На рис. 3 представлены результаты решения задачи анализа для коэффициента связи ( $S_{21}$ ) и коэффициента отражения на входах решеток ( $S_{11}$ ). Как видно из графиков на резонансной частоте 4,3 ГГц  $S_{11} = -15,2$  дБ, а коэффициент связи  $S_{21} = -48,35$  дБ.

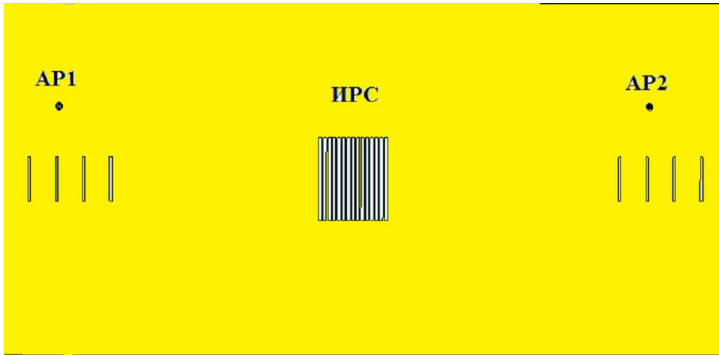


Рис.3 Антенная система, состоящая из AP1-ИРС-AP2

Для получения более высоких (требуемых) развязок решалась задача оптимизации. При решении этой задачи переменными параметрами ИРС являлись длина и глубина канавок, местоположение ИРС, количество канавок с различными глубинами. В результате решения задачи оптимизации развязки с использованием ИРС были получены следующие результаты: величина развязки на резонансной частоте достигает  $-90$  дБ, а коэффициент отражения равен  $-19,6$  дБ (рис. 4). При этом ИРС располагалась на расстоянии  $0,36\lambda$  от передающей AP1. Глубина канавок была равна  $0,25\lambda$ , длина всех канавок равнялась  $\lambda$ .

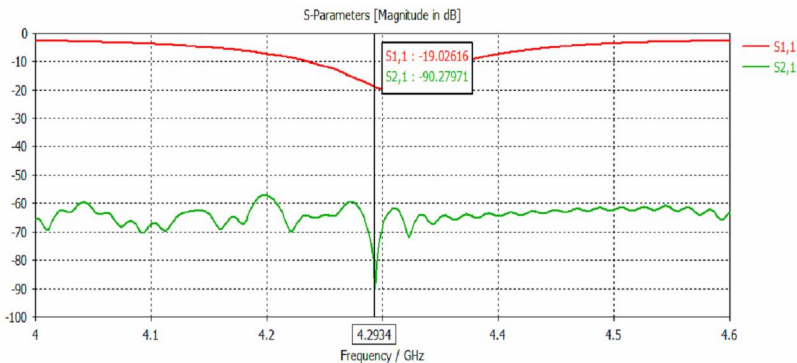


Рис. 4. График зависимостей коэффициентов связи  $S_{21}$  и коэффициентов отражения  $S_{11}$  от входов AP



Таким образом, использование ИРС позволяет получить требуемые значения развязок, при этом технически проще в исполнении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Седельников Ю.Е., Лаврушев В.Н.* Анализ и оптимизация коэффициентов связи между антенными системами // ЭМС – 88. Вроцлав, 1988. – Ч. I. – С. 363.

2. *Лаврушев В.Н., Седельников Ю.Е.* Увеличение развязок между антенными системами. – В сб.: Проблемы ЭМС РЭС. Тезисы докладов и сообщений. – М.: Радио и связь, 1982. – С. 97-98.

3. *Седельников Ю.Е., Лаврушев В.Н.* Проектирование антенных систем с учетом требований развязки. – Казань: Изд-во КАИ, 1991. – 77 с.

## ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF ISOLATION BETWEEN ANTENNA ARRAYS

*Lavrushev V.N., Murtazin A.I.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Two problems of achieving the required decoupling in antenna systems have been studied: in the first problem, the required isolation was achieved by changing the phases of the PRS currents, in the second case due to the change in the parameters of the impedance decoupling structure.

## **РАЗРАБОТКА ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Лаврушев В.Н., Хасанов А.С.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В связи со стремительным развитием беспроводных технологий связи появились новые требования к инфокоммуникационным системам. Возросшие запросы к скорости передачи данных, развитие коммуникаций между устройствами беспилотных передвижных устройств привело к увеличению использования таких технологий как определение направления на источник излучения (ОНИИ). Одним из наиболее эффективных решений данной задачи является применение смарт антенн, которые позволяют обеспечить разнонаправленную связь и противодействовать интерференции. ОНИИ является одной из ключевых черт смартантенн, в качестве которых могут использоваться антенные решетки (АР) со слабой связью между излучателями [1]. Также в [1] было сделано предположение, что использование АР с малой взаимной связью позволит повысить точность ОНИИ.

На кафедре РТС достаточно глубоко были исследованы вопросы уменьшения взаимной связи между близко расположенными АР за счет встраивания пассивных излучателей (ПИ).

В связи с этим была предпринята попытка создать щелевую АР на поверхности 2-го рода (цилиндр) с пониженной взаимной связью между излучателями за счет встраиваемых ПИ между излучателями АР. Для решения поставленной задачи использовалась программная среда CSTMWS. Задача решалась в 2 этапа:

На первом этапе определялись параметры ПИ. В качестве ПИ использовались канавки, которые прорезались в металлическом цилиндре. Оптимизировались длина, глубина и ширина канавок,

при этом контролировались коэффициент связи между щелями, коэффициент стоячей волны и форма ДН щелей. В результате развязка увеличивалась на 5-6 дБ, КСВ не изменялся, а ДН отклонялись от нормали в сторону концов цилиндра (рис. 1).

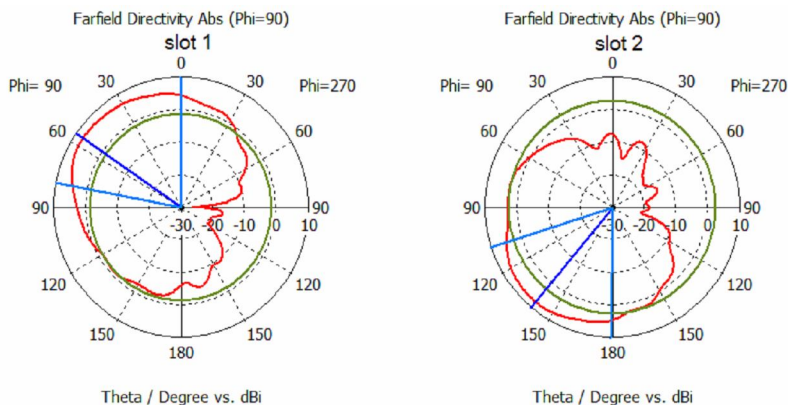


Рис. 1. ДН антенн при наличии импедансной структуры между ними

Согласно [1] разнаправленность максимумов ДН щелей отрицательно сказывается на угловой точности ОНИИ. Поэтому, на втором этапе для предотвращения этого эффекта, обусловленного дифракцией электромагнитного поля на концах цилиндров, по обоим краям (рис. 2) встраивались аналогичные ПИ в виде канавок. Результаты расчетов ДН представлены на рис. 3.

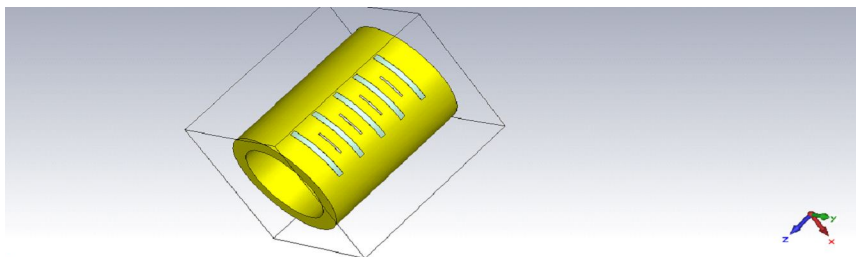


Рис. 2. Модель АС с 4 щелевыми антеннами и 5 канавками

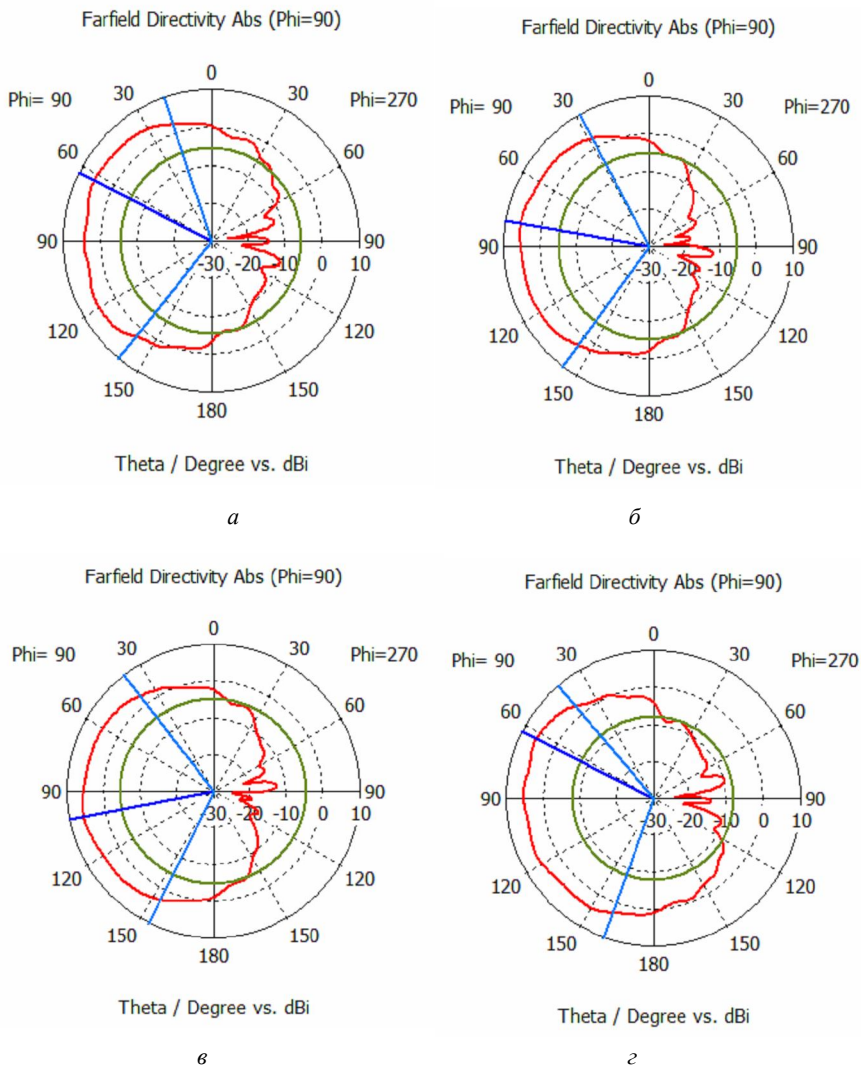


Рис. 3. ДН при наличии импедансных структур для первой (*a*), второй (*b*), третьей (*g*) и четвертой (*z*) щелей

В заключение, приводятся результаты исследований по применению разработанной антенной системы в двух задачах по ОНИИ.

На рис. 4 приведены данные по определению угловой ошибки для различных угловых направлений на источник излучения при использовании метода ESPRIT (в случае наличия и отсутствия развязывающей импедансной структуры).

На рис. 5 приведены аналогичные результаты для случая, когда задача решалась методом ESPRIT с применением RMIM при наличии и отсутствии импедансных структур.

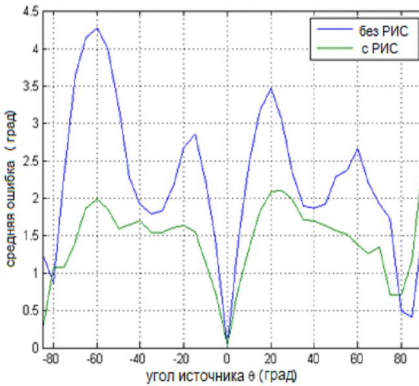


Рис. 4. Сравнение ошибки метода ESPRIT при наличии и отсутствии развязывающей импедансной структуры (РИС)

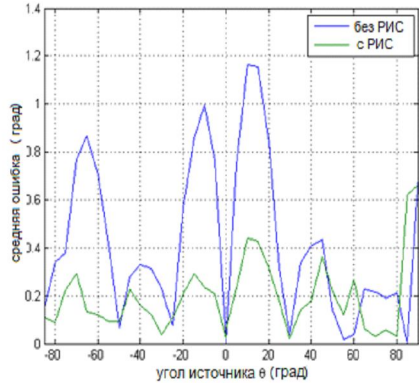


Рис. 5. Сравнение ОНИИ методом ESPRIT с применением RMIM при наличии и отсутствии импедансных структур

## Заключение

Использование AP с пониженной взаимной связью позволяет повысить точность определения направления на источник излучения в 2-3 раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Honghao Tang, Sven Nordebo* DOA estimation based on MUSIC algorithm, Linnaeus University Press, 2014.

## **DEVELOPING OF SLOT ARRAY FOR SENSE OF DIRECTION FROM RADIATION SOURCE**

***Lavrushev V.N., Khasanov A.S.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Slot array with reducing interaction between radiators is designed. This antenna array is used for tasks of sense of direction from radiation source. Application of slot array is allowed reduce of angular error in 2-3 time.

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ АККУМУЛЯТОРОВ С СИСТЕМОЙ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА**

*Мальцев А.А., Северьянова А.Д.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Электромагнитная совместимость – способность технических средств функционировать удовлетворительно в окружающей электромагнитной обстановке, не создавая недопустимых электромагнитных помех средствам связи и другим техническим средствам в этой обстановке.

Основным требованием электромагнитной совместимости является то, что техническое средство должно быть разработано и изготовлено таким образом, чтобы при применении его по назначению и выполнении требований к монтажу, эксплуатации (использованию), хранению, перевозке (транспортированию) и техническому обслуживанию.

В настоящее время в России вводятся в действие новые отечественные стандарты и методы испытаний (свыше 50 стандартов), гармонизированные с международными и европейскими стандартами, регламентирующими объем современных требований к техническим средствам по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). Решения о совершенствовании регулирования в области ЭМС были связаны, прежде всего, с широким распространением микроэлектроники и компьютерной техники в бытовой, производственной и хозяйственной сферах. В то же время учитывалось возрастание уровня электромагнитных помех, включая низкочастотные и высокочастотные помехи, вызываемые, например, мобильными телефонами. Принималась во внимание и необходимость устранения барьеров в международной торговле.

Основные типы аккумуляторов, использующиеся в системе охранных сигнализаций: Ni-Cd Никель-кадмиевые аккумуляторы,

Ni-MH Никель-металлогидридные аккумуляторы, Li-Ion Литий-ионные аккумуляторы, Li-Pol Литий-полимерные аккумуляторы.

### **Заключение**

Во избежание создания различного рода помех, внезапных скачков напряжения и оказания других воздействий, все аккумуляторные блоки проходят проверку на соответствие требованиям ЭМС вне зависимости от своего типа и объекта установки.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. <http://akbinfo.ru/>
2. <http://www.radiosila.ru>
3. <http://www.sgs.ru>
4. <http://tehnobzor.com/schemes/next-sh/81-signalizaciya-s-mobilnym-telefonom-i-klyuchom-tabletkoy.html>
5. *Подольн А., Домашенко В.* Сигнализация на основе мобильного телефона. – Радиолюбби, № 4. – 2004.

## **ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY WITH BATTERY ALARM SYSTEM USING A TELEPHONE**

***Maltsev A.A., Severyanova A.D.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

This article discusses the problems of ensuring electromagnetic compatibility between different types of batteries and a security alarm device based on a mobile phone. Characteristic features of various types of accumulators are analyzed. The necessity to ensure electromagnetic compatibility of the burglar alarm with the batteries, regardless of their types, has been identified and justified. On the basis of the research carried out, the need to ensure electromagnetic compatibility is identified in order to avoid the occurrence of any kind of interference and to exclude false alarms from the alarm.



## **КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ**

*Идиатуллов З.Р.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Нарушение совместной работы электронных устройств телекоммуникационных систем может быть вызвано воздействием помех СВЧ и КВЧ диапазонов на относительно низкочастотные электронные устройства. Данные воздействия могут приводить к нарушениям совместной работы радиоэлектронных средств, включающих в себя как аналоговые, так и цифровые устройства.

При воздействии СВЧ-помех на относительно НЧ-устройства влияние помех имеет, в основном, внеполосный характер. Это означает, что влияние помех проявляется в тех случаях, когда абсолютный уровень помехи превышает диапазон линейности амплитудной характеристики активного прибора. Поэтому можно с определенной мерой приближения утверждать независимость пороговых значений от уровня сигнала, действующего на входе активного элемента. Это обстоятельство отличает рассматриваемые случаи от случаев влияния помех на радиоприемные устройства, в частности по побочным каналам приема, где определяющей величиной являются не столько уровни помех, сколько отношение сигнал/помеха. Подтверждением этого положения служат данные, полученные при анализе воздействия НЭМП СВЧ-диапазона на радиовещательный приемник ДВ-СВ-КВ диапазонов.

Воздействие электромагнитных помех на цифровые устройства имеет ряд особенностей. Они связаны с используемой элементной базой, приемами проектирования, размещения элементов на плате, их соединением, с режимами работы активных элементов. С развитием цифровой техники повышается степень интеграции элементов.

Используемые сейчас микросхемы содержат сотни тысяч активных элементов, каждый из которых потенциально может являться рецептором помех. Цифровые устройства обычно имеют общие шины передачи данных и питания. Это обстоятельство делает их особенно уязвимыми перед проникновением различного рода помех. Печатные проводники часто имеют значительную протяженность и, как следствие, потенциальную возможность появления в них токов, наведенных внешним электромагнитным полем. Действуя на входах интегральной микросхемы, они изменяют режимы работы активных элементов, что приводит к недопустимому изменению напряжений и, как следствие, нарушению нормальной работы всего устройства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Идиатуллоев З.Р.* Прогнозирование воздействия непреднамеренных электромагнитных помех на электронные средства // Международная НПК АКТО-2014. – Т. 3. – Казань, 2014. – С. 170-172.

## **DESIGNING ELECTRONIC DEVICES WITH ENSURING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY**

***Idiatullov Z.R.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The report presents the results of experimental studies on the effects of inadvertent electromagnetic interference to electronic devices. The analysis includes a variety of research methods, development of methods to study the effects of unintended impacts, and developing ways of predicting harmful effects of RF interference on a relatively low-frequency device.

**С Е К Ц И Я 8**

**ФРАКТАЛЫ И ДРОБНЫЕ  
ОПЕРАТОРЫ, ДИНАМИЧЕСКИЙ  
ХАОС И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

УДК 519.6

## **СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ 3-D СИГНАЛОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ С ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ**

***Афанасьев В.В., Марданишин Э.Р.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

На современном этапе развития систем связи, при повышении требований к надежности таких систем и обеспечении эффективной защиты больших объемов, передаваемых данных, особое внимание уделяется системам связи с новыми носителями информации на базе хаотической динамики. Эффекты динамического хаоса широко применяются для передачи данных в качестве новых носителей информации, позволяющих передавать трехмерные сигналы, генерируемые дискретно-нелинейными динамическими системами [1].

Целью работы является анализ устройства селективного режектирования 3-D сигналов радиоэлектронной дискретно-нелинейной системы с хаотической динамикой для выработки инженерных рекомендаций по применению режекторных устройств в цифровых системах передачи данных.

Существуют различные виды источников псевдослучайных 3-D сигналов, генерируемых динамическими системами Лоренца, Чуа, Анищенко-Астахова, Дмитриева-Кислова, Ресслера, Дуффинга. В работе исследовано селективное режектирование 3-D сигналов, генерируемых динамической системой Лоренца, на основе принци-

па двухканальности теории инвариантности [2]. Предлагаемое устройство селективного режектирования является трехканальным, обеспечивающим избирательное подавление каждой из компонент 3-D сигнала, порождаемого системой Лоренца, согласно:

$$U_{out\ xd}(t) = \left[ \frac{d(U_{inx}(t))}{dt} \right] - \left[ \sigma \cdot (U_{iny}(t) - U_{inx}(t)) \right],$$

$$U_{out\ yd}(t) = \left[ \frac{d(U_{iny}(t))}{dt} \right] - \left[ U_{inx}(t) \cdot (r - U_{inz}(t)) - U_{iny}(t) \right],$$

$$U_{out\ zd}(t) = \left[ \frac{d(U_{inz}(t))}{dt} \right] - \left[ U_{inx}(t) \cdot U_{iny}(t) - b \cdot U_{inz}(t) \right],$$

где:  $U_{inx}(t)$ ,  $U_{iny}(t)$ ,  $U_{inz}(t)$  –  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  компоненты входного 3-D сигнала, соответственно;  $s$ ,  $r$ ,  $b$  – параметры системы Лоренца;  $U_{out\ xd}(t)$ ,  $U_{out\ yd}(t)$ ,  $U_{out\ zd}(t)$  – сигналы на выходе устройства селективного режектирования с дифференцированием  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  компонент. Оценка эффективности режектирования производится по коэффициенту подавления ( $Kn$ ), определяемого как отношение среднеквадратического отклонения (СКО) выходного сигнала к СКО входного сигнала устройства селективного режектирования. В работе проведена оценка коэффициентов  $Kn$  сигналов  $U_{inx}(t)$ ,  $U_{iny}(t)$ ,  $U_{inz}(t)$ , при помощи компьютерного моделирования каналов устройства селективного режектирования, при варьируемой временной дискретизации сигналов, определяемой нормированным числом отсчетов  $N$ , приходящихся на период квазирезонансной частоты дискретно-нелинейной системы Лоренца [3]. На рис.1 представлены полученные зависимости коэффициентов  $Kn$  от  $N$  для компонент  $Z$  (1),  $Y$  (2) и  $X$  (3) 3-D сигнала, генерируемого системой Лоренца.

В результате проведенных исследований установлено, что для обеспечения  $Kn \leq 4 \cdot 10^{-2}$  для  $X$ -компоненты,  $Kn \leq 6 \cdot 10^{-2}$  для  $Y$ -компоненты и  $Kn \leq 7 \cdot 10^{-2}$  для  $Z$ -компоненты, рекомендуемый диапазон значений  $N$  составляет от 5000 до 6000, дальнейшее увеличение значения  $N$  до 7000 обеспечивает снижение  $Kn$  не более, чем на 1 %.

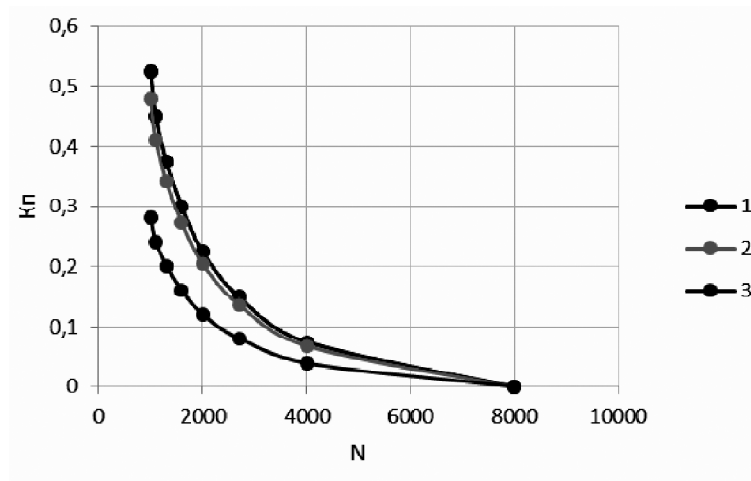


Рис. 1. Зависимости  $Kn$  от  $N$ .

Таким образом, применение устройства селективного режектирования 3-D сигналов, синтезируемого согласно принципа двухканальности теории инвариантности, целесообразно в системах передачи информации с аддитивными маскирующими сигналами, порождаемыми дискретно-нелинейными системами Лоренца с динамическим хаосом. При выборе нормированного числа отсчетов  $N \geq 5000$ , предлагаемое устройство селективного режектирования 3-D сигналов позволяет обеспечить коэффициент подавления  $Kn \leq 4 \cdot 10^{-2}$  для всех трех компонент сигнала, формируемого дискретно-нелинейной системой Лоренца.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дмитриев А.С., Панас А.И.* Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. — М.: Изд-во Физико-математической литературы, 2002. — 252 с.
2. *Афанасьев В.В., Логинов С.С., Марданшин Э.Р.* Цифровые фильтры для избирательного подавления сигналов системы Лоренца с динамическим хаосом / Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике. Материалы VIII Всероссийской науч-

но-технической конференции. – Чебоксары: Изд-во Чувашского ун-та, 2012. – С. 183-184.

3. *Афанасьев В.В., Марданишин Э.Р.* Избирательное подавление трехмерных сигналов в системах конфиденциальной связи / XIV Международная научно-техническая конференция «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций», 27-29 ноября 2013 года. Самара, Россия. Материалы конференции: – Изд-во ПГУТИ, Самара, 2013. – С. 37-39.

## **SELECTIVE SUPPRESSION 3-D SIGNALS OF A RADIOELECTRONIC DISCRETE-NONLINEAR SYSTEM WITH CHAOTIC DYNAMICS**

*Afanasyev V.V., Mardanshin E.R.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The modeling and experimental investigation of selective suppression 3-D signals of discrete-nonlinear Lorenz system with chaotic dynamics are carried out. The new tools of selective rejection of signals generated by the radioelectronic discrete-nonlinear Lorenz system with chaotic dynamics are investigated.

## УПРАВЛЯЕМЫЕ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ С ДИНАМИЧЕСКИМ ХАОСОМ И ВАРИАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ ВРЕМЕННОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ

*Афанасьев В.В., Логинов С.С.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Нелинейные системы с динамическим хаосом описывают явления в различных областях физики, техники и радиоэлектроники [1-3]. Одним из приложений нелинейных систем с хаотической динамикой является формирование псевдослучайных сигналов с требуемыми статистическими характеристиками в системах связи, запреградной радиолокации [4], радиомодемах для локальных сетей связи [5], моделирования и криптографии. Управление статистическими характеристиками псевдослучайных сигналов нелинейных систем с динамическим хаосом является одним из важнейших направлений, расширяющих возможность их практического применения [6].

При использовании процедуры численного интегрирования дифференциальных уравнений Эйлера системы с динамическим хаосом можно представить в следующем виде

$$\bar{X}_{i+1} = \bar{X}_i + \Delta t F(\bar{X}_i, \bar{A}), \quad (1)$$

где  $\bar{X}_i$  – вектор координат системы в текущий момент времени;  $\bar{X}_{i+1}$  – вектор координат системы в последующий момент времени;  $\Delta t$  – значение шага численного интегрирования в отсутствие модуляции.

Вариация параметров систем по выражению (1) может быть реализована в аналоговых и цифровых радиоэлектронных динамических системах. Но существующая проблема воспроизводимости



характеристик аналоговых реализаций динамических систем по-прежнему не решена. Это делает необходимым рассмотрение возможности использования цифровых методов формирования сигналов на основе простейших процедур численного интегрирования систем дифференциальных уравнений Эйлера.

Целью работы является синтез нового класса нелинейных радиоэлектронных динамических систем с варьируемым шагом временной сетки и анализ влияния вариации параметров временной сетки на вероятностные и спектрально-корреляционные характеристики формируемых псевдослучайных сигналов.

Необходимо отметить, что системы, записанные в виде (1) становятся фактически дискретно-нелинейными радиоэлектронными динамическими системами, в которых наряду с собственными параметрами исходных систем Лоренца, Анищенко-Астахова, Чуа, Дмитриева-Кислова, появляются новый параметр – шаг численного интегрирования. При чем, в отличие от собственно параметров систем вариация параметров временной сетки влияет на все рекуррентные уравнения систем. Поэтому интересно рассмотреть влияние вариации шага временной сетки в процедуре численного интегрирования цифровых РДС на базовые статистические характеристики систем. Изменение исходных систем при помощи квазирезонансных воздействий на параметры временной сетки интервалы корреляции сигналов, формируемых на основе модифицированных систем Лоренца, сокращаются до 20 раз, Чуа, Анищенко – Астахова, Дмитриева – Кислова – до 5-10 раз по сравнению с исходными системами без вариации параметров временной сетки.

С целью выявления особенностей вероятностного описания сигналов нелинейных динамических систем с варьируемыми параметрами временной сетки, выполнены оценки плотностей распределения реализаций сигналов систем Лоренца, Чуа, Анищенко – Астахова в зависимости от глубины воздействий типа (1), произведены их аппроксимации смесями распределений Гаусса.

Показано, что для исследуемых систем аппроксимация распределений вероятностей смесью трех компонент распределений Гаусса возможна до значений  $M = 0,3 \dots 0,5$ . Дальнейшее увеличение глубины модуляции потребовало увеличения числа аппроксимирующих компонент до 5 – 7 из-за разреженного вида распределений.

На основе систем Лоренца, Чуа, Анищенко-Астахова, Дмитриева-Кислова синтезирован новый класс дискретно-нелинейных радиоэлектронных динамических систем с варьируемым шагом временной сетки. Показано, что в предлагаемых системах возможно статическое управление статистическими характеристиками радиоэлектронных динамических систем за счет выбора параметра временной сетки и динамическое управление за счет квазирезонансной вариации параметров временной сетки.

Установлена количественная взаимосвязь параметров временной сетки сигналов нелинейных систем с динамическим хаосом со статистическими характеристиками порождаемых ими сигналов. Определена связь параметра временной сетки с распределениями вероятностей реализаций сигналов на основе систем Лоренца, Чуа, Анищенко-Астахова и Дмитриева-Кислова. Показано, что негауссовы распределения вероятностей сигналов систем с динамическим хаосом без квазирезонансной вариации параметров временной сетки возможно аппроксимировать полигауссовой смесью с числом компонент не более трех.

Выполнен анализ влияния квазирезонансной вариации параметров временной сетки на вероятностные и спектрально-корреляционные характеристики формируемых псевдослучайных сигналов. Показано, что при использовании квазирезонансных воздействий на параметры временной сетки, интервалы корреляции сигналов, формируемых на основе исследованных систем, сокращаются до 20 раз. Определено влияние квазирезонансной вариации параметров временной сетки на число гауссовых компонент, аппроксимирующих распределения вероятностей сигналов радиоэлектронных динамических систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анищенко В.С.* Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах / В.С. Анищенко, В.В. Астахов и др. – Саратов, 2011. – 535 с.
2. *Dmitriev A.S., Hasler M., Panas A.I.* Nonlinear phenomena in complex systems, 2003, vol. 6, no 1, pp. 488-501.
3. *Карлов Н.В., Кириченко Н.А.* Колебания, волны, структуры. – М.: Физматлит, 2003. – 496 с.
4. *Демьяненко А.В., Топалов Ф.С., Ильин И.В.* USB радиомодем. – Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1.
5. *Кучеренко И.А.* Применение сверхширокополосных сигналов с линейной частотной модуляцией в запреградной радиолокации. – Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 1.
6. *Афанасьев В.В., Логинов С.С., Польский Ю.Е.* Анализ и синтез нелинейных радиоэлектронных динамических устройств и систем с варьлируемым шагом временной сетки. – Казань: Изд-во КГТУ, 2013. – 220 с.

## DISCRETE TIME-STEP SIZE CONTROLLED NONLINEAR CHAOTIC SYSTEMS

*Afanasiev V.V., Loginov S.S.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Non-linear systems with dynamic chaos to describe processes in radioelectronics, quantum devices, systems of plasma stabilization and warming-up, systems of phase automatic frequency control often are used. Development data carriers on the basis of the new class of non-linear system characterised by dynamic chaos is also one of the most important practical targets.

Quasi-resonant influences on the parameters of the non-linear systems with dynamic chaos are referred to as one of the most perspective ways of functioning effectiveness increasing of signals forming on the basis of non-linear systems with chaotic dynamics. It is shown

that the parameter of time step size can be used as the controlling. The new class generators of chaotic signals created on the basis of the Chua, Anischenko-Astakhov, Dmitriev-Kislov schemes and Lorenz systems. Comparative researches of signals statistical characteristics, formed by new devices of chaotic signals formation on the basis of controlled nonlinear systems with chaos dynamic was carried out. Means of modelling of signal generator on the basis of nonlinear systems with chaotic dynamic at variation of time discretization parameters and control quasi-resonant influence were developed.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КАЦА С ЭГЭГ СИГНАЛАМ***Черепашкина Д.В, Кирпичникова М.Ю.**(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Компьютер можно характеризовать как новое средство познания. Компьютерный интерфейс обеспечивает прямую связь между органами человека и компьютером, переводя информацию в программный код, используя предварительную обработку, выделения признаков и классификации операций. Выделение признаков имеет решающее значение, поскольку оно оказывает существенное влияние на точность классификации и скорость Фрактальная размерность (англ. Fractal dimension) – один из способов определения размерности множества в метрическом пространстве. Фрактальную размерность  $n$ -мерного множества можно определить с помощью формулы:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(N_\varepsilon)}{\ln(\varepsilon)},$$

где  $N_\varepsilon$  – минимальное число  $n$ -мерных «шаров» радиуса,  $\varepsilon$  необходимых для покрытия множества. В то время как фрактальная размерность была успешно использована в различных областях, чтобы охарактеризовать данные, проявляющие фрактальные свойства, его использование в исследовании ЭГЭГ сигналов началось недавно. В этом исследовании, используются многие фрактальные методы оценки размерности, в том числе и методом временных рядов Каца

Метод Каца основан на нахождение вектора признаков на основе фрактальной размерности. Вектор признаков – это вектор, каким-либо образом характеризующий входные данные. Хорошие результаты по этому методу можно получить из волнообразных сигналов которых присутствует гребни и впадины и в локальном соседстве формируют плоскую синусоидальную волну. Гребни задаются зна-

чением 1, а впадины – значением 0. Для каждой строки вычисляется фрактальная размерность по следующей формуле:

$$d_n = \frac{\log_{10}(N)}{\log_{10}(M_n)},$$

где  $M_n$  – общее число бинарных значений 1 в строке  $n$ .

Вектор признаков для всего сигнала можно построить как:

$$\Phi = \bigcup_{n=1}^N (n', d_n)$$
$$n' = \left[ \frac{(d_n - 1)}{(n + 1) - n} \right] \cdot n = (d_n - 1)n,$$

где  $n'$  – горизонтальный коэффициент масштабирования  $0 < n' < N$ .

Данную модель можно применить к электрогастроэнтерографическим сигналам, имеющим волновую форму.

Метод Каца с применением метода  $k$  ближайшим соседей приводит к самой высокой точности определения фрактальной размерности 85 %, а также дальнейшее улучшение на 3 % были достигнуты за счет модификации путем реализации зависящих от времени фрактальной размерности.

Реализуя метод зависящих от времени фрактальных размерностей в методе Каца с методом  $k$  ближайших соседей, мы можем измерить фрактальность в короткие промежутки времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нагорная М.Ю.* Аппаратный комплекс для регистрации потенциалов органов желудочно-кишечного тракта [Текст] // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития – 2008: тез. докладов Международная научно-практическая Интернет-конференция, г. Одесса. – 2008. – Т. 4.

2. *Нагорная М.Ю., Черепашкина Д.В.* Методы обработки электрогастроэнтерографических сигналов // 55 Студенческая научная конференция ПГУТИ, 2016.

## **APPLICATION OF THE KATZ METHOD WITH EGEГ SIGNALS**

***Cherepashkina D.V., Kirpichnikova M.Yu.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The Kats method, using the k nearest-neighbor method, leads to the highest accuracy of determining the fractal dimension. Realizing the method of time-dependent fractal dimensions in the Kac method with the method of k nearest neighbors, we can measure fractality in short intervals.

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ФЛУКТУАЦИЯМ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПЛИС**

*Денисов Е.С., Тимергалина Г.В., Никишин Т.П.,  
Байтемиров Э.Д.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Топливный элемент с протонообменной мембраной (proton exchange membrane fuel cell, PEMFC) является одним из наиболее перспективных источников электрической энергии, который может применяться в различных портативных и стационарных электрических системах и радиосредствах. Источники питания такого типа имеют множество достоинств, таких как высокая эффективность и мощность, низкое время зарядки. Ключевым фактором, ограничивающим широкое применение PEMFC, является их недостаточная надежность, так как существует довольно высокая вероятность снижения выходной мощности в течение длительного периода времени. Причиной этого является сложный процесс управления работой топливного элемента.

В ранее опубликованных работах было показано, что электрическую флуктуацию можно рассматривать как источник информации, которая позволяет контролировать техническое состояние PEMFC, а также обнаружить критические режимы работы [1, 2, 3]. Полученная информация может использоваться для предотвращения сбоев и восстановления правильного режима работы PEMFC. Для преодоления проблем, связанных со сложным характером физико-химических процессов внутри PEMFC, был разработан нейросетевой метод диагностики водородных топливных элементов по электрическим флуктуациям, а также метод обучения нейронной сети. Было обнаружено, что одной из наиболее эффективных реализаций предлагаемых алгоритмов может быть выполнена на основе ПЛИС. Описанная ре-



ализация устройства может рассматриваться как быстрый и надежный диагностический инструмент, позволяющий прогнозировать и корректировать критические режимы работы PEMFC.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Денисов Е.С. и др.* Оценка диагностических свойств электрического шума водородного топливного элемента // Нелинейный мир. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 71-77.

2. *Nigmatullin R.R., et al.* New approach for PEMFC diagnostics based on quantitative description of quasi-periodic oscillations // International Journal of Hydrogen Energy. 2016. Т. 41. № 29. С. 12582-12590.

3. *Денисов Е.С., Евдокимов Ю.К.* Построение систем контроля и диагностики водородного топливного элемента на основе наблюдения его электрических флуктуаций и шумов // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2011. – № 1. – С. 47-54.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00464 мол\_а*

## **NEURAL NETWORK METHOD FOR HYDROGEN FUEL CELL DIAGNOSTICS BASED ON ELECTRICAL FLUCTUATION AND ITS IMPLEMENTATION ON FPGA**

***Denisov E.S., Timergalina G.V., Nikishin T.P., Baytemirov E.D.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

In this paper the method for diagnosing PEMFC based on neural network has been proposed. One of the most effective implementation of the proposed algorithms could be performed on the basis of FPGA. The described apparatus implementation can be considered as a fast and reliable diagnostic tool for PEMFC allowing prediction and correction of critical operation modes.

## ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ДВУХПОЛЮСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

*Гильмутдинов А.Х., Гильметдинов М.М.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Как известно, двухполюсные идеализированные пассивные элементы классической теории цепей состоят из резистивных, емкостных и индуктивных элементов, которые являются основой схем замещения (моделей) практически любого радиоэлектронного устройства, несмотря на широкое применение в них интегральных микросхем и переход на цифровые методы обработки информации. «Незаменимость» этих классических элементов, привычность и завершенность методик расчета схем на их основе оставляет в тени большой класс двухполюсных элементов, которые могут существенно расширить перечень функций, выполняемых обычными классическими элементами. Речь идет об элементах с фрактальным импедансом (фрактальных элементах).

В данной работе дан обзор пионерских работ, в которых были предложены различные конструктивные варианты фрактальных элементов. Для анализа этих конструктивных вариантов фрактальных элементов необходимы соответствующие их модели – идеализированные пассивные элементы (ИПЭ). Введем понятие идеализированного пассивного элемента комплексного дробного порядка (ИПЭ КДП) – идеального комплексного фрактального элемента (ИКФЭ), который обобщает свойства всех существующих двухполюсных ИПЭ, импедансы которых при нулевых начальных условиях в операторной форме имеют вид:

$$Z_{F_{\geq}}(p) = Z_{F(\pm, j^{\alpha})}(p) = U_{F_{\geq}}(p) / I_{F_{\geq}}(p) = F(\pm, j^{\alpha}) \cdot p^{\alpha}, \quad (1)$$

где  $\geq = \pm + j^{\alpha}$ ,  $0 \leq |\pm| \leq 1$ ,  $0 \leq |\alpha| \leq 1$ ,  $F(\pm, j^{\alpha}) = F_{\geq}$  некоторая вещественная постоянная, размерность и физический смысл которой, оче-

видно, зависят от значений  $\alpha$  и  $\beta$ ,  $U_{F \geq}(p)$ ,  $I_{F \geq}(p)$  – соответственно напряжение и ток на зажимах ИКФЭ в операторной форме. Введем понятие постоянного времени ИКФЭ –  $\tau(\alpha, \beta)$ , нормированной частоты  $\bar{p} = p \otimes (\pm, \nu)$ . Тогда нормированный импеданс ИКФЭ с учетом (1) и введенных обозначений запишем в виде:

$$\bar{Z}_{F(\pm, \nu)}(\bar{p}) = Z_{F(\pm, \nu)}(\bar{p}) / Z_{F(\pm, \nu)}^{xap}(\bar{p}) = \bar{p}^{\geq}, \quad (2)$$

где  $Z_{F(\pm, \nu)}^{xap}(\bar{p}) = Z_{F(\pm, \nu)}(\bar{p}) \Big|_{\bar{p}=1} = F(\pm, \nu) / \otimes^{\geq}(\pm, \nu)$  – характеристическое сопротивление ИКФЭ.

Из (2) видно, что ИКФЭ является обобщённым двухполюсным пассивным элементом, который обобщает свойства не только всех существующих идеализированных пассивных двухполюсных резистивных, емкостных и индуктивных элементов, но и безгранично расширяет возможности элементной базы современной радиоэлектроники. Таким образом, можно говорить об обобщении двухполюсных ИПЭ электрических цепей, а также об обобщенном элементном базисе современной радиоэлектроники, входное сопротивление которого удовлетворяет (1) в определенном диапазоне частот. Отобразим все возможные идеализированные пассивные двухполюсные элементы на комплексной плоскости дробного показателя  $\gamma$  ( $\gamma$ -плоскости). Как видно из рис. 1, на  $\gamma$ -плоскости отображены все известные идеализированные пассивные двухполюсные элементы современной радиоэлектроники, в том числе, и так называемые элементы с постоянной фазой (ЭПФ –  $C_{\omega}$ ,  $L_{\alpha}$ ), которые отображаются на вещественной оси области определения ИКФЭ, а идеализированные резистивный, емкостный и индуктивный элементы – в виде трех точек на вещественной оси, соответственно с координатами  $(0,0)$ ,  $(-1,0)$  и  $(+1,0)$ .

Данная классификация двухполюсных ИПЭ (рис. 1) требует уточнения терминологии существующих элементов. В частности, элемент, соответствующий координатам  $(-1,0)$   $\gamma$ -плоскости, следует называть: вещественная емкость (вещественный идеальный конденсатор, вещественный емкостный элемент), а элементы, отображаемые на отрицательной вещественной полуоси, – вещественная фрак-

тальная емкость (вещественный идеальный фрактальный конденсатор, вещественный емкостный фрактальный элемент, идеальный конденсатор вещественного дробного порядка, емкостной элемент вещественного дробного порядка ( $C$ -ЭВДП, для простоты –  $C_\alpha$ ). Аналогично для остальных элементов, отображенных в соответствующих узлах и квадрантах  $\gamma$ -плоскости. Для определения физического смысла  $F(\pm, \cdot)$  и его размерности в зависимости от значений  $\alpha$  и  $\beta$  найдем выражение для АЧХ входного импеданса (1) в виде:  $|Z_{F \geq}(\omega)| = F(\pm, \cdot) \cdot \omega^\pm \exp(-\omega \tau / 2)$ , размерности и физический смысл  $F(\alpha, \beta)$  в зависимости от значений  $\alpha$  и  $\beta$  приведены в таблице. Как видно из таблицы, размерность  $F(\alpha, \beta)$  не зависит от значения  $\beta$ . В частности, размерности  $F(0,0)$  и  $F(0,0)_{\|\beta\| \leq 1}$  одинаковые, а их физический смысл разный (см. таблицу). Размерность  $[F(-1,0)] = [F]^{-1}$ , соответственно физический смысл – величина обратная емкости.

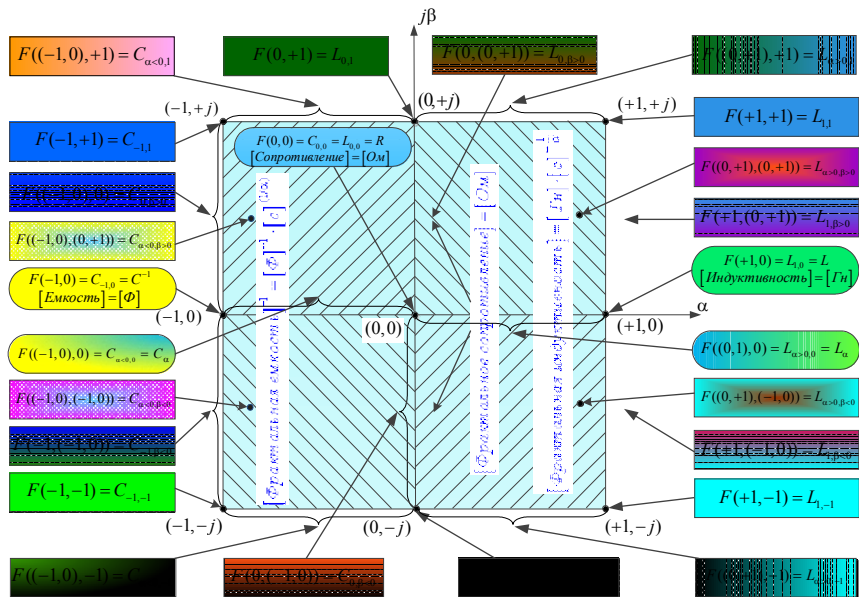


Рис. 1. Отображение всех возможных двухполюсных элементов (ИКФЭ) на  $\gamma$ -плоскости

Физический смысл и размерность  $F(\alpha, \beta)$  в зависимости от значений  $\alpha$  и  $\beta$ 

| № п/п | $F(\alpha, \beta)$     | Размерность $F(\alpha, \beta)$  | Физический смысл $F(\alpha, \beta)$                        |
|-------|------------------------|---|--|
| 1     | $F(0, 0)$              | $[Ом] = [м^2 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-2}]$                           | Резистивное сопротивление                                  |
| 2     | $F(0, [-1, +1])$       | $[Ом] = [м^2 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-2}]$                           | Фрактальное резистивное сопротивление для $ \beta  \leq 1$ |
| 3     | $F(-1, 0)$             | $[Ом] \cdot [с]^{-1} = [Ф]^{-1} = [м^2 \cdot кг \cdot с^{-4} \cdot А^{-2}]$ | (Емкость) <sup>-1</sup>                                    |
| 4     | $F(+1, 0)$             | $[Ом] \cdot [с]^{+1} = [Гн] = [м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-2}]$     | Индуктивность  |
| 5     | $F((-1, 0), 0)$        | $[Ом] \cdot [с]^\alpha = [Ф]^{-1} \cdot [с]^{1/\alpha}$ для $\alpha < 0$    | (Фрактальная емкость – ФЕ) <sup>-1</sup>                   |
| 6     | $F((-1, 0), [-1, +1])$ |   | (Комплексная ФЕ) <sup>-1</sup>                             |
| 7     | $F((0, 1), 0)$         | $[Ом] \cdot [с]^\alpha = [Гн]^{-1} \cdot [с]^{-1/\alpha}$ для $\alpha > 0$  | Фрактальная индуктивность – ФИ                             |
| 8     | $F((0, 1), [-1, +1])$  |   | Комплексная ФИ   |

Как видно из рис. 1, геометрическое место точек постоянных  $F([-1, 0], [-1, +1])$  отображается на всю левую полуплоскость и эти постоянные имеют физический смысл (*комплексной фрактальной емкости*)<sup>-1</sup>. Поэтому все ИКФЭ, которые отображаются на левой части  $\gamma$ -плоскости можно назвать как *комплексный фрактальный емкостной элемент*.

Геометрическое место точек постоянных  $F(0, [-1, +1])$  отображается на всю мнимую ось  $\gamma$ -плоскости и очевидно, что эти постоянные имеют физический смысл *фрактального резистивного сопротивления*. Поэтому все ИКФЭ, которые отображаются на мнимую ось  $\gamma$ -плоскости можно назвать *фрактальными резистивными элементами*. При этом  $F(0, 0)$  соответствует вещественному резистивному элементу. Очевидно, что и в этих случаях, также как и в случае вещественного емкостного элемента, будет множество синонимов этих терминов. Конкретные наименования ИКФЭ, помещенных в прямоугольники (рис. 1), вероятно будут предложены последующими исследователями ФЭ.

Отечественная (пока и зарубежная) наука, не говоря уже о промышленности, совершенно недостаточно использует эти элементы и открывающиеся возможности познания природы для получения новых знаний, для создания новых методов и инструментов исследования, для разработки более совершенных образцов техники. Одна из причин этого – недостаток научно-технической и, особенно, учебной литературы, в которой бы отражались как вопросы теоретического осмысления новой элементной базы, так и вопросы их реализации и практического применения. Исключением является первые пока учебные пособия по фрактальным элементам [1, 2], которые посвящены вопросам реализации ФЭ на основе резистивно-емкостных элементов с распределенными параметрами (*RC*-ЭПП).

Некоторые перспективные конструктивные варианты реализации элементов дробного порядка на основе *RC*-ЭПП представлены в работе [3]. Поэтому инженеры и научные работники пока не имеют необходимых знаний в области дробного анализа, в области реализации и использования фрактальных элементов, на основе которых возможна физическая реализация различных устройств фрактальной обработки информации и сигналов, в т.ч. и дробных операторов, что составляет основу современной фрактальной радиоэлектроники.

В данной работе дан обзор пионерских работ, в которых предлагаются различные конструктивно-технологические варианты фрактальных элементов, введено понятие идеализированного пассивного элемента комплексного дробного порядка – идеального комплексного фрактального элемента, введены определения ИКФЭ, их размерность и физический смысл для различных значений  $\alpha$  и  $\beta$ , а также предложены условные графические обозначения для этих случаев. Получены АЧХ, ФЧХ и АФХ ИКФЭ при различных значениях показателя степени  $\gamma = \alpha + j\beta$ .

Показана необходимость анализа и синтеза линейных и нелинейных цепей дробного порядка как в частотной, так и во временной областях. Особый упор сделан на необходимость изучения свойств класса фрактальных функций при различных значениях  $\gamma = \alpha + j\beta$  и реализации входных и передаточных функций на основе элементов комплексного дробного порядка.

Показано, что все это может послужить толчком к разработке общеинженерных и специальных курсов и соответствующей учебной литературы для активного внедрения идей теории цепей дробного порядка и фрактальной обработки сигналов в умы будущих специалистов и научных работников, которые, придя на производство и в научные лаборатории, смогут эти идеи воплотить в новые приборы, устройства и системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гильмутдинов А.Х.* Фрактальные элементы: учебное пособие / А.Х. Гильмутдинов, П.А. Ушаков; под ред. А.Х. Гильмутдинова; Предисловие чл. кор. РАН С.А. Никитова. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013. – 308 с.

2. Gil'mutdinov A.Kh., Ushakov P.A., El-Khazali R. Fractal Elements and Their Application / Ed. by A.Kh. Gil'mutdinov. – Springer International Publishing AG, 2016. – 249 p.

3. *Гильмутдинов А.Х., Ушаков П.А.* Физическая реализация элементов с фрактальным импедансом: состояние и перспективы // Радиотехника и электроника, 2017. – Т. 62. – № 5. – С. 413-426; См. также: A. Kh. Gil'mutdinov, P.A. Ushakov / Physical Implementation of Elements with Fractal Impedance: State of the Art and Prospects // Journal of Communications Technology and Electronics, 2017, Vol. 62, No. 5. – Pp. 441-453.

## INTRODUCTION TO THE THEORY OF TWO-POLE ELEMENTS OF THE FRACTIONAL ORDER

*Gil'mutdinov A.Kh., Gil'metdinov M.M.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Current paper reviews a range of pioneering research articles, which offer constructive and technological variants of fractal elements.

A new term, idealised passive element of complex fractional order or ideal complex fractal element (ICFE), is offered. The authors introduce a definition of ICFE, their dimensions and physical meaning for various values of  $\alpha$  and  $\beta$ ; graphical notation conventions for these cases are also provided. For various values of exponent  $\gamma = \alpha + j\beta$  amplitude-frequency characteristic, phase characteristic and amplitude-phase characteristic ICFE are obtained.

The analysis and synthesis of linear and nonlinear circuits of fractional order is shown to be important in frequency as well as time domains. Special care is given to the necessity of studying the features of fractal function classes for various values of  $\gamma = \alpha + j\beta$  and for implementation of input and transfer functions based on the elements of complex fractional order.



## МЕТОДИКА АНАЛИЗА КОМПЛЕМЕНТАРНОГО $RC$ -ЭРП СО СТРУКТУРОЙ СЛОЕВ ВИДА $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$

*Гильмутдинов А.Х.<sup>1</sup>, Ушаков П.А., Подсизерцев М.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,*

<sup>2</sup>*Ижевский государственный технический университет  
им. М.Т. Калашникова)*

В работе [1] предложен резистивно-емкостной элемент с распределенными параметрами ( $RC$ -ЭРП), конструкция которого изображена на рис. 1. В данной работе предлагается разделить один из резистивных слоев (в случае верхнего слоя – разрезать) на две комплементарные части с заданным законом прорези. В дальнейшем такой элемент будем называть резистивно-емкостным элементом с распределенными параметрами с комплементарным верхним слоем со структурой вида  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$  (сокращенно,  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП). Такая конструкция приобретает дополнительные степени свободы для формирования частотных и временных характеристик. Во-первых, появляется неоднородность параметров структуры, связанная с возможностью выполнения разреза по любому закону. Во-вторых, можно изменять коммутацию входных и выходных контактов отдельных частей элемента. И в третьих, изменяя параметры закона разреза, можно влиять на параметры характеристик устройства на основе этого элемента. Использование такой конструкции при синтезе фрактальных элементов по методике, разработанной в [2], позволит уменьшить количество требуемых элементов и улучшить их основные параметры.

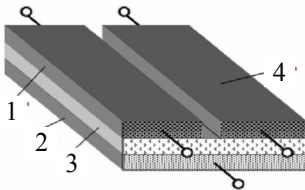


Рис. 1. Конструкция  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -ЭРП:  
1 – резистивный слой  $R1$ ;  
2 – резистивный слой  $NR$ ; 3 – диэлектрик;  
4 – резистивный слой  $R2$

Однако проблема состоит в том, что в настоящее время составляющие эту конструкцию одномерные неоднородные комплементарные  $RC$ -ЭРП не имеют аналитического решения. По этой причине до сих пор не получены аналитические выражения элементов матрицы проводимости данного шестиполюсного  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП, что не позволяет анализ его характеристик при различных вариантах его включения.

Целью данной работы является разработка методики анализа шестиполюсного  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП при различных конструктивных параметрах и вариантах его двухполюсного включения.

Для достижения поставленной цели предлагается на первом этапе применить программу [3], разработанную на основе RCWorkbench, использующую метод конечных распределенных элементов [4]. Возможности этой программы позволяют, во-первых, создавать конечно-элементную модель  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП, а во-вторых, вычислять элементы его неопределенной матрицы проводимости в диапазоне анализируемых частот.

На рис. 2, *а* изображен вид конечно-элементной модели  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП, выполненной в редакторе программы RCWorkbench, и форма для экспорта значений элементов неопределенной матрицы проводимости в диапазоне анализируемых частот (рис. 2, *б*).

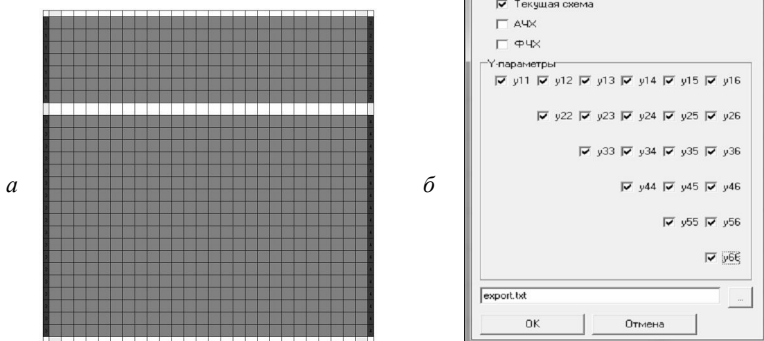


Рис. 2. Топология модели  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП (*а*) и изображение формы экспорта значений  $y$ -параметров (*б*)

Для получения частотных характеристик входного импеданса модели  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП при выбранном варианте двухполюсного включения по полученным значениям  $u$ -параметров, необходимо для каждой схемы включения выводить аналитическое выражение импеданса. Поскольку количество возможных вариантов двухполюсного включения может составлять несколько сот, то необходимо автоматизировать процесс нахождения аналитических выражений импеданса для любой произвольной схемы включения. В среде Matlab разработана программа преобразования неопределенной матрицы проводимости, в которой в качестве элементов матрицы записываются символьные обозначения  $u$ -параметров.

Интерфейс программы анализа шестиполюсного  $(R1+R2)$ - $C$ - $NR$ -КЭРП, в котором задается схема двухполюсного включения, и результат работы программы показаны на рис. 3. Главное окно программы (рис. 3, *a*) содержит схематическое изображение шестиполюсника с флажками выбора схемы включения. Ввод схемы включения происходит последовательно в несколько шагов: 1) выбираются выводы, соединенные с землей; 2) выбираются выводы, соединенные друг с другом; 3) выбирается вход шестиполюсника.

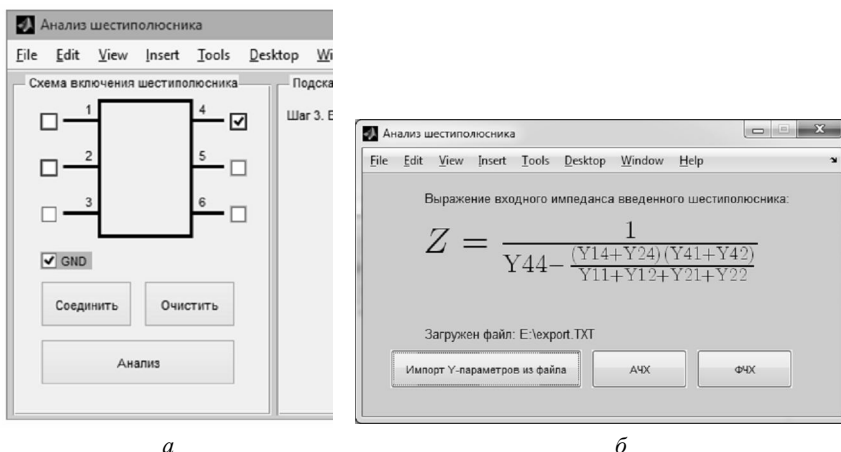


Рис. 3. Вид рабочих окон программы анализа шестиполюсника:  
*a* – окно ввода схемы включения; *b* – окно вывода выражения импеданса

По команде «Анализ» формируется выражение импеданса созданного двухполосника, которое отображается в дополнительном окне (рис. 3, б). По команде «Импорт у-параметров из файла» в полученное выражение подставляются найденные ранее у-параметры, а по командам «АЧХ» или «ФЧХ» происходит визуализация графиков соответствующих частотных характеристик.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гильмутдинов А.Х.* Физическая реализация элементов с фрактальным импедансом: Состояние и перспективы / А.Х. Гильмутдинов, П.А. Ушаков // Радиотехника и электроника. 2017. № 5. – С. 413-426.

2. *Ушаков П.А.* Разработка генетического алгоритма для синтеза конструкций фрактальных элементов на основе резистивно-емкостной среды со структурой слоев вида R-C-NR / П.А.Ушаков, К.О. Максимов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2012. № 3. – С. 104-108.

3. Программа синтеза конструкции резистивно-емкостных элементов с распределенными параметрами: св-во о гос. регистрации программ для ЭВМ № 2010612900 / правообладатель А.В. Филиппов; авторы А.В. Филиппов, П.А. Ушаков, К.В. Красноперов. Зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 28 апр. 2010 г.

4. *Гильмутдинов А.Х.* Резистивно-емкостные элементы с распределенными параметрами: анализ, синтез и применение. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005. – 350 с.

## METHOD OF ANALYSIS OF THE COMPLIMENTARY RC-EDP WITH (R1+R2)-C-NR LAYERS STRUCTURE

*Gil'mutdinov A.Kh.<sup>1</sup>, Ushakov P.A., Podszertsev M.A.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI,*

*<sup>2</sup>Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

The paper describes the problem of analyzing the characteristics of six-pole resistive-capacitive elements with distributed parameters ( $RC$ -EDP) with a layer structure of the form  $(R1 + R2) -C-NR$ , in which one of the resistive layers is divided into two parts. An approach to analysis consisting of two stages is proposed. At the first stage, a finite-element model of the six-pole network is constructed in the program for analyzing two-dimensional  $RC$ -EDPs and the  $y$ -parameters of the model are calculated in a given frequency range. At the second stage, with the help of a specialized program in the Matlab environment, an analytical expression of the investigated characteristic is formed in accord with schematic diagram and of the frequency response plotting with the use of the  $y$ -parameters found earlier.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ $RC$ -ЭРП СО СТРУКТУРОЙ СЛОЕВ ВИДА $R-C-NR$**

*Гильмутдинов А.Х.<sup>1</sup>, Ушаков П.А., Подсизерцев М.А.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,*

*<sup>2</sup>Ижевский государственный технический университет  
им. М.Т. Калашникова)*

Дробное исчисление в настоящее время широко применяется для описания и проектирования различных систем в науке и технике. Дробное исчисление является обобщением обычного исчисления, и позволяет более точно описывать многие процессы и объекты по сравнению с их описанием с помощью целочисленных дифференциальных уравнений [1]. При проектировании аналоговых систем или функциональных блоков дробного порядка, обычно используются два подхода. Первый подход заключается в аппроксимации оператора  $ra$  ( $|a| \ll 1$ ) дробно-рациональной функцией высокого порядка. Второй подход предполагает наличие двухполюсных элементов, импеданс которых зависит от частоты в дробной степени (элементов с фрактальным импедансом – ЭФИ или фрактальные элементы – ФЭ) [2].

Обзор методов моделирования и физической реализации элементов с фрактальным импедансом как дискретных элементов дан в работе [3], где показана перспективность реализации фрактального импеданса на основе наноструктурированных материалов. Однако эти элементы находятся еще на стадии экспериментального исследования. Более успешная реализация этого подхода предложена в [2, 3] и она заключается в использовании для этой цели резистивно-емкостных элементов с распределенными параметрами ( $RC$ -ЭРП) в виде многослойной конструкции со структурой слоев  $R-C-NR$  (далее, сокращенно  $R-C-NR$ -ЭРП).

Целью данной работы является разработка методики проектирования топологии  $R-C-NR$ -ЭПП, на основе которого реализовывается ФЭ, с учетом изготовления его по интегральной технологии в виде отдельного компонента.

Предложенная методика проектирования ФЭ реализуется с помощью специализированной программы синтеза, работающей в среде Matlab. Программа осуществляет поиск схемы соединений четырех одномерных однородных  $R-C-NR$ -ЭПП, их относительных длин и удельных параметров слоев по заданным требованиям к ФЧХ импеданса проектируемого ФЭ с учетом неидеальностей принятой технологии изготовления. Для изготовления ФЭ по интегральной технологии необходимо, чтобы удельные параметры слоев каждой из четырех линий были одинаковыми, т.е. структурно однородными. Такую конструкцию элемента назовем одномерным структурно однородным  $R-C-NR$ -ЭПП (ОСО  $R-C-NR$ -ЭПП). Кроме того в модели конструкции ОСО  $R-C-NR$ -ЭПП учтены потери в диэлектрическом слое, наличие переходного слоя на границе между резистивным слоем и диэлектриком и наличие так называемых «концевых» ёмкостей, образующихся между контактными площадками к верхнему и нижнему резистивным слоям  $R-C-NR$ -структуры, расположенными друг над другом.

В качестве примера рассмотрим методику проектирования топологии ФЭ, схема соединений четырех ОСО  $R-C-NR$ -ЭПП которого была получена в программе синтеза и изображена в окне результатов синтеза на рис. 1, а. В поле «Топология...» представлена схема их соединений. Здесь имеется в виду, что выводы, имеющие одинаковые номера, а также обозначенные как «со (connect)», соединены между собой, свободные («плавающие») выводы обозначены как «fl», выводы, имеющие обозначение «0» – земля (общий), представляют один из входных полюсов двухполюсного ФЭ, а вывод, обозначенный как «in», представляет второй входной полюс ФЭ. В поле «Параметры  $RCGNR$ -структуры» указаны:  $N$  – соотношение удельных сопротивлений резистивных слоев ОСО  $R-C-NR$ -ЭПП,  $L_1, \dots, L_4$  – их относительные длины,  $G$  – коэффициенты потерь в переходных слоях и  $H$  – коэффициенты потерь в диэлектрике. В поле «Удельные параметры» приведены погонные сопротивление и емкость ОСО  $R-C-NR$ -ЭПП.

На рис. 1, *б* изображен график ФЧХ импеданса ФЭ, который вычисляется в программе по его модели. Данный ФЭ был синтезирован по среднему уровню постоянства фазы в  $27^\circ$ , допустимой неравномерности  $\pm 1,5^\circ$  в рабочем диапазоне частот от 100 Гц до 100 кГц. Как видим, ФЧХ импеданса синтезированного ФЭ с небольшой погрешностью отвечает этим требованиям.

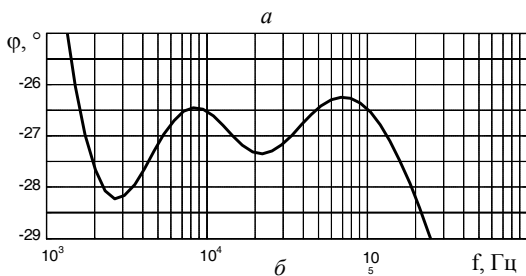
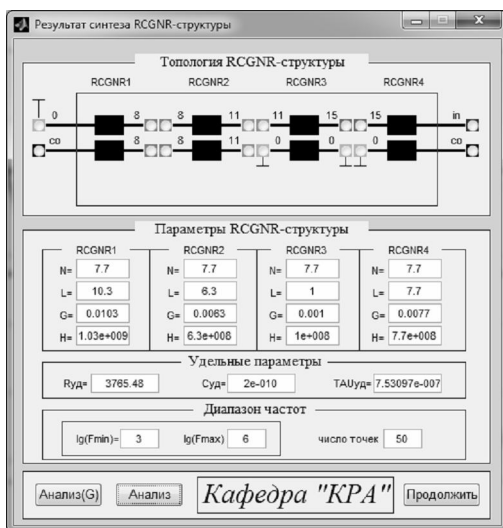


Рис.1. Результат синтеза ФЭ:  
*а* – схематическая модель; *б* – ФЧХ импеданса модели

Следующая задача проектирования состоит в том, чтобы от модели перейти к конструкции (топологии) ФЭ. Для этого необходи-



мо перейти от безразмерных длин ОСО  $R-C-NR$ -ЭРП в модели  $L_{0i}$  (указаны в поле «Параметры  $RCGNR$ -структуры») при их условной ширине  $W_0 = 1$  к реальным размерам ФЭ:  $L_i$  и  $W$ . Не трудно показать, что при известных погонных параметрах модели  $R_{уд}$  и  $C_{уд}$  (указаны в поле «Удельные параметры») и удельных параметрах резистивного и диэлектрического слоев  $R_{sq}$  и  $C_{sq}$ , соответственно, выбранных для изготовления ФЭ, реальные размеры элемента можно найти из соотношений:

$$L_i = \sqrt{\frac{R_{уд} C_{уд}}{R_{sq} C_{sq}}} L_{0i}, \quad W = \sqrt{\frac{R_{sq} C_0}{R_{уд} C_{sq}}}$$

Спроектируем ФЭ для изготовления по толсто пленочной технологии. В качестве низкоомного резистивного слоя выберем пасту рутениевую серии 3100 (ТУ-003-00387275-2012) с поверхностным сопротивлением  $R_{sq} = 10$  кОм. В качестве диэлектрического слоя выберем пасту 6000 (ТУ-006-00387275-2012) с удельной ёмкостью  $C_{sq} = 3,25$  пФ/мм<sup>2</sup>. Тогда геометрические размеры спроектированного ФЭ будут следующими:  $L_1 = 50$  мм,  $L_2 = 30$  мм,  $L_3 = 5$  мм,  $L_4 = 37$  мм,  $W = 13$  мм. Все расчеты проведены с округлением до целых значений. Общая площадь, которую будет занимать ФЭ, составит около 16 см<sup>2</sup>.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Учайкин В.В.* Метод дробных производных / В.В. Учайкин. – Ульяновск: Изд-во «Артишок», 2008. – 512 с.
2. *Гильмутдинов А.Х.* Фрактальные элементы: учебное пособие / А.Х. Гильмутдинов, П.А. Ушаков; под ред. А.Х. Гильмутдинова; Предисловие чл. кор. РАН С.А. Никитова. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013. – 308 с.; См. также: A.Kh. Gil'mutdinov, P.A. Ushakov, R. El-Khazali / Fractal Elements and Their Application / Ed. by A.Kh. Gil'mutdinov. – Springer International Publishing AG, 2016. – 249 p.
3. *Гильмутдинов А.Х., Ушаков П.А.* Физическая реализация элементов с фрактальным импедансом: состояние и перспективы // Радиотехника и электроника, 2017. – Т. 62, –№ 5. – С. 1-14.

## **DESIGN OF THE FRACTAL ELEMENT ON RC-EDP WITH R-C-NR LAYERS STRUCTURE**

***Gil'mutdinov A.Kh.<sup>1</sup>, Ushakov P.A., Podsizertsev M.A.<sup>2</sup>***

*(<sup>1</sup>Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI,*

*<sup>2</sup>Kalashnikov Izhevsk State Technical University)*

In this paper, the technique for designing the structure of an element with fractal impedance (EFI) formed by several resistive-capacitive elements with distributed parameters with the structure of layers of the R-C-NR type is considered. At the beginning with the help of a specialized program working in the Matlab environment, a schematic model of the EFI is synthesized, taking into account a number of design and technological limitations determined by the proposed technology of manufacturing the EFI. Then, with the selected materials and the specific parameters of the EFI layers, the structural dimensions of the element are determined. An example of designing an EFI in the form of a discrete thick-film element is given.

С Е К Ц И Я 9

**ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ  
В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ  
СЕТЯХ**

УДК004.492.4

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА СООБЩЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ФИЛЬТРАЦИИ СПАМА НА ВЕБ-САЙТАХ**

*Мезенцева Е.М., Гринблат А.А.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Для обеспечения максимальной эффективности работы современных сайтов необходимо использование действенных средств управления потоком спама. Наиболее перспективным направлением в этом отношении является создание эффективных систем автоматического определения спам-сообщений и снижения доли ручной обработки спама. В связи с этим возникает проблема обработки входящих сообщений администраторами форумов, с целью управления потоком спама (выделения полезной информации из общего потока сообщений).

В рамках научного исследования [1] разработана программная система фильтрации нежелательных сообщений на сайтах и проведена оценка качества распознавания спама предложенными алгоритмами фильтрации. Разработанные методы зависят от содержания сообщения, а именно вычисляется вероятность попадания отдельных слов и словосочетаний в категорию спама/не спама. Поэтому построение уникальных комбинаций слов в сообщении определяет качество последующей работы алгоритмов фильтрации спама.

В работе [1] первостепенная роль уделялась фильтрующим алгоритмам и не разработаны алгоритмы предварительной обработки

сообщений для последующей фильтрации. Это был недочет данной работы, который предлагалось устранить в последующих исследованиях. Следовательно, исследование, разработка и создание новых алгоритмов, методов, средств и систем, обеспечивающих предварительную обработку сообщений для последующей фильтрации, актуально и представляет научный и практический интерес в области защиты информации в сетях телекоммуникаций.

Для устранения выше изложенных недостатков, необходимо поставить следующие задачи:

1. Изучение существующих методов и алгоритмов предобработки сообщений. Выявление их достоинств и недостатков.

2. Выбор собственного метода предварительной обработки сообщений на базе выше исследованных алгоритмов

3. Разработка модуля предварительной подготовки сообщений. Получение количественных оценок, показывающих насколько этап предварительной подготовки сообщений улучшает работу алгоритмов фильтрации.

4. Интеграция разработанных алгоритмов предобработки сообщений с системой управления сайтами.

5. Проведение тестирования функциональности этапа предобработки сообщений в программной системе фильтрации сообщений, разработанной в рамках исследования [1].

## **Метод подготовки сообщения для последующего анализа**

Методы фильтрации спама в работе [1] зависят от содержания сообщения. Поэтому построение уникальных комбинаций слов в сообщении определяет качество последующей работы алгоритмов фильтрации спама. Предлагается новый метод глубокой проработки этапа подготовки сообщения для последующего анализа, который состоит из следующих модулей:

- предобработки текста;
- выделения признаков сообщения, который в свою очередь состоит из модулей разбиения текста на отдельные слова и словосочетания, с учетом морфологии слов.

Описание методов этапа предобработки сообщения (рисунок):

– `tokenize($text, $encoding)` удаляет HTML-разметку, приводит слова к верхнему регистру, разбивает текст на отдельные слова, подключает морфологический словарь, приводит слова к нормальной форме;

– `exclude Tokens (array $ tokens, $ encoding)` работает с исключениями (извлекает из БД массив исключаемых слов, удаляет из массива слов текста исключаемые слова и слова длиной 3 символа и менее);

– `contract Doubles ($ tokens)` производит подсчет слов в тексте, формирует массив пар слово/количество в тексте;

– `create OSB ($ tokens)` – реализует алгоритм разбиения на словосочетания (биграммы)



Этап предобработки сообщений

В данной работе описана концепция построения алгоритмов предварительной обработки сообщений в многомодульной, клиент-серверной системе управления потоками спама.

Предложен новый метод фильтрации спама на web-сайтах, который, в отличие от известных подходов, позволяет повысить качество оценки данных за счет подготовки сообщения и включает в себя следующие подготовительные методы:

– предобработки текста;

– разбиение текста на отдельные слова с учетом морфологии слов с приведением их к нормальной форме с использованием специализированных словарей;

– разбиения на словосочетания. Использует алгоритм биграмм.

Проведено тестирование разработанных методов и доказано, что их применение повышает качество управления потоком спама на сайтах. А именно предложенный модуль предобработки сообщений позволил максимально уменьшить количество возникновения ложных срабатываний и пропущенного спама, что является основными критериями при определении качества работы спам фильтра.

Основными преимуществами системы, кроме глубокой проработки этапа предварительной подготовки сообщений, является гибкость изменения алгоритмов ее работы и простота настройки новых средств обработки нежелательных сообщений за счет многомодульности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мезенцева Е.М.* Исследование и разработка статистических алгоритмов фильтрации сообщений в интерактивных ресурсах инфокоммуникационных сетей [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.М. Мезенцева. – Самара, 2013. – 16 с.

## PREPROCESSING MESSAGES IN TASKS OF SPAM FILTERING ON WEB SITES

*Mezentseva E.M., Grinblat A.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The tasks for implementation of a stage of preprocessing messages are set. Methods of preprocessing messages for the subsequent analysis are described. Outputs and results on application of the developed algorithms are provided.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВЕКТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Аверьянова А.Н., Маслов О.Н.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Традиционное понятие поляризации плоской волны, распространяющейся вдоль оси  $Z$ , относится к гармоническому режиму (ГР) работы антенны, поскольку тип поляризации зависит от соотношения между уровнями и фазами двух комплексных амплитуд ортогональных составляющих (ОС) вектора напряженности электрического  $E$ -поля (например  $\dot{E}_x$  и  $\dot{E}_y$ ) или магнитного  $H$ -поля ( $\dot{H}_x$  и  $\dot{H}_y$ ). [1]. Если фазы ОС векторов одинаковы, поляризация будет линейной (горизонтальной, вертикальной, наклонной), если присутствует сдвиг фаз на  $\pm 90^\circ$  и уровни ОС одинаковы – то круговой (левой или правой), в самом общем случае она является эллиптической. При этом передающая и приемная антенны должны быть согласованы по поляризации во избежание энергетических потерь.

В статистической теории антенн (СТА), одним из важных самостоятельных разделов которой является теория случайных антенн (СА), с поляризацией возникают сложности, разрешить которые достаточно трудно. Во-первых, согласно [2], антенна может работать в режиме, по свойствам отличающемся от ГР: шумовом, импульсном или радиоимпульсном. Во-вторых, даже при работе в ГР, если к двум ОС добавляется третья, вместо одного их сочетания приходится рассматривать все три возможных варианта. В-третьих, непонятно, может ли различаться поляризация у векторов  $E$ -поля и  $H$ -поля. В-четвертых, возникает главный вопрос о том, как будут влиять случайные ошибки разного вида (амплитудные, фазовые, геометрические, частотные) на поляризационные свойства векто-



ров  $E$ -поля и  $H$ -поля – и что вообще следует понимать под поляризацией в рамках СТА и теории СА [3].

Для решения прикладных задач разными авторами неоднократно вводились свои собственные определения поляризации – краткий содержательный обзор см. в [4]. Из них наиболее близким к рассматриваемым исходным условиям является определение [5]: «Поляризация является физической характеристикой электромагнитного поля (ЭМП), определяющей особенности пространственного расположения и изменения во времени вектора напряженности электрической (магнитной) составляющей». В докладе показано, что такое расширительное толкование данного термина устраняет ряд недостатков и ограничений, обусловленных применением в СТА и теории СА определения поляризации согласно [1].

Следует различать два разных случая: когда реальные  $E$ -поля и  $H$ -поля создаются в СА одним общим источником ЭМП и когда в процессе формирования этих векторов (для простоты ограничимся вектором  $E$ -поля  $\vec{E}$ ) участвует совокупность источников. В первом случае временные свойства всех ортогональных составляющих (ОС) вектора  $\vec{E}$  (в декартовых координатах  $E_x$ ,  $E_y$  и  $E_z$ ) будут одинаковыми как при отсутствии, так и при наличии общих (одних и тех же) неопределенностей (в рамках СТА – случайных ошибок). Поэтому пространственное положение  $\vec{E}$  в сферической системе координат будет определяться двумя фиксированными углами: азимутальным  $\varphi_E$  и меридиональным  $\theta_E$ . Временная динамика  $\vec{E}$  при этом сводится к случайным изменениям его модуля  $E_m$ , ориентированного по координатам  $\varphi_E$ ,  $\theta_E$ , что соответствует стохастической линейной поляризации поля СА.

Во втором случае разный характер неопределенностей, обусловленных различием статистических свойств источников ЭМП, которые формируют ОС вектора  $\vec{E}$ , ведет к тому, что уровни его ОС  $E_x$ ,  $E_y$  и  $E_z$  являются взаимно независимыми случайными величинами – поэтому случайными становятся и значения углов  $\varphi_E$ ,  $\theta_E$ . Тогда с течением времени и в соответствии с динамикой неопределенности ОС, наряду со

случайными изменениями модуля  $E_m$  будет изменяться положение вектора  $\vec{E}$  в сферической системе координат – что соответствует более сложной по свойствам, стохастической пространственной поляризации поля СА. Тип данной поляризации ЭМП не совпадает с ее традиционными вариантами, присущими ГР (эллиптическая, линейная, круговая), хотя поведение  $E_m$ ;  $\varphi_E$  и  $\theta_E$  здесь также полностью определяется временными (в СТА корреляционными) свойствами ОС  $E_x$ ;  $E_y$  и  $E_z$ .

Если неопределенности ОС изменяются скачком от одной реализации стохастического ЭМП к другой, что соответствует управлению модельным временем по особым состояниям [2] при использовании совокупности статических СИМ-моделей, в каждом из этих состояний будет иметь место линейная стохастическая поляризация поля СА. Статистические свойства ансамбля реализаций ЭМП при этом иллюстрируются гистограммами случайных значений  $E_m$ ;  $\varphi_E$  и  $\theta_E$ . Если же неопределенности ОС изменяются во времени по заданному или заранее не известному закону, что соответствует непрерывному управлению временем при проведении СИМ, необходимо строить графики совместной зависимости  $E_m$ ;  $\varphi_E$  и  $\theta_E$  от модельного времени, то есть использовать динамические СИМ-модели. Отметим, что в этом случае – при стохастической пространственной поляризации поля СА – возможности метода СИМ используются в существенно более полной мере. Параметры  $E_m$ ;  $\varphi_E$  и  $\theta_E$  являются своего рода «мостиком» от поляризационных свойств традиционных антенн к объектам СТА, так как в рамках теории СА, например, при решении конкретных задач допустимо ограничиться анализом вероятностных свойств ОС  $E_x$ ;  $E_y$  и  $E_z$  [6]. В более общем случае необходимо обобщение модели трехмерного вектора  $\vec{E}$  на его многомерный вариант – чтобы решать задачи, обусловленные неопределенностью многоэлементной СА, в  $N$ -мерной пространственно-частотной области и т.п. Поскольку данный вопрос выходит за рамки доклада, ограничимся указанием на возможность определения ОС  $E_n$  через скалярное произведение  $E_n = (\vec{E} \vec{n}_0)$ , где  $\vec{n}_0$  – соответствующий орт  $N$ -мерной системы используемых координат.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кочержевский Г.Н.* Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1972. – 472 с.
2. *Маслов О.Н.* Случайные антенны: теория и практика. – Самара: Изд-во ПГУТИ-ОФОРТ, 2013. – 480 с. // URL: [http://eis.psuti.ru/images/books/sluch ant](http://eis.psuti.ru/images/books/sluch_ant) (д.о. 20.09.2017)
3. *Маслов О.Н.* Теория случайных антенн: атрибуты и отличительные признаки // Инфокоммуникационные технологии. – Т.12, №4. – 2014. – С. 22-33.
4. *Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А.* Поляризация радиоволн. Поляризационная структура радиолокационных сигналов. – М.: Радиотехника, 2005. – 724 с.
5. *Родимов А.П., Поповский В.В.* Статистическая теория поляризационно-временной обработки сигналов и помех в линиях связи. – М.: Сов. радио, 1984. – 272 с.
6. *Аверьянова А.Н., Маслов О.Н., Раков А.С.* Поляризационные характеристики поля апертурной случайной антенны в зонах Френеля и Фраунгофера // Радиотехника. – № 4, 2017. – С. 70-76.

## **SIMULATION OF STOCHASTIC POLARIZATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD VECTORS**

*Averjanova A.N., Maslov O.N.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The paper considers two options for simulation the polarization properties of electromagnetic field vectors in the framework of the statistical theory of antennas and the theory of random antennas. The first variant corresponds to stochastic linear polarization, the second variant to the stochastic spatial polarization of the vectors of electric and magnetic field strength.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЗНАНИЙ**

***Фролова М.А.***

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Конвергенцию теорий сложных систем (СС), риска, ожидаемой полезности и теории знаний с новыми информационными технологиями сопровождают синергетические эффекты, увеличивающие ценность перечисленных СС знаний. Примером является метод статистического имитационного моделирования (СИМ) по версии метода Димова-Маслова (МДМ) [1], включающий методы сценариев и функционально-стоимостного анализ [2], а также компьютерную технологию метода Монте-Карло (ММК). Целью СИМ является уменьшение неопределенности знаний (как верифицированных, так и аксиологических, в том числе инновационных) об исследуемых СС [3]. Для получения знаний об СС используются вероятностно-теоретические, вероятностно-статистические, статистические и эвристические (экспертные) методы и модели [4]. В докладе рассматриваются возможности, которые дает совместное применение теории знаний, риска и ожидаемой полезности при развитии средств СИМ по МДМ. Показано, что методика СИМ [2-3] ориентируется на знания о рассматриваемом объекте двух видов:

– статистические оценки результатов исследования СС, которые можно считать верифицированными знаниями об объекте (доказанными и проверенными), точность и достоверность которых гарантируются надежностью методов и средств, использованных для их получения;

– аксиологические знания в виде гипотез, суждений и предположений о свойствах и характеристиках СС, обусловленные опытом, взглядами и намерениями лиц, принимающих решения (ЛПР) – которые именуются также интуитивными, феноменологическими и т.п., базируются на субъективном понимании, а не объяснении принципов работы и моделирования, состава и структуры СС [3].

Формирование объема исходных данных для СИМ по МДМ, предполагает совместное использование верифицированных и аксиологических знаний с учетом следующих рекомендаций.

1. По результатам математического моделирования СС, в соответствии с выдвинутыми гипотезами и принятыми аналитическими моделями, а также руководствуясь персональными экспертными оценками, ЛПР обязаны согласовать суждения о том, что должны представлять собой модель СС и будущая реальная СС – то есть добиться единого (устраивающего, возможно в разной мере, но всех ЛПР) понимания сущности стоящих перед ними общих задач [3].

2. Определить исходные условия для решения каждой конкретной задачи в виртуальной среде – если ЛПР считают, что объема статистических данных для этого не хватает, их дополняют искусственным путем: осуществляя преобразования случайных числовых величин (СЧВ), соответствующие схемам их формирования, сочетая верифицированные знания об объекте, которые считаются истинными, с правдоподобными аксиологическими знаниями.

3. Если ЛПР полагают, что объема статистических данных об объекте недостаточно, они принимают одно из следующих решений:

- использовать при проведении СИМ в качестве СЧВ результаты оценки факторов или уровней воздействия на СС, полученные непосредственным путем, по экспериментальным гистограммам;

- преобразовать массивы экспериментальных данных с целью формирования необходимой для проведения СИМ последовательности СЧВ;

- аппроксимировать гистограммы типовыми вероятностными функциями, выбрать наиболее подходящие из них и «разыгрывать» по технологии ММК последовательности СЧВ, соответствующие им;

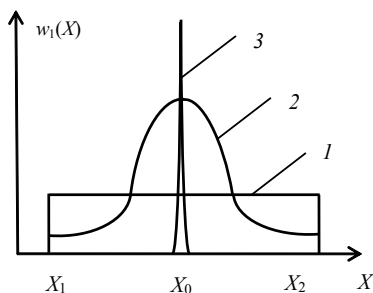
- теоретическим путем определить наиболее подходящие законы распределения для случайных факторов, а необходимые числовые параметры сформировать по оценкам имеющихся данных.

4. Успеху действий ЛПР способствует знание предметной области СИМ на пределе доступных возможностей, а также аналогичное понимание принципов функционирования СС с тем, чтобы избежать работы «вслепую», методом проб и ошибок. Необходимость уменьшения объема вычислений по ММК в рамках СИМ требует примене-

ния наиболее простых и «прозрачных» математических моделей.

5. Особое значение МДМ придает тестированию и проверочным испытаниям СИМ-модели [1-2]. Вопросы о том, насколько точно и правильно определены исходные данные; способны ли они существенно повлиять на итоги СИМ – представляют как теоретический, так и практический интерес, поэтому разработка тестов становится важной самостоятельной задачей.

6. Теоретико-вероятностный подход наиболее оправдан при исследовании массовых явлений, где в рамках концепции «риск как неопределенность» эффективно «работают» вероятностно-статистические и статистические методы. В рамках концепции «риск как возможность» МДМ допускает (предполагает) конвергенцию теоретико-вероятностных и экспертных методов. Типовые модели неопределенности знаний о свойствах СЧВ  $X [X_1; X_2]$  в виде ее плотности распределения вероятности (ПРВ)  $w_1(X)$  иллюстрирует рисунок.



Графики ПРВ  $w_1(X)$ , соответствующие:  
1 и 3 – максимуму и минимуму неопределенности знаний ЛПР;  
2 – условиям применимости ПТ ТВ

Можно выделить три этапа моделирования  $X$  в зависимости от объема имеющейся у ЛПР информации о параметрах и свойствах СС [4]:

– максимум неопределенности, когда можно воспользоваться «принципом безразличия» и полагать, что все возможности или варианты развития событий являются равновероятными, что соответствует равномерному распределению  $X [X_1; X_2]$  (кривая 1 на рисунке);

– ситуация, соответствующая условиям применимости предельных теорем теории вероятностей (ПТ ТВ), когда финитной моделью неопределенности можно считать ПРВ одномерного устойчивого закона [1] – см. кривую 2 на рисунке;

– минимум неопределенности знаний – соответствующий «квази-детерминированной»  $w_1(X)$  с малой дисперсией, вплоть до приближенной модели в виде дельта-функции Дирака вблизи  $X = X_0$  (см кривую 3).

Поскольку СИМ-модель по МДМ является открытой СС, влияние неопределенности знаний ЛПП об объекте моделирования можно уменьшить до приемлемых пределов путем ее тестирования и корректировки в процессе опытной эксплуатации [2] и при решении конкретных задач [5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Димов Э.М., Маслов О.Н., Пчеляков С.Н., Скворцов А.Б.* Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Ч. 2. Имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. – 350 с.

2. *Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В.* Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования // Информационные технологии. – № 6, 2014. – С. 51-57.

3. *Виттих В.А.* Организация сложных систем. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2010. – 66 с.

4. *Маслов О.Н.* Моделирование неопределенностей // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – № 9, 2014. – С. 79-84.

5. *Маслов О.Н., Фролова М.А.* Функционал ожидаемой полезности в задачах управления сложными системами // Инфокоммуникационные технологии. –Т. 14, №2, 2016. – С. 168-178

## SIMULATION THE UNCERTAINTY OF KNOWLEDGE

*Frolova M.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The paper considers the synergetic opportunities that the joint application of the theory of knowledge, risk and expected utility in the development of statistical simulation tools for complex systems according to the method of Dimov-Maslov.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ЗАЩИТА СЛУЧАЙНЫХ АНТЕНН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ОПАСНЫХ СИГНАЛОВ**

*Маслов О.Н., Фролова М.А., Шаталов И.С.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В докладе рассматриваются особенности исследования случайных антенн (СА) в интересах проектирования системы активной защиты (САЗ) конфиденциальной информации (КИ) от утечки во внешнюю среду методами и средствами теории сложных систем. Моделью САЗ является система организационно-технического типа, неопределенность знаний о параметрах и свойствах которой обусловлена спецификой работы СА, формирующих технические электромагнитные каналы утечки КИ. Проблема создания и анализа эффективности САЗ КИ от утечки во внешнюю среду через СА представляет в настоящее время интерес как в практическом, так и в теоретическом отношении [1-3].

В основе комплексного подхода к ее решению методами и средствами теории сложных систем организационно-технического типа [2] лежит тезис о неопределенности знаний лиц, принимающих решения (ЛПР) о параметрах и свойствах проектируемой (инновационной, разведанной) САЗ КИ. Для уменьшения данной неопределенности ЛПР используют сегодня все доступные средства: от компьютерного моделирования], до проводимых экспериментальным путем, кропотливых и трудоемких специальных исследований (СИ). Особую трудность представляет достоверная оценка сигналов, переносящих КИ (опасных сигналов, КИ-сигналов), которые отличаются динамикой поведения, непредсказуемой в реальных условиях. Для ЛПР построить модель КИ-сигнала (вербальную, математическую, компьютерную) не менее сложно, чем, например, смоделировать технические средства перехвата КИ, используемые потенциальным зло-



умышленником (недобросовестным конкурентом). Цель доклада – возможность совершенствования методов и средств СИ в интересах разработки и оценки эффективности САЗ КИ.

Условимся различать информационные и информативные признаки критического события. Пусть в наблюдаемой СС может произойти событие  $A_S(x_A; y_A; z_A; t_A)$  – далее просто  $A_S$ , которое для ЛПР имеет критическую важность (вторжение злоумышленника на объект защиты, хакерская атака на информационную сеть, выброс вредных веществ и энергий в экосферу, старт баллистической ракеты и т.п.), связанное с пространственными координатами точки  $A(x_A; y_A; z_A)$  и моментом времени  $t_A$ . В точке наблюдения  $M(x_0; y_0; z_0)$  ЛПР сможет узнать об этом событии в момент  $t_0$ , то есть через время  $t_0 - t_A$ , необходимое для того, чтобы информация об  $A_S$  была «доставлена» из точки  $A(x_A; y_A; z_A)$  в точку  $M(x_0; y_0; z_0)$ . Признаки, по которым ЛПР в промежуток времени  $t_0 < t < T$ , где  $T$  – период наблюдения,  $t$  – текущее время, судит о том, что событие  $A_S$  произошло, будем именовать информационными, полагая, что они связаны с верифицированными (объективными, проверенными, детерминированными) знаниями ЛПР о свойствах и атрибутах  $A_S$ . Факт события  $A_S$ , подтвержденного его информационными признаками, считается достоверным. Косвенные признаки, по которым в момент времени  $t < T$  ЛПР может судить о том, что событие  $A_S$  наступило или вот-вот наступит в момент  $t_A$ , будем называть информативными.

В отличие от своих информационных аналогов, информативные признаки обусловлены аксиологическим знаниями ЛПР – производственным опытом, субъективными суждениями, гипотезами, предположениями и т.п. Очевидно, что неопределенность знаний об  $A_S$ , связанная с информативными признаками, существенно больше по сравнению с информационными признаками, что затрудняет действия ЛПР на основе их использования. Однако выигрыш за счет сокращения времени  $t_0 - t_A$  при использовании информативных признаков вместо информационных может иметь для ЛПР решающее значение – с учетом критичности события  $A_S$ . Большинство реальных событий  $A_S$  не являются одномоментными, а представляет собой процессы: имеют свою предысторию, этапы начала, развития, экстремум-

ма и завершения [4]. В этой связи информативные признаки можно рассматривать как симптомы  $A_S$ , дерево решений ЛПР при этом включает три ветви: связанные с вероятностями правильного диагностирования  $A_S$ ; ошибочного диагностирования типа ложной тревоги и типа пропуска цели. В игре с антагонистическими интересами фон Неймана использование информативных признаков дает соперникам дополнительные возможности как для получения выигрыша за счет нанесения противнику ущерба, так и путем введения его в заблуждение путем предоставления дезинформации.

Основным средством проведения СИ в рассматриваемой предметной области является метод сравнения затухания сигналов эквивалентного генератора (ЭГ) с прогнозируемым затуханием реальных КИ-сигналов – при их распространении на объекте САЗ в одних и тех же условиях, то есть по одинаковым радиотрассам и проводным линиям [1].

В докладе возможности метода ЭГ рассматриваются на конкретном примере фрагмента компьютерной сети, куда входят ЭВМ с периферийными устройствами (принтеры, сканеры, сервер и т.п.); сеть электропитания 220 В, 50 Гц; контурная система заземления и ретрансляторы КИ-сигнала, используемые в качестве элементов низкоэнергетической САЗ [5-6]. С точки зрения [1-3], здесь присутствуют как сосредоточенные, так и распределенные СА, причем часть ретрансляторов располагается на окнах и стенах помещения, которые выступают как апертурные СА.

Метод ЭГ предполагает, что свойства векторов ЭМП реального КИ-сигнала и тестового сигнала ЭГ на частоте  $f_c$  в одних и тех же условиях – при распространении на объекте САЗ по одним и тем же радиотрассам и проводным линиям – будут одинаковыми. Можно утверждать, что появление (отсутствие) КИ-сигнала с информационными признаками на частоте  $f_c$  незначительно скажется на структуре и свойствах (пространственных и поляризационных) ЭМП с информативными признаками КИ-сигнала на той же частоте в составе общего частотного спектра – поскольку способ его формирования совокупностью СА, условия утечки во внешнюю среду и распространения в ней будут примерно (если не достаточно точно) такими же –

что можно использовать как при организации и проведении исследования всех видов СА, расположенных в помещении офиса, так и при оценке эффективности САЗ КИ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маслов О.Н.* Случайные антенны: теория и практика. Самара: Изд-во ПГУТИ-ОФОРТ, 2013. – 480 с. // URL: <http://eisn.psuti.ru/publishing/> (д.о. 20.07.2017)

2. *Маслов О.Н.* Теория случайных антенн: атрибуты и отличительные признаки // Информационные технологии. – Т. 12. – № 4, 2014. – С. 16-24.

3. *Маслов О.Н.* Онтологические принципы развития статистической теории антенн // Антенны. – № 4, 2015 – С. 15-25.

4. *Маслов О.Н.* Моделирование неопределенностей // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – №9, 2014. – С. 79-84.

5. *Маслов О.Н.* Низкоэнергетическая информационная защита случайных антенн // Электросвязь. – №1, 2014. – С. 32-38

6. *Маслов О.Н.* Модуль-ретранслятор для низкоэнергетической информационной защиты случайных антенн // Электросвязь. – № 1, 2015. – С. 40-45.

## INFORMATION PROTECTION OF RANDOM ANTENNAS BY USING INFORMATIVE SIGNS OF DANGEROUS SIGNALS

*Maslov O.N., Frolova M.A., Shatalov I.S.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The paper proposes idea that RA can be studied by analyzing information signs of signals, which transmit confidential information (CI) (for example, CI-signals, «dangerous» signals) instead of their information sings. The possibility to use the obtained data in evaluating the effectiveness of active protection systems of computer CI is considered.

## **ОСОБЕННОСТИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

***Голованова Е.Н.<sup>1</sup>, Докучаев В.А.<sup>2</sup>, Маклачкова В.В.<sup>2</sup>***

*(<sup>1</sup>НИУ «Высшая школа экономики»),*

*<sup>2</sup>Московский технический университет связи  
и информатики )*

В 2016 году вступил в силу Указ Президента РФ № 646, утверждающий новую Доктрину информационной безопасности [1], заменившую документ, действовавший в России с 2000 года. Доктрина отражает национальные интересы, официальные взгляды на цели, задачи, принципы и основные направления обеспечения информационной безопасности в РФ. Согласно Доктрине одним из национальных интересов в информационной сфере является «обеспечение и защита конституционных прав и свобод человека и гражданина в части, касающейся получения и использования информации, неприкосновенности частной жизни при использовании информационных технологий...». Из этого следует то внимание, которое в настоящее время уделяется в организациях вопросам обработки и защиты персональных данных (ПДн) в информационных системах. На территории РФ отношения, связанные с обработкой ПДн, с использованием средств автоматизации, в том числе в информационно-телекоммуникационных сетях, или без использования таких средств, если обработка ПДн без использования таких средств, регулируются Федеральным законом № Ф3-152 «О персональных данных» с изменениями от 29 июля 2017 года.

Что же такое «персональные данные»? В предыдущей редакции Ф3-152 персональные данные определялись как «любая информация, относящаяся к определенному или определяемому на основании такой информации физическому лицу (субъекту ПДн), в том числе

его фамилия, имя, отчество, год, месяц, дата и место рождения, адрес, семейное, социальное, имущественное положение, образование, профессия, доходы, другая информация». В новой редакции ФЗ-152 дана более расплывчатая формулировка – любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному или определяемому физическому лицу (субъекту ПДн). При этом полностью исключен термин «Общедоступные персональные данные» – ПДн, доступ неограниченного круга лиц к которым предоставлен с согласия субъекта ПДн или на которые в соответствии с федеральными законами не распространяется требование соблюдения конфиденциальности.

В тоже время, у оператора ПДн, который осуществляет операции с ними, существенно расширился круг обязанностей, связанных с соблюдением требований закона. Оператор ПДн – государственный орган, муниципальный орган, юридическое или физическое лицо, самостоятельно или совместно с другими лицами организующие и (или) осуществляющие обработку ПДн, а также определяющие цели обработки ПДн, состав ПДн, подлежащих обработке, действия (операции), совершаемые с ПДн. Причем согласно новой версии ФЗ при обработке ПДн необходимо соблюдение точности и условий хранения. За оператором также закреплена обязанность по защите ПДн и принятию мер по обеспечению их безопасности. Должностное лицо организации, ответственное за обеспечение безопасности ПДн, должно обладать соответствующей квалификацией. Для этого рекомендуется прохождение им курсов повышения квалификации по теме «Защита персональных данных» продолжительностью не менее 72 часов в лицензированном учебном центре или наличия у него профильного высшего образования в сфере защиты информации.

При выявлении ответственности за нарушения в области обработки и/или защиты ПДн следует особо обратить внимание на ст.13.11 и 13.14 КоАП РФ, ст. 81 ТК РФ, ст. 90 ТК РФ, ст. 137 УК РФ, в которых предусмотрена эта ответственность.

В свете развития современных информационных технологий в новую редакцию ФЗ-152 добавлено понятие «автоматизированная обработка персональных данных». Под автоматизированной обработкой ПДн в ФЗ-152 понимается обработка ПДн с помощью

средств вычислительной техники. Также в новой редакции дано определение информационной системы персональных данных – совокупность содержащихся в базах данных ПДн и обеспечивающих их обработку информационных технологий и технических средств. Требования к информационным системам, содержащим ПДн, определены в документе, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 01.11.2012 №1119 «Об утверждении Требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». Существует 4 уровня защищенности информационных систем, которые устанавливаются Правительством РФ. Состав и содержание необходимых требований к обработке и защите ПДн определяются ФСТЭК и ФСБ. Все информационные системы персональных данных должны проходить с определенной периодичностью аудит на предмет соответствия требованиям Федерального закона от 27.07.2006 №152-ФЗ. Отметим, что кадровые системы электронного документооборота подпадают под действие ФЗ-152 и должны не реже 1 раза в 3 года проходить такой аудит.

Согласно новой редакции ФЗ-152 для соблюдения принципов и правил данного закона оператору персональных данных необходимо предпринять ряд определённых мер: назначение ответственного за организацию обработки ПДн; издание документов, определяющих политику в отношении обработки ПДн, локальных актов по вопросам обработки ПДн; применение правовых, организационных и технических мер по обеспечению безопасности ПДн; осуществление внутреннего контроля и (или) аудита соответствия обработки персональных данных Федеральному закону и принятым в соответствии с ним нормативным правовым актам, локальным актам оператора; оценка вреда, который может быть причинен субъектам ПДн в случае нарушения ФЗ-152; ознакомление работников оператора, непосредственно осуществляющих обработку персональных данных, с положениями законодательства о ПДн, и (или) обучение указанных работников.

В новой редакции ФЗ-152 более чётко определены обязанности оператора персональных данных, а именно его обязанность инфор-

мировать о политике в отношении обработки ПДн; реализуемых требованиях к защите ПДн; порядке уведомления уполномоченного органа при прекращении обработки ПДн.

Обладатель информации, оператор информационной системы, обязан обеспечить на территории РФ баз данных информации, с использованием которых осуществляется сбор, запись, систематизация, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), извлечение ПДн граждан РФ. Как вариант, возможно размещение ПДн в дата-центрах и облачных инфраструктурах, находящихся вне территории РФ, только прошедших процедуру обезличивания либо размещение ПДн в дата-центрах и облачных инфраструктурах, находящихся вне территории РФ в зашифрованном виде.

Весной 2016 г. Еврокомиссия приняла новый регулирующий акт – Общий Регламент по защите данных Европейского Союза (Global Data Protection Regulation - GDPR), который вступит в силу в мае 2018 г. Акт регулирует защиту ПДн граждан стран-членов Европейского Союза (ЕС). Согласно указанного документа, теперь регулирование может распространяться на компании и за пределами ЕС. То есть к любому российскому бизнесу, собирающему и обрабатывающему персональные данные хотя бы одного гражданина страны-члена ЕС, могут быть применены значительные GDPR-штрафы. Также возникает необходимость учёта новых рисков, связанных с трансграничной передачей персональных данных.

Очевидно, что в этих условиях предъявляются новые требования к уровню компетенций специалистов компаний, занимающихся работой с персоналом, вопросами обработки и защиты ПДн, поддержкой информационных систем ПДн. Это может быть достигнуто путём регулярного повышения квалификации указанных специалистов (например, на учебных курсах НОЦ «Инфокоммуникации и информационные технологии» ВШБИ НИУ ВШЭ). Также отметим очевидную необходимость разработки, в рамках инициатив РСПП и НАРК [2], профессионального стандарта «Специалист по обработке и защите персональных данных с использованием ИКТ».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации. Совет Безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/security/information/document5/> (дата обращения 12.09.2017).

2. Докучаев В.А., Мытенков С.С. Нормативно-правовое регулирование разработки и утверждения проектов профессиональных стандартов в области инфокоммуникационных технологий. Тезисы докладов XV Международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций», секция «Инфокоммуникационные технологии в обучении», г. Казань, 18-21 ноября 2014 года.

### **PECULIARITIES OF LEGAL AND REGULATORY SUPPORT FOR THE PERSONAL DATA PROTECTION USING INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES**

*Golovanova E.N.<sup>1</sup>, Dokuchaev V.A.<sup>2</sup>, Maklachkova V.V.<sup>2</sup>*

*(<sup>1</sup>National Research University «Higher School of Economics»,  
<sup>2</sup>Moscow technical university of communications and informatics)*

Discusses legal and regulatory aspects of the the personal data protection using infocommunication technologies. The most significant changes introduced into the last edition of the Law on Personal Data are considered. Indicated the need to take into account the work of personal data operators provisions of the Global Data Protection Regulation (GDPR) EU. It is noted that at present new requirements are being imposed to the level of competence of specialists of companies dealing with work with personnel, issues of processing and protection of Personal Data, support of Personal Data Information Systems.



## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ**

*Алексеев А.П.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

Для защиты передаваемой информации успешно используются криптография и стеганография. Повысить криптостойкость передаваемых сообщений можно путём создания ещё нескольких уровней защиты. Предлагается ввести дополнительно два барьера защиты – пространственное и временное распыление информации.

Идея пространственного распыления информации заключается в дроблении криптограммы на блоки и размещении их в различных стеганографических контейнерах. Идея временного распыления информации сводится к тому, что мультимедийные контейнеры с внедрёнными блоками криптограммы демонстрируются на сайтах непостоянно, а лишь кратковременно, причём каждый контейнер появляется на сайте в заранее обусловленное время. Доменный адрес и момент публикации каждого мультимедийного контейнера известны лишь на передающей и приёмной сторонах.

Обнаружить скрытый канал сложно из-за использования мультимедийных контейнеров-близнецов. Например, фотография на сайте подменяется точно такой же фотографией, но содержащей стеганографически скрытый блок криптограммы. Контейнерами могут быть: звуковые, графические и видео файлы, исполняемые файлы, базы данных, HTML-страницы и т.п.

Число блоков, на которое разбивается криптограмма определяется сеансовым ключом. Момент передачи каждого контейнера также определяется ключом. Мультимедийные контейнеры (стегоконтейнеры) размещаются в Интернет на нескольких серверах. Предварительно между сторонами оговаривается список доменных адресов, которые используются для скрытой передачи информации.

Таким образом осуществляется пространственное распыление информации.

При временном распылении информации моменты передачи каждого блока криптограммы выбираются псевдослучайно. Вначале могут передаваться блоки криптограммы, которые расположены в конце сообщения, затем – в начале, потом – в середине и т.д. Время передачи блоков криптограммы выбирается псевдослучайно. Длительность демонстрации каждого мультимедийного контейнера устанавливается минимально необходимым для успешного считывания информации на приёмной стороне. Блоки передаваемой криптограммы тасуются, тем самым осуществляется дополнительное шифрование методом перестановок блоков криптограммы.

При пространственно-временном распылении информации дополнительно передаются камуфлирующие стеганографические контейнеры, которые содержат вложения (камуфлирующий текст), но не содержат передаваемое сообщение.

## **SPATIALLY-TEMPORAL DISPERSION OF INFORMATION**

*Alekseev A.P.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

Cryptography and steganography were successfully used to protect the transmitted and stored information. It is possible to increase the protection of transmitted messages by creating several levels of protection. It is proposed to introduce two additional barriers of protection – spatial and temporal dispersion of information.

## МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ УСПЕШНОГО ПРОВЕДЕНИЯ DDOS-АТАКИ

*Кузнецов М.В.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время DoS и DDoS-атаки наиболее популярны, так как позволяют довести до отказа практически любую систему, не оставляя юридически значимых улик. Если атака выполняется одновременно с большого числа компьютеров, говорят о DDoS-атаке (*Distributed Denial of Service, распределённая атака типа «отказ в обслуживании»*). Такая атака проводится в том случае, если требуется вызвать отказ в обслуживании хорошо защищённой крупной компании или правительственной организации.

Тенденции нарастания DDoS-атак:

1. Мощность атак сетевого и транспортного уровня непрерывно возрастает. Потенциал среднестатистической атаки типа SYN-флуд достиг уже 10 миллионов пакетов в секунду.

2. Атаку авто-ботов, оснащенных полноценным браузерным движком с JavaScript, нейтрализовать подручными средствами гораздо сложнее. И хотя доля таких ботов пока не велика, но постоянно растёт.

3. Большинство ботнетов управляется посредством пиринговой сети. Это позволяет злоумышленникам синхронизировать действия ботнета во времени – если раньше управляющие команды распространялись по ботнету в 5 тысяч машин за десятки минут, то теперь счет идет на секунды.

4. Многие крупные российские компании (в том числе хостинги) испытывали в последнее время проблемы в результате атак на их DNS-серверы. Это одна из наиболее простых в реализации и сложных в плане противодействия атак.

Для снижения вероятности успешного проведения DDoS-атаки необходимо принять конкретные меры, в частности:

1. Отказаться от WindowsServer и перейти на Linux.
  2. Максимально действенным способом дать отпор может стать модуль «testcookie-nginx», который работает как быстрый фильтр между ботами и ПО сервера во время L7 DDoS-атаки, позволяющий отсеивать мусорные запросы.
  3. Необходим сквозной контроль и анализ объема трафика, времени ответа сервера и частоты ошибок. Это актуально для сайтов с большим количеством динамического контента.
  4. Контроль числа запросов в секунду. Растут они в случае, если пришел крупный ботнет, а падают, если пришедший ботнет обрушил сайт, сделав его полностью недоступным для легитимных пользователей.
  5. Необходимо установить все тайм-ауты. Нужно выставить минимальные значения, при которых сайт остается в работоспособном состоянии, то есть все легитимные запросы обрабатываются. Это определяется только тестированием.
- Эти меры хоть и не снижают вероятности проведения DDoS-атак, но минимизируют их успешное проведение и позволяют в более короткий срок восстановить работу сайта.

## **METHODS TO REDUCE THE PROBABILITY OF SUCCESSFUL DDOS-ATTACKS**

*Kuznetsov M.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The report presents various methods to reduce the prospects of a successful DDoS-attack. The attack cannot be prevented, but you can make it unsuccessful. This will allow in a shorter period of time to restore the service.

## **АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НЕВОКАЛИЗОВАННОЙ РЕЧИ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДИКТОРА**

*Ротенштейн И.В., Кузнецов Я.М.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В ноябре 2016 года Adobe была анонсирована бета-версия программы «ProjectVoCo» как «Фотошоп для голоса», с помощью которой в готовой записи можно менять отдельные слова и короткие фразы, работая в текстовом редакторе, а еще раньше искусственный интеллект Google Deep Mind научился говорить почти человеческим голосом по-английски и по-китайски. Аналогично, британское автономное подразделение Google, которое занимается разработками в области искусственного интеллекта, разработало нейронную сеть Wave Net, которая вместо того, чтобы просто анализировать аудиозапись, учится на фрагментах речевого сигнала. Представленные разработки позволяют с высокой степенью точности воспроизводить любые фразы голосом выбранного диктора. Возникает вопрос, насколько сложно отличить синтезированную речь от натуральной. Однако все эти методы основаны на имитации индивидуальных особенностей голоса, но при произношении той же фразы шепотом голос не участвует, следовательно, существует возможность определения индивидуальности говорящего и без участия его голоса.[1]

Шёпот представляет собой модуляцию шума, образованного в речеобразующем тракте при выдохе. Получается тихая безголосая речь, при которой слова произносятся без использования голосовых связок, гласные и согласные звуки артикулируются с участием всего остального артикуляционного аппарата как обычно.

Хотя при шёпоте не используется голос, однако исследования показали, что в шумовом сигнале соответствующему гласным звукам, присутствуют колебания похожие на форманты вокализованной речи. Причём, спектральный анализ показал некоторое сходство вы-

деленных «формант» шёпота с аналогичными голосовыми формантами тех же звуков. В моменты возбуждения человек начинает шептать более «громко» и отрывисто, что бы лучше донести смысл своего сообщения до окружающих. Что отчасти напоминает резкие скачки частоты основного тона при возбуждённом состоянии и при обычной речи. Всё это позволяет предположить, что возникающие при шёпоте шумовые форманты, скорость и вид их изменения тоже могут нести информацию об индивидуальности речеобразующего тракта конкретного диктора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов А.С., Кузнецов М.В.* Исследование возможности идентификации диктора по шёпоту // Материалы НТК Росинфоком-2017 «Актуальные вопросы телекоммуникаций». ПГУТИ, Самара 01.09.2017 г. – С. 201.

## **ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE UNVOICED SPEECH FOR THE TASK OF SPEAKER RECOGNITION**

*Rotenshtein I.V., Kuznetsov Ya.M.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The report examined the possibility of synthesizing a speech signal of a particular speaker, complicating task of forensics and provides a brief comparative analysis of parameters of the unvoiced speech. Studies have shown that the articulating apparatus by whisper, also allows you to identify the speaker even in the absence of the voices in his message.

## ЗАЩИЩЕННАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В СЕНСОРНОЙ СЕТИ

*Зайцев В.В.*

*((ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В качестве аппаратного устройства используется ATmega644p [1]. Средство разработки – AVR Studio 4 со специальным окном редактора программиста. Средство отладки – эмулятор JTAG (Join Test Action Group – Группа совместных испытаний).

Для оценки эффективности алгоритма шифрования AES мы используем режим AES-128 CBC (Cipher Block Chaining – сцепление блоков шифртекста) к EEPROM ATmega644p. Время операций шифрования и дешифрования измеряется для размеров данных в 16, 32, 64, 128, 256 и 512 байт. В таблице показано время работы шифрования, дешифрования и цикл процессора для соответствующих размеров данных.

*Таблица*

**Времена работы криптографических операций**

| Data Size(byte) |           | 16    | 32     | 64     | 128    | 256     | 512     |
|-----------------|-----------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Enc             | Time (ms) | 449   | 898    | 1,796  | 3,592  | 7,184   | 14,368  |
|                 | CPU Cycle | 8,980 | 17,960 | 35,920 | 71,840 | 143,680 | 287,360 |
| Dec             | Time (ms) | 456   | 912    | 1,825  | 3,649  | 7,297   | 14,592  |
|                 | CPU Cycle | 9,120 | 18,240 | 36,500 | 72,980 | 145,940 | 291,840 |

Для измерения задержки передачи данных и дешифрования по количеству пересылок связи делаются следующие допущения: каждый узел имеет одинаковую производительность, нет помех или потерь пакетов, каждый узел совместно использует общий ключ с соседними узлами наперед, шифрование и дешифрование работают

единожды за один шаг. Связь для генерации парного ключа общего типа аналогична протоколу mTESLA (Micro Timed Efficient Stream Loss-tolerant Authentication) сенсорной сети [2].

Для шифрования и дешифрования 512 байт требуется приблизительно 14 минут. Основная причина большой задержки связана с производительностью 8-разрядного микроконтроллера [3]. Отсюда можно сделать вывод, что при увеличении масштаба датчиков, потребление энергии также будет возрастать [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kim S., Verbaauwhede I.* AES implementation on 8-bit microcontroller, Department of Electrical Engineering, University of California, Los Angeles, USA. – 2002.

2. *Perrig A. et al.* SPINS: Security Protocols for Sensor Networks, ACM Wireless Networks, 2002. – Vol. 8. – No. 5.

3. *Hyubgun Lee, Kyoungwha Lee, Yongtae Shin.* AES Implementation and Performance Evaluation on 8-bit Microcontrollers, (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security, 2009. – Vol. 6 – No. 1. – Pp. 70-74.

4. *Гибадуллин Р.Ф., Новиков А.А., Смирнов И.Н., Перухин М.Ю.* Управление доступом и защита беспроводной передачи картографической информации // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2016. – № 8. – С. 105-109.

## THE PROTECTED DATA TRANSMISSION IN SENSOR NETWORK

*Zaytsev V.V.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The work calculates the data transfer rate in the sensor network, provided that the communication is protected by a symmetric encryption algorithm based on AVR microcontrollers to perform cryptographic operations.



## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СЕТИ**

*Бельская Н.М., Уточкина Д.А., Уточкина М.А.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

С развитием инфокоммуникационных технологий постоянно увеличиваются объём информации и способы взаимодействия с ней. Это приводит к возникновению ряда технических проблем, одной из которых является противоречие между разнообразием современных информационно-коммуникационных систем и традиционными мерами защиты информации. Данная тенденция создаёт необходимость исследования новых соответствующих методов защиты информации [1].

Для обеспечения эффективного функционирования систем безопасности объектов информатизации используются системы управления безопасностью. В таких системах реализуются функции планирования, управления, анализа, координации и прогнозирования, а также осуществляется оперативное обеспечение информацией лица, принимающего решения.

Одним из инструментов, обеспечивающих эффективное, динамическое функционирование системы управления безопасностью информационной среды, является интеллектуальное управление, которое возникает там, где информация трактуется как количественно неопределяемая совокупность данных, знаков, утверждений и отношений между ними в логически ясном контексте их изложения [2].

Структура системы интеллектуального управления связана с моделью системы, в которой должны быть определены как традиционные элементы системы управления, так и модели обработки знаний, реализуемые интеллектуальной системой.

Интеллектуализация процессов управления имеет в виду использование математического, алгоритмического и программного обес-

печения управляющих систем, способных решать задачи путем приобретения, хранения и целенаправленного преобразования знаний.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к использованию нечетких интеллектуальных технологий и разработке нечетких прикладных систем и моделей, в том числе и метода когнитивного моделирования. Предлагается применить метод когнитивного моделирования, позволяющий оценить текущее состояние информационной безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бельская Н.М., Уточкина Д.А., Уточкина М.А.* Оценка рисков информационной безопасности системы обработки платежей // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2017). – 2017. – С. 62-69.

2. *Дунин В.С., Бокова О.И., Хохлов Н.С.* Построение модели интеллектуальной системы управления безопасностью объекта информатизации ОВД на основе нечеткой нейронной продукционной сети // Вестник Воронежского института МВД России. – 2011.

## INTELLIGENT SYSTEM OF SECURITY MANAGEMENT OF INFORMATION NETWORK RESOURCES

*Belskaya N.M., Utochkina D.A., Utochkina M.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The article contains the construction of a model of an intelligent security management system for an information object.

## **КАК ЭКСПЕРТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕДНОСНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОМОГАЮТ ЗАЩИТИТЬ КОМПАНИИ**

*Мальцева Е. С., Коваль М. А., Коняева О. С.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

На сегодняшний день условия вирусных программ и информационной безопасности претерпели серьезные изменения, а потому техники защиты компаний также претерпевают некоторые перемены. Хакеры увеличивают темпы развития, что приводит к постоянному росту угроз для безопасности и их усложнению. Все новые техники позволяют данным угрозам оставаться незамеченными в корпоративных сетях более длительный период времени, чем ранее. Защита корпоративной сети предприятия становится все более сложной задачей, потому что такие сети могут состоять из более чем нескольких сотен машин, а человеку, решившему взломать данную сеть и обладающим необходимым уровнем навыков, необходимо получить доступ всего к одному компьютеру из всей сети, чтобы зараженные файлы распространились по всей сети в кратчайшие сроки.

Раньше было достаточно просто предотвратить заражение, т.к. количество угроз было сравнительно небольшим, а потому было достаточно определить все возможные пути заражения и типы данных угроз, чтобы обезопасить внутрисетевые компьютеры. Сейчас объемы создания новых угроз стремительно растут. Если до этого вирус мог добираться неделями между соседними городами, то сегодня может в течение дня распространиться по всему миру.

Основные подходы для защиты программного обеспечения от вирусного заражения традиционно представляют собой белые и черные списки. Такие способы были довольно эффективны в течение длительного времени, однако последние события показали, что они стали малоэффективными и поэтому необходимо что-то принципи-

ально новое. У хакеров есть неограниченное число попыток, пока они не достигнут определенного результата, как только они его достигают, это приводит к впечатляющим результатам. Все, кто занимается решением вопросов безопасности, находится со злоумышленниками в неравных условиях, поэтому необходимо постоянно развиваться, чтобы быть на шаг впереди тех, кто зарабатывает на создании вредоносного кода.

Борьба с хакерами – это трудная задача для тех, кто занимается разработкой и производством систем для защиты корпоративных сетей. Но сейчас становится понятнее, что нужно делать для защиты от наиболее сложных и неизвестных кибер-атак. Теперь это лишь вопрос реализации, но предприятия должны понять насколько им важна информационная безопасность для достижения поставленных бизнес-идей.

Рассмотрим возможность защиты сети на примере EDR-технологий (Endpoint Detection and Response). Это технологии, которые благодаря непрерывному мониторингу, отслеживанию зависимости между всеми процессами и классификации всех активных процессов позволяют значительно повысить уровень безопасности от современных неизвестных угроз: направленные атаки, безфайловые атаки, атаки без использования вредоносных программ, неизвестные шифровальщики и т.д.

Существует семейство решений Panda Adaptive Defense, использующие EDR-технологии, которые разработаны специально для борьбы с подобными «сюрпризами». Однако подобные решения используются непосредственно для защиты конечных устройств.

Как защитить периметр сети? Для этого рассмотрим какие превентивные меры безопасности необходимо реализовать на периметре сети, чтобы, допустим, фильтровать шифровальщиков до проникновения в корпоративную сеть, а также минимизировать возможные последствия в том случае, когда какая-то из угроз сможет проникнуть внутрь сети и будет активирована на конечных устройствах.

Принимая превентивные меры для защиты сети по различным направлениям есть возможность обеспечить эффективную борьбу с шифровальщиками и другими современными угрозами. Наиболее

успешным способом борьбы с заражением является строгий запрет на большинство действий, который совершает обычный пользователь за рабочим компьютером. Однако это приведет к сильным ограничениям в возможностях выполнения рабочих действий сотрудниками, поэтому не представляется возможным.

В силу того, что большинство угроз проникает из сети Интернет, то реализация определенных мер безопасности позволит фильтровать успешные угрозы и усложнить связь шифровальщиков со внешними серверами управления. В качестве примера можно рассмотреть решение Panda GateDefender. Данное решение позволяет перехватывать угрозы на периметре сети, а также минимизировать их активность, блокируя каналы, используемые злоумышленниками для управления вредоносными процессами и распространение инфекций.

## **HOW PREDICTIVE INTELLIGENCE HELPS TO PROTECT COMPANIES**

***Maltseva E.S., Koval M.A., Konyaeva O.S.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

More and more often there are fundamentally new networks threats. The common principles of the anti-virus device become less effective. However, to protect large corporate networks, you can use EDR (Endpoint Detection and Response)-technologies. Example, Panda GateDefender, it allows to intercept threats on the perimeter of the networks.

## **РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ МЕЖСЕТЕВОГО ЭКРАНА**

*Алюшин А.В., Бельская Н.М.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

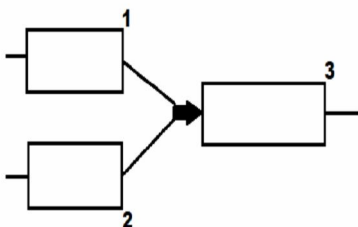
Наиболее распространенным средством защиты сети и серверных ресурсов от неавторизованного доступа и вредоносных атак являются межсетевые экраны, представляющие собой программные или аппаратно-программные средства контроля сетевого трафика на основе механизма фильтрации пакетов в соответствии с заданными правилами. Необходимо отметить наличие дополнительных средств защиты в современных межсетевых экранах, устанавливаемых на границе нескольких автоматизированных систем, тем самым расширяется функционал межсетевых экранов [1].

Межсетевой экран использует один или более наборов «правил» для проверки сетевых пакетов при их входе или выходе через сетевое соединение, он или позволяет прохождение трафика или блокирует его. Правила меж сетевого экрана могут проверять одну или более характеристик пакетов, включая, но, не ограничиваясь типом протокола, адресом хоста источника или назначения и портом источника или назначения.

Производительность межсетевое го экрана зависит от типа обрабатываемого трафика. Для разработки модели процесса обслуживания трафика в межсетевом экране планируется провести анализ характеристик в виде системы массового обслуживания с заявками разных типов.

Основной целью создания компьютерной модели межсетевое го экрана является сравнение рабочих характеристик реального МЭ и созданной с помощью имитационного моделирования модели в среде GPSSWorld. Планируется представить модель в виде

сети массового обслуживания с ожиданием, отказами дисциплиной обслуживания FIFO. Планируется представить модели в следующем виде.



Входящие пакеты попадают в буферы 1 и 2, которые представлены в виде двух очередей. После копирования пакетов в кольцо быстрого доступа к памяти и передачи в оперативно запоминающее устройство, пакеты с очередей 1 и 2 соединяются в одну очередь 3, в которой и ждут обработки процессором. С помощью данной модели планируется провести расчеты основных характеристик МЭ и сделать выводы о его работе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ботвинко А.Ю., Самуйлов К.Е.* Математическая модель работы межсетевое экрана для мультимедийного трафика // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Т. 9. – № 12. – С. 56-60.

## DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL OF THE FIREWALL

*Alyushin A.V., Belskaya N.M.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

The most common means of protecting information from various threats are firewalls. The firewall uses one or more sets of «rules» to check network packets that are entering or exiting through a network connection, or it allows the traffic or blocks it.

To develop a process model of service traffic the firewall will analyze the characteristics of a Queuing system with applications of different types. The main purpose of creating a computer model of the firewall is to compare the performance of the real me, and created using the simulation model in the environment of GPSS World.



## **ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ SIEM СИСТЕМЫ OSSIM**

*Задорина Д.А., Лемжин М.И.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время государственные организации нередко сталкиваются с различными угрозами информационной безопасности, такими как атаки типа «отказ в обслуживании» (внутренние и внешние), попытки взлома паролей, аккаунтов пользователей, перехват трафика. Как правило администраторы безопасности устанавливают и настраивают в каждой узловой точке (сервере) систему контроля атак и блокировки вектора угрозы. Однако, поскольку данные системы располагаются локально и не сведены в единую систему мониторинга снижается эффективность оповещения администратора об угрозах и, как следствие, общий уровень информационной безопасности служб университета.

Для решения проблемы существует целый класс систем для контроля и управления событиями безопасности – SIEM (Security information and event management) системы. К основным функциям SIEM систем можно отнести сбор информации с узловых точек, поиск корреляции между событиями и выявление инцидентов информационной безопасности.

Достоинством SIEM систем является возможность агрегации событий безопасности распределенной инфраструктуры в общей базе данных что позволяет в дальнейшем производить обнаружение вторжений, некорректного использования приложений, сокращение числа событий и потоков, наблюдаемых администраторами безопасности, выполнение объединенного поиска в больших распределенных средах.

В 2017 году в ПГУТИ было произведено тестовое развертывание SIEM системы OSSIM от компании AlienVault: произведено распространение агентов системы на ключевые точки (сервера) ИТ ин-

фраструктуры университета (контроллеры домена, почтовые сервера, прокси-сервера и т.д.), настроен перехват и анализ магистрального сетевого трафика, произведен анализ серверов на известные уязвимости.

По итогам работы системы в течении трех месяцев было выявлено и устранено несколько десятков инцидентов, связанных с ИБ: попытки подбора паролей пользователей, ошибки в алгоритме работы авторизации одной из ИС университета, несанкционированное проникновение вредоносной программы-трояна на один из серверов университета, попытки добычи криптовалюты сотрудниками и т.д. Считаем, что в комплексе данную информацию получить иным способом практически невозможно. Таким образом, внедрение SIEM системы в ИТ инфраструктуру организации, на наш взгляд, является одним из самых эффективных способов обнаружения несанкционированных вторжений, уязвимостей и потенциальных угроз в организации.

## **PRACTICE OF SIEM OSSIM SYSTEM APPLICATION**

***Zadorina D.A., Lemzhin M.I.***

*(Povolzhsky state university of telecommunication  
and informatics)*

This presentation describes the practice of using the SIEM system in the Povolzhsky state university of telecommunication and informatics. The advantages of using such systems in a heterogeneous IT infrastructure are shown. An exemplary list of vulnerabilities and information attacks discovered at the university is given.

## ТАРГЕТИРОВАННЫЕ АТАКИ НА МАССОВЫЕ СЕРВИСЫ ИНТЕРНЕТ

*Безукладников И.И., Миронова А.А.*

*(Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет)*

Сервисы Интернет – это сервисы, предоставляемые в сети Интернет пользователям, программам, системам, уровням, функциональным блокам. В сети Интернет сервисы предоставляют сетевые службы.

Строгой классификации сервисы Интернет не имеют, так как каждый сервис является уникальным и решает свои определенные задачи, однако одновременно с этим, они являются неотделимыми от остальных сервисов, поэтому они могут быть объединены в группы по некоторым общим свойствам, характеризующим их работу, например: прямого обращения, интерактивные, отложенного чтения, социальные. Данные группы объединяют сервисы Интернет по большому числу признаков, свойств.

В настоящее время сервисы Интернет начинают приобретать массовый характер. Примерами таковых могут служить сервисы хранения данных; передачи сообщений и блоков данных; электронная и голосовая почта; сервисы организации и управления диалогом партнеров; сервисы предоставления соединений; видеосервисы и др.

В свою очередь массовость сервисов накладывает на них ряд проблем, в основном эти проблемы связаны с затрудненной обработкой данных. Ниже приведены некоторые из них.

1. Проблема больших данных (Big data).
2. Невозможность проверить консистентность версии ПО, то есть согласованность версии, ее целостность, а также внутреннюю непротиворечивость.
3. Контролируемость обновлений.
4. Проблема наличия вредоносного кода.

5. Проблема серых данных (информация, которая может находиться среди основной и нести в себе смысл только для определенной группы пользователей).

6. Проблема размножения данных, например, регистрация множества аккаунтов одним пользователем сервиса.

7. Проблема целостности данных.

8. Проблема распределенной информации.

Перечисленные выше особенности массовых сервисов Интернет наносят отпечаток на обеспечение их информационной безопасности. Так статистика инцидентов показывает, что в последнее время происходит увеличение роли целевых (таргетированных) атак осуществленных на массовые сервисы Интернет.

Целевые (таргетированные) атаки отличаются рядом свойств, которые доказывают, что оснащение информационной системы типовыми средствами защиты информации, такими как межсетевые экраны и антивирусные средства, которые позволяют парировать лишь традиционные атаки, в данном случае является недостаточным. К таким свойствам относятся:

1) увеличение уровня квалификации потенциальных злоумышленников;

2) детальное изучение злоумышленниками инфраструктуры атакуемого объекта и индивидуальный подход к каждой конкретной атаке;

3) поиск злоумышленниками новых уязвимостей (уязвимости «нулевого дня») и использование их для подготовки специфических вредоносных кодов и методов атакующих воздействий;

4) использование нетрадиционных инструментов, таких как «скрытые каналы», ПЭМИН, backdoor и др. [1].

В докладе более подробно рассматриваются: классификация массовых сервисов сети Интернет; проблемы обеспечения информационной безопасности подобных сервисов, а также типовые виды таргетированных атак характерных для данных систем. Кроме того, в докладе представлены методы противодействия целевым атакам связанные с легальным использованием «скрытых» каналов передачи данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безукладников И.И., Миронова А.А., Южаков А.А. Таргетированные атаки в промышленных информационно-управляющих системах // Вестник ПГТУ. №2(34), 2017 г. – Йошкар-Ола, 2017. – С. 54-66.
2. Таргетированные или целевые атаки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: АРТ или таргетированные атаки [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:АРТ\\_-\\_Таргетированные\\_или\\_целевые\\_атаки](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:АРТ_-_Таргетированные_или_целевые_атаки) – (Дата обращения 15.09.2017).

## TARGETED ATTACKS FOR INTERNET MASS SERVICES

*Bezukladnikov I.I., Mironova A.A.*

*(Perm national research polytechnic university)*

The report discusses Internet services; their classification; the problems of such services associated with their mass distribution; as well as the methods and features of targeted attacks characteristic of these systems. In addition, the report presents methods for countering targeted attacks associated with the use of «hidden» data transmission channels.

## **МУЛЬТИУРОВНЕВЫЕ СКРЫТЫЕ КАНАЛЫ И СКРЫТЫЕ СЕТИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

*Безукладников И.И., Кон Е.Л., Южаков А.А.*

*(Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет)*

Одной из наиболее актуальных угроз безопасности в современных инфокоммуникационных системах является класс методов несанкционированного доступа, позволяющих передавать информацию в обход действующих механизмов защиты. Общей их особенностью является передача скрытой информации при помощи манипуляций с определенными параметрами информационного потока, либо данными, при условии соблюдения действующей в системе политики информационной безопасности и других контролируемых параметров. Такие методы несанкционированной передачи информации (НСПИ) получили название «скрытых каналов».

В настоящее время существует значительное число работ, сформировавших определенный подход к данной проблематике. Отличительными особенностями такого «традиционного подхода», являются:

1. Анализ возможности существования скрытых каналов, определение их характеристик и опасности производится в идеальных условиях, без преднамеренного или случайного зашумления скрытого канала.

2. Скрытый канал рассматривается исключительно как канал общения двух информационных субъектов. Проблема общего использования ресурсов скрытого канала несколькими участниками обмена не рассматривается.

В ходе проведенных авторами настоящего доклада исследований была обнаружена принципиальная возможность существования скрытых каналов, связывающих несколько участников, а также обладающий возможностями по коррекции передаваемой ин-

формации, маршрутизации трафика и иными особенностями, характерными для открытых сетей связи.

Дальнейший анализ привел к появлению альтернативного подхода к рассмотрению скрытых каналов, являющегося расширением предложенного авторами в ранних работах общего метода анализа и противодействия скрытым каналам. Его основой является концепция так называемой «скрытой наложенной сети», существующей параллельно с открытой сетью, и использующей для своего функционирования различные ее недоиспользованные ресурсы.

В докладе представлены основные элементы предлагаемого подхода, предложены ранее не упоминаемые в литературе «сетевые» варианты реализации скрытых каналов, в том числе одновременно функционирующие на нескольких уровнях модели взаимодействия. Выделены наиболее значимые преимущества сетевого подхода к скрытым каналам, такие как отсутствие ограничений на размещение узлов скрытой сети лишь в конечных узлах сети легальной, отсутствие ограничений на уровень модели взаимодействия в легальной сети, на котором возможна реализация скрытого канала, возможность скрытой передачи информации в отсутствии сквозного канала «end-to-end» между соответствующими узлами легальной сети, возможность адресной доставки скрытой информации даже в случае использования в легальной сети доставки типа multicast или broadcast, и др. Отмечена значительная опасность существования скрытых каналов в системах с ограниченными ресурсами, в том числе на нижних уровнях сетевого взаимодействия. Приводятся примеры, иллюстрирующие возможность существования подобных скрытых сетей в популярных сетевых технологиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. An Insight to Covert Channels, Salvan N. et al. [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1306/1306.2252.pdf> – (Дата обращения 21.09.2017)
2. Тимонина Е.Е. Скрытые каналы передачи информации [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sr/2003/01/30111.html> – (Дата обращения 21.09.2017)

3. *Baptiste Pretre*. Attacks on Peer-to-Peer Networks. Semester thesis, 2005. [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://disco.ethz.ch/theses/ss05/freenet.pdf> – (Дата обращения 15.12.2016)

4. *Igor I. Bezukladnikov, Efim L. Kon*. Method to Counter the threat of Covert Channels in LONWorks-based Industrial Control Systems // Application of Information and Communication Technologies – AICT2015, 2015. pp. 173-178

## **MULTI-LEVEL COVERT CHANNELS AND COVERT NETWORKS IN INFOCOMMUNICATION SYSTEMS**

***Bezukladnikov I.I., Kon E.L., Yuzhakov A.A.***

*(Perm National Research Polytechnic University)*

The report presents the main elements of the proposed approach, suggested previously not mentioned in the literature «network» versions of the implementation of covert channels, including simultaneously functioning at several levels of the interaction model. The most significant advantages of a network approach to covert channels are identified, such as the absence of restrictions on the location of covert network nodes only in the final nodes of the legal network, the absence of restrictions on the level of the interaction model in the legal network, where a covert channel can be implemented, channel «end-to-end» between the corresponding nodes of the legal network, the ability to address the delivery of covert information, even if used in a legal delivery network type multicast or broadcast, etc. There is a significant danger of the existence of covert channels in systems with limited resources, including at lower levels of network interaction. Examples are given to illustrate the possibility of such covert networks in popular network technologies.



С Е К Ц И Я 10

**ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ**

УДК 681.3.06

## **ОБУЧАЮЩИЕ СРЕДЫ ДЛЯ ВЕБ-ДИЗАЙНЕРОВ**

*Галеев И.Х.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Развитие информационного общества и цифровой экономики сопровождается активным ростом числа веб-ресурсов различного назначения. Для разработки веб-ресурсов широко используются различные языки разметки.

HTML (Hyper Text Markup Language) – язык разметки гипертекстовых документов, который позволяет определить, какие элементы и каким образом должны располагаться на веб-странице. Документ, написанный на языке HTML, представляет собой текст, в который вписаны теги разметки. Теги помогают программе просмотра разобраться, как должен быть расположен текст на экране, в каком месте будут находиться рисунки, хранящиеся в совсем других файлах, и т.д. С помощью тегов можно задавать заголовки документа, изменять цвет, размер шрифта, вставлять графические изображения, таблицы и модифицировать их, формировать связи с другими веб-документами и ресурсами Интернета. HTML – это один из основных и наиболее старых языков разметки. HTML – это основа, которую необходимо знать всем начинающим веб-программистам, так как даже самые сложные сайты пишутся на языках программирования, которые являются производными от языка HTML. В связи с этим изучение и освоение языка разметки HTML является актуальным в настоящее время.

XAML (Extensible Application Markup Language) – расширяемый язык разметки для приложений, – основанный на XML язык разметки для декларативного программирования приложений, разработанный Microsoft и ориентированный на применение в ОС Windows. XAML широко используется в .NET Framework 3.0, в особенности в Windows Presentation Foundation (WPF), Windows Workflow Foundation (WWF) и Silverlight. В WPF XAML используется как язык разметки пользовательского интерфейса, для определения элементов пользовательского интерфейса, привязки данных, поддержки событий и других свойств. В WWF, при помощи XAML можно определять последовательности выполняемых действий (workflows). Язык XAML обеспечивает разделение процесса дизайна приложения (графической части) и разработки бизнес-логики (программного кода) между дизайнерами и разработчиками.

Необходимо подчеркнуть, что сеть Интернет содержит в свободном доступе много информационно-справочных ресурсов, содержащих значительные объемы актуальной информации по языкам разметки. Следовательно, получение релевантных знаний начинающими веб-программистами можно считать во многом решенной задачей. Общеизвестно, что знания являются лишь основой для формирования навыков/умений, то есть использование только информационно-справочных ресурсов сети Интернет не обеспечивает эффективного формирования требуемых компетенций по веб-дизайну. Использование традиционных систем дистанционного обучения (СДО), таких как Moodle, BlackBoard, для формирования требуемых компетенций, тоже не достаточно эффективно, так как СДО, как правило, не поддерживают сервисов адаптивной поддержки процесса решения учебных задач обучаемым, а именно решение учебных задач направлено на формирование навыков/умений.

В [1] кратко описаны инфокоммуникационные технологии в обучении, используемые на кафедре АСОИУ КНИТУ-КАИ для подготовки ИТ-специалистов. Ядром этих технологий является проектирование интеллектуальных обучающих систем (ИОС). Применение ИОС в учебном процессе призвано решить проблему адаптивно-

го управления обучением [2]. Проектирование ИОС осуществляется студентами на лабораторных работах по интеллектуальным системам и технологиям с помощью инструментальных средств серии МОНАП в выбранных предметных областях обучения [1,3-5]. Предложенная организация учебного процесса сопровождается большим объемом научно-исследовательской работы студентов (НИРС). Результаты НИРС публикуются в виде докладов на научных конференциях и виде журнальных статей. Часть успешных студенческих работ опубликована в Международном электронном журнале «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)». Основная тематика журнала – информатизация образования [6]. По рейтингу Science Index, формируемому Научной Электронной Библиотекой (НЭБ) [https://elibrary.ru/title\\_profile.asp?id=6163](https://elibrary.ru/title_profile.asp?id=6163), журнал находится на 17 месте из 994 журналов, размещенных на платформе НЭБ по тематике «Народное образование. Педагогика». Это свидетельствует о достойном качестве студенческих работ, опубликованных в журнале.

Таким образом, на кафедре АСОИУ достигается синергетический эффект при подготовке ИТ-специалистов, обусловленный тем, что изучая проблематику искусственного интеллекта студенты дополнительно приобретают компетенции в области инфокоммуникационных технологий обучения и в рассматриваемом случае – веб-дизайна. Студенческие статьи, описывающие процесс проектирования ИОС языкам разметки HTML и XAML опубликованы в третьем номере журнала «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)» за 2017 год <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=6163>.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галеев И.Х.* Проектирование интеллектуальных сред обучения / Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТ-2014: Материалы XV Международной научно-технической конференции. Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014: Материалы XII Международной научно-технической конференции, – Т. 2. Казань,

18 – 21 ноября 2014 года. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – С. 392-394. ISBN 9785-7579-2007-8, ISBN 9785-7579-2005-4

2. *Галеев И.Х.* Модели и методы построения автоматизированных обучающих систем (обзор) // Информатика. Научно-технический сборник. Серия Кадровое обеспечение. – Вып. 1. – М.: ВМНУЦ ВТИ, 1990. – С. 64-72.

3. *Галеев И.Х.* Модель обучения в МОНАП-ПЛЮС // Искусственный интеллект – 96. КИИ-96. Сборник научных трудов пятой национальной конференции с международным участием. – Т. I. – Казань, 1996. – С. 17-25.

4. *Galeev I, Sosnovsky S. and Chepegin V.* MONAP-II: the analysis of quality of the learning process model // in Valery Petrushin, Piet Kommers, Kinshuk and Ildar Galeev (ed): Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2002), Kazan, Tatarstan, Russia, September 9-12, 2002. – Pp. 116-120.

5. *Галеев И.Х.* Развитие адаптивных технологий обучения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: проблемы высшего образования. – ВГУ, № 2 Июль-Декабрь, 2004. – С. 76-83.

6. *Галеев И.Х.* Динамика развития международного электронного журнала «Образовательные технологии и общество» // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)» – 2007. – V. 10. – № 1. – С. 315-328. – ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>

## **LEARNING ENVIRONMENTS FOR WEB DESIGNERS**

***Galeev I.***

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Study environments for web designers are considered. An adaptive learning environment is proposed. The core of this environment is an intelligent tutoring system.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ИТ-ПРОЕКТОВ В ГИБКИХ МЕТОДОЛОГИЯХ**

*Хаджиева С.В.*

*(ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В качестве метода обучения для исследования функционирования и динамики сложных социально-экономических систем разрабатываются имитационные игры. Познавательный эффект имитационных игр обусловлен возможностью комбинировать различные сочетания параметров для выбора наилучшей стратегии [1, 2].

Исследование направлено на разработку имитационной игры, позволяющей пользователям комбинировать различные оценки трудоёмкости ИТ-проектов в зависимости от объёмов работы, имеющихся ресурсов и рисков, с возможностью прогнозирования производительности команды в рамках деятельности ИТ-компаний, ведущих разработку на основе гибких методологий.

Гибкие методологии к управлению проектами, ориентированы на динамическое формирование требований и обеспечение их реализации в результате постоянного взаимодействия самоорганизующихся небольших команд. Команда должна состоять из  $7 \pm 2$  человека, включающих специалистов различного профиля. Лишь при таком числе людей возможно гибкое взаимодействие [3].

При внедрении в ИТ-компаниях гибких методологий недооценивается роль планирования и оценки трудоёмкости проектов. Для решения данной проблемы команды обучаются планированию и оценке проектов на примере простой, но эффективной игры, которая даёт возможность управлять ожиданиями заказчиков в процессе разработки продукта. Принципы данной игры являются основой разрабатываемой модели. Цель моделирования показать, как использование гибких подходов в совокупности с относительной оценкой даёт больше прозрачности в прогнозировании сроков выполнения проекта.

По результатам игры участники получают опыт взаимодействия в команде в условиях, максимально приближенных к реальным, а также могут сформировать системное видение планирования, распределения ресурсов и оценки трудоёмкости работ в IT-проектах

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Димов Э.М., Сухова С.В. Разработка имитационной модели оценки IT-проектов на основе agile подхода // Вестник Политеха. № 1, 2017. – С. 116-121.

2. Димов Э.М., Сухова С.В. Имитационное моделирование производительности команды исполнителей IT-проектов // Материалы XIV Международной научно-практической конференции Татищевские чтения. Т. 1. Актуальные проблемы информатизации науки и производства, 2017. – С. 94-98.

3. Вольфсон Б. Гибкие методологии разработки / [Электронный ресурс] Б. Вольфсон. – Режим доступа <http://adm-lib.ru/books/10/Gibkie-metodologii.pdf> / – Загл. с экрана. Режим доступа свободный. – Дата обращения: 10.09.2017.

## **SIMULATION MODELING OF EVALUATION OF IT-PROJECT IN AGILE SOFTWARE DEVELOPMENT**

*Khajieva S.V.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

This article is devoted to the development of a simulation model, which allows users to combine various estimates of the laboriousness of IT projects depending on the amount of work, available resources and risks, with the ability to predict the performance of the team within the activities of IT companies that are developing on the basis of flexible methodologies.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОТРАСЛИ ИТ И СВЯЗИ

*Докучаев В.А.<sup>1</sup>, Мытенков С.С.<sup>2</sup>, Шевелёв С.В.<sup>3</sup>*

*(<sup>1</sup>Московский технический университет связи  
и информатики, <sup>2</sup>НИУ «Высшая школа экономики»,  
<sup>3</sup>Московский технический университет связи и информатики)*

Нехватка высококвалифицированных кадров остаётся одним из самых серьёзных ограничений для развития отрасли Информационных Технологий и Связи (далее – отрасль ИТ и Связи) в России, которая в последние годы стала драйвером роста экономики и остаётся одной из самых эффективных. Оговоримся, что в настоящее время существует определённая терминологическая путаница, и для простоты изложения мы будем пользоваться сокращением «ИТ» (от Information Technologies).

Для увеличения объёмов производства ИТ-продуктов, востребованных на глобальном рынке, и увеличения доли высокотехнологичного экспорта, необходимо активно развивать человеческий капитал в отрасли. Проблема дефицита профессиональных кадров обусловлена, как сформировавшейся в стране спецификой системы подготовки ИТ-специалистов, так и последствиями накопленной «демографической ямы». При этом именно отрасль ИТ и Связи остается одной из самых успешных в экономике России. Один сотрудник отрасли создает продукцию и услуги на сумму в среднем более 2 млн. руб. в год [1].

В утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [2], одним из показателей является количество выпускников системы высшего профессионального образования по ИТ-специальностям, которое к 2020 году должно составить 80 тыс. человек, а к 2024 году – 120 тыс. человек. При этом необходимо учитывать, что те, кто поступает сегодня в вузы, попадут на рынок труда не раньше,



чем через 4 года. Кроме того, сохраняется значительная инертность большинства вузовских программ, в том числе и в сфере информационных технологий, темпы развития которых не соответствуют высокой динамике рынка. В то же время за последние годы обозначились несколько новых глобальных направлений, по которым отмечается как высокий потенциал спроса на специалистов, так и практически отсутствие соответствующих программ подготовки в вузах. В программе Цифровой экономики РФ указанные направления получили название «сквозных цифровых технологий», к которым относятся: большие данные; нейротехнологии и искусственный интеллект; системы распределенного реестра; квантовые технологии; новые производственные технологии; промышленный интернет; компоненты робототехники и сенсорики; технологии беспроводной связи; технологии виртуальной и дополненной реальностей [2].

Учитывая специфику развития отрасли ИТ и Связи, указанный перечень может быть дополнен такими частными направлениями, как Интернет вещей, облачные технологии, программно-конфигурируемые сети (SDN), виртуализация сетевых функций (NFV), моделирование технологий ЦОД, аналитика больших данных (Big Data) и т.п. Особенно здесь следует отметить ставшую особенно популярной в последнее время технологию блокчейн. Её развитие носит буквально взрывной характер. Аналитики отмечают, что «по данным сервисов по поиску работы, за последние полгода в России резко вырос спрос на специалистов в области блокчейна, майнинга и криптовалют. Согласно информации компании Head Hunter, с 1 января по 31 июля 2017 года работодатели разместили 201 вакансию для специалистов по блокчейну – это более чем в десять раз больше, чем за аналогичный период годом ранее. В 18 раз выросло количество вакансий для соискателей, которые специализируются на криптовалюте, почти в шесть раз – на майнинге» [3]. Во всех развитых странах непрерывно растет спрос на специалистов по Data Science. Согласно рейтингу Glassdoor, в 2016 году Data Scientist – лучшая работа в США, оценка при этом проводилась по трем ключевым факторам: количество вакансий, заработная плата и рейтинг карьерных возможностей. Также в топ-10 лучших вакансий крупнейшего ИТ-рынка в мире вош-

ли разработчик мобильных приложений, архитектор, инженер-программист [1]. Можно уверенно утверждать, что перечисленные выше направления будут определяющими драйверами развития не только отрасли ИТ и Связи, но и экономики в целом, как во всём мире, так и в России. Для успешного развития цифровой экономики система образования должна обеспечивать экономику специалистами, соответствующими требованиям цифровой эпохи.

В последние годы многие телекоммуникационные и ИТ-компании активно сотрудничают с вузами, ведущими подготовку студентов по актуальным отраслевым специальностям. Причём вузы заинтересованы в сотрудничестве не меньше, а то и больше самих компаний: показатель успешности трудоустройства студентов используется в расчётах при проведении ежегодного мониторинга эффективности вузов.

По результатам исследования, в котором приняли участие преимущественно вузы федерального значения, осуществляющие подготовку по ИТ-специальностям, доминирующим форматом взаимодействия вузов с компаниями является образовательный курс/программа в рамках бакалавриата или магистратуры (53 %), порядка 33 % предлагают дополнительные курсы, менее чем у 20 % имеются базовые кафедры (и у примерно такого же количества – лаборатории) [1].

При формировании образовательных программ должен использоваться компетентностный подход, с интеграцией в национальную систему квалификаций, и взаимосвязанный с профессиональными и образовательными стандартами [4].

Важное значение также приобретает не только содержание образовательных программ, но и их формат [5]: они должны строиться по модульному принципу, обеспечивая возможность формирования персональных образовательных траекторий, и максимально использовать возможности дистанционного онлайн образования. При этом именно благодаря on-line курсам возможно достаточно быстро увеличить количество модулей/дисциплин, осваиваемых по выбору обучающегося.

Приведём несколько преимуществ on-line курсов, делающих их незаменимым инструментом развития кадрового потенциала цифровой экономики: повышение качества обучения за счёт ис-

пользования курсов признанных лидеров мнений – ведущих преподавателей и экспертов в конкретной предметной области; повышение объективности оценки итоговых знаний и промежуточного контроля, в том числе за счёт применения технологий машинного обучения для автоматизированного оценивания сформированных ключевых компетенций; повышение степени вовлечённости обучающихся в процесс обучения за счёт регулярного контроля знаний в течение всего периода прохождения курсов; повышение степени мотивации обучающихся к самообучению; оптимизация нагрузки востребованных кадровых ресурсов образовательной организации либо восполнение нехватки соответствующего преподавательского состава; оптимизация затрат на реализацию образовательных программ и повышение их эффективности в части замены традиционных, но малоэффективных форматов взаимодействия с обучающимся; увеличение гибкости планирования учебного процесса за счёт сокращения аудиторной нагрузки; возможность прохождения курсов по сути неограниченного количества обучающихся одновременно, позволяя называть такие курсы «массовыми» и «открытыми»; экономия материально-технических ресурсов за счёт высвобождения аудиторного фонда, возможности замены части преподавательского состава тьюторами.

За последние 5 лет онлайн курсы, подготовленные, например, в части реализации проекта создания «Национальной платформы открытого образования в Российской Федерации», показали свою эффективность и наличие потенциала новых технологий онлайн-обучения в решении задачи обеспечения доступности образования для всех категорий граждан, создания условий для непрерывного образования и повышения его качества. Так, в настоящее время в рамках «Национальной платформы открытого образования в Российской Федерации» доступно 216 курсов по различным направлениям подготовки, на платформе зарегистрировано более 348 тысяч слушателей [6].

Отдельные модули образовательной программы, сформированной по модульному принципу, будут предполагать соответственно

различный уровень «погружения» в изучаемую дисциплину, определяя, по сути, уровень сложности. Тем самым позволяя учащемуся формировать персональные образовательные траектории. Таким образом студент получит возможность двигаться в том направлении, которое ему будет ближе и интереснее. Целевой установкой тут можно считать возможность самостоятельной организации студентом своего учебного процесса (когда он сам решает, когда и что ему удобно учить/сдавать), а также возможность в любой момент изменить траекторию обучения. Широкое использование систем онлайн-образования даст возможность студентам развивать также дополнительные компетенции, необходимые для формирования карьерного пути в цифровую эпоху.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Институт Развития Интернета. Интернет Образование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn-80aabfqjj3bddd.xn-11aax.xn-p1ai/analysis> (дата обращения 31.08.2017).

2. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017г. №1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

3. О май майнинг: кто заразил Россию и Путина блокчейном. Сайт РБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/10/08/2017/5989a5ec9a79474d57d0d897?from=center\\_13](http://www.rbc.ru/technology_and_media/10/08/2017/5989a5ec9a79474d57d0d897?from=center_13) (дата обращения 31.08.2017). Зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 09.12.2015 за номером ИА№ФС77-63848.

4. *Докучаев В.А., Мытенков С.С.* Нормативно-правовое регулирование разработки и утверждения проектов профессиональных стандартов в области инфокоммуникационных технологий / Тезисы докладов XV Международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций», секция «Инфокоммуникационные технологии в обучении», г. Казань, 18-21 ноября 2014 года.

5. Шевелев С.В., Милицин Ю.А. Создание информационно-коммуникационной среды для подготовки высококвалифицированных специалистов отрасли телекоммуникаций. – Век качества, № 1, 2013.

6. Ассоциация «Национальная платформа открытого образования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openedu.ru/course/> (дата обращения 31.08.2017).

## **PERFECTION OF APPROACHES TO TRAINING SPECIALISTS FOR ICT/TELECOMMUNICATIONS**

*Dokuchaev V.A.<sup>1</sup>, Mitenkov S.S.<sup>2</sup>, Shevelev S.V.<sup>3</sup>*

*(<sup>1</sup>Moscow technical university of communications and informatics, <sup>2</sup>National Research University «Higher School of Economics», <sup>3</sup>Moscow technical university of communications and informatics)*

The shortage of highly qualified personnel remains one of the most serious constraints for the development of the Information Technology and Communication industry (hereinafter referred to as the IT and Communications industry) in Russia, which in recent years has become the driver of economic growth and remains one of the most effective. To increase the volume of production of ICT/ Telecommunications products in demand on the global market and increase the share of high-tech exports, it is necessary to actively develop human capital in the industry. The problem of the shortage of professional staff is conditioned by the specific nature of the IT training system in the country, as well as the consequences of the accumulated «demographic hole».

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА СТУДЕНТА И АНАЛИЗ ПУТЕЙ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ**

*Савинов Г.А., Ахметшина Э.Г.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время преподаватели ВУЗов всё чаще сталкиваются с большим нежеланием в изучении преподаваемого предмета студентами. Отчасти, это связано с тем, что современный человек получает информацию в избыточном количестве. Нас окружает огромное интернет-пространство и студенту сложно определиться с тем, к чему он действительно предрасположен из-за обилия возможностей.

Современный студент пытается охватить все возможные сферы деятельности для поиска того, чем ему действительно будет интересно заниматься. Это занимает большую долю времени в процессе всего обучения. Разработанная система определения потенциала студента позволит выявить сильные стороны и интересующие студента дисциплины, а также оценить все возможные пути его дальнейшего развития. Для определения потенциала студента предлагается выделить ряд тестов, содержащих базовые, близкие к тематике предмета вопросы. Это позволит выбрать ту тематику, которая будет интересна студенту. Далее предлагается на выбор несколько текстов, содержащих небольшую часть более углубленной информации по выбранной тематике на изучение. Впоследствии изученный материал проверяется на степень освоенности посредством использования тестов. Результаты позволят понять и оценить скорость и степень освоения материала, по которой впоследствии можно узнать насколько студенту интересен и лёгок в освоении предмет.

Чем выше степень освоения материала, тем более сложный материал будет предоставлен студенту на изучение. Важный момент состоит в определении объёма предоставляемого материала, чем мень-

ше текста предоставляется студенту, тем легче ему будет его запомнить и изучить, также применима технология использования аналогий в тексте, к примеру студенту представляется ряд аналогий, для лучшего освоения. В случае медленного изучения, или слабой степени освоения студенту будет предложено сменить тематику.

В дополнение к основному приложению, предлагается выпустить мобильную версию, для возможности изучения материала вне учебного класса, находясь на улице или в общественном транспорте. При успешном завершении курса по определённому предмету, на выбор студенту будут предложены предметы со схожей тематикой, что позволит не останавливаться в изучении комплекса дисциплин и приобретения навыков, необходимых в дальнейшем.

Таким образом, разработанная система позволит студентам определить комплекс дисциплин, интересных для изучения, а также постепенно развиваться, осваивая небольшие объёмы раз за разом, развиваясь в предмете, к которому есть предрасположенность, увеличивая свою ценность, как профессионала на рынке труда и в научной стороне изучаемого предмета.

## **СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ЛЕКЦИИ-ПРЕЗЕНТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ WOLFRAM MATHEMATICA**

*Петрова О.А.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В современных образовательных стандартах количество часов, отведенных на лекционные занятия по физике, заметно уменьшилось. За одну лекцию поэтому приходится излагать достаточно большой объем материала. Демонстрация реальных физических экспериментов на лекции, к сожалению, теперь практически невозможна из-за дефицита времени. В связи с этим становится необходимостью создание лекций – презентаций, в которых можно использовать интерактивные демонстрации физических явлений, опытов, а необходимые графики сделать также интерактивными.

Данная работа посвящена использованию материалов сайта компании Wolfram Research для создания интерактивных лекций – презентаций.

Система Wolfram Mathematica – программный продукт компании Wolfram Research. Wolfram Mathematica – это современный программный продукт высокого уровня. С ее помощью можно решать огромный класс задач – от численного решения сложных интегральных уравнений до создания электронных учебников. Во всем мире эта система широко используется и в преподавании. Используя систему Wolfram Mathematica, можно подготовить высококачественные презентации, содержащие обычные текстовые файлы, интерактивные графики, вычисления и анимированные модели физических явлений.

Сайт компании Wolfram Research компании имеет раздел «Wolfram Demonstration project», который содержит огромное количество примеров решения задач из различных областей науки сред-



ствами Wolfram Mathematica. Необходимо отметить, что этот раздел находится в свободном доступе, его интерактивные модели созданы высококлассными специалистами, кроме того, они проверены экспертами компании и поэтому их достоверности можно не сомневаться. Все демонстрации сопровождается пояснительным текстом и необходимыми формулами. В разделе «Физика» имеется множество интерактивных компьютерных моделей из различных областей физики. Для использования этих моделей даже не нужен сам программный продукт Mathematica, достаточно установить бесплатный плеер с сайта. Материалы удобно систематизированы по основным разделам физики.

Для создания лекции-презентации можно использовать стандартное средство MS Power Point. Можно создать презентацию и с помощью системы WolframMathematica. С помощью этого программного средства гораздо легче использовать компьютерные анимации из раздела «Wolfram Demonstration project». Система Wolfram Mathematica позволяет превратить весь материал, подготовленный для лекции: уравнения, примеры, иллюстрации, графики и демонстрации, в динамическую презентацию, которую можно оперативно изменять. Для демонстрации механизма физического явления очень удобно вставлять в презентацию анимационные модели в сочетании с интерактивными графиками. Например, для объяснения явления электромагнитной индукции очень удобно использовать интерактивную модель, демонстрирующую вращение рамки в магнитном поле, которая сопровождается графиком зависимости силы тока от угла поворота рамки. Компьютерная модель механизма намагничивания ферромагнетика в сочетании с кривой гистерезиса наглядно демонстрирует влияние остаточной индукции и коэрцитивной силы на вид кривой. Легко видеть, при каких условиях ферромагнетик намагничивается до насыщения и как его полностью размагнитить. Явление дифракции хорошо помогает понять интерактивная модель дифракции на щели, которая позволяет увидеть влияние ширины щели на дифракционную картину и изучить влияние на нее количества щелей. Интерактивные графики наглядно показывают влияние различных параметров на вид кривой.

Интерактивная лекция – презентация использовались при чтении лекций по физике в Альметьевском филиале КНИТУ-КАИ. Использование в презентации интерактивных компьютерных демонстраций из «Wolfram Demonstration project» сократило время изложения материала лекции и улучшило понимание лекционного материала и, таким образом, повысило эффективность преподавания курса общей физики.

**CREATING AN INTERACTIVE  
LECTURE-PRESENTATION  
WITH THE WOLFRAM MATHEMATICA SYSTEM**

*Petrova O.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The application of Wolfram Mathematica system for creating interactive lecture- presentation of general physics is discussed. It is shown that the interactive demonstrations of the Wolfram Mathematica system improve the understanding of the lecture material.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО И АМОРФНОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

*Галеева Л.Х.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Работа посвящена вопросам применения программного пакета Image Pro Plus [1,2] для оптического неразрушающего контроля объектов микроэлектроники, который используется в учебном процессе при изучении магистерской дисциплины «Методы диагностики и анализа микро- и нано-структур». Электрофизические параметры микро- и нано-структур определяются составом, строением и технологией синтеза тонких пленок. Рассматриваемый программный пакет обладает широкими исследовательскими возможностями и доступен для изучения в лабораторном практикуме.

Цель работы – помочь студентам овладеть базовыми знаниями в области анализа цифровых изображений. Компьютерная микроскопия [3] является эффективным инструментом исследования влияния технологии на структурную упорядоченность и свойства тонких пленок. Для анализа цифровых микроскопических изображений предлагается методика исследования структуры пленок с помощью Фурье преобразования на примере модельных структур кубических и случайных упаковок микросфер кремнезема. Выбор объекта исследования обусловлен тем, что в лаборатории освоена золь-гель технология синтеза тонких пленок из микросфер кремнезема [4], которая позволяет сравнивать результаты компьютерного моделирования на модельных структурах с реальными экспериментальными результатами. Для создания модели кристаллической структуры необходимо открыть любой снимок в качестве темплата и из меню Process выбрать программу Grid Mask. В диалоговом окне этой программы на вкладке Grid выбирают тип объектов (Points, Lines, Line segments,

Circle, Cycloids) и способ их упаковки Layout в решетку, черно-белое изображение которой можно наблюдать на вкладке Preview.

На рис. 1 представлены диалоговое окно быстрого Фурье преобразования (FFT) и результат его применения к изображению модели примитивной кубической решетки. После выполнения Фурье преобразования изображения модели становятся доступны опции Cursor и Show Patten и в ответ на текущее положение курсора на частотной плоскости в правом поле диалогового окна FFT появляются значения параметров пространственной модели, которые изменяются при перемещении курсора. Курсор показывает результаты преобразования только для одной точки и удобен для быстрого просмотра. Для анализа частотного спектра в интересующем направлении, задаваемом углом ориентации кристаллографической плоскости, используется команда Line Profile.

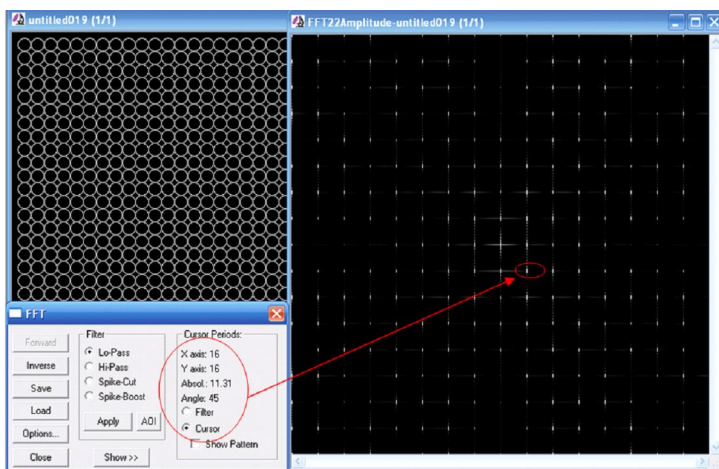


Рис.1. Результаты выполненного прямого Фурье преобразования

Аморфные полупроводники не имеют дальнего порядка в расположении составляющих их атомов. Но это не означает, что аморфные полупроводники полностью неупорядочены. Ближний порядок непосредственно ответственен за наблюдаемые полупроводниковые свойства, такие как край оптического поглощения и активационный

механизм электропроводности. Модель аморфного состояния материала может быть сформирована в виде случайной (random) решетки из объектов разной формы, задавая размер объекта и количество. Вариант случайности в виде числового кода (Randomness) устанавливается флажком Fixed seed.

На рис.2 представлены черно-белое изображение модельной аморфной структуры, ее Фурье образ и функция радиального распределения интенсивности. Измерение параметров Фурье выполняется по графику зависимости интенсивности от пространственной частоты. Случайную композицию из двух типов объектов можно сформировать, используя арифметические и логические операции с изображениями. Редактирование Фурье образа с помощью фильтров Lo-Pass и Hi-Pass с последующим инверсным преобразованием Фурье позволяет определить ближний порядок.

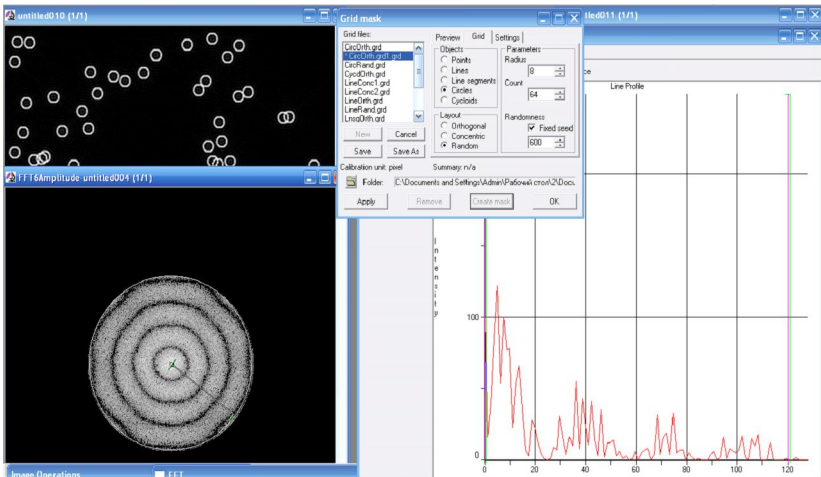


Рис. 2. Изображение случайной решетки; ее Фурье образ и радиальное распределение интенсивности в частотной области

Структура аморфных твердых тел может рассматриваться на основе Фурье преобразования данных дифракции. Это позволяет получить функцию радиального распределения атомов (ФРП), которая дает среднюю плотность атомов в зависимости от расстояния до

любого атома. Наиболее важными характеристиками ближнего порядка являются число и тип ближайших соседних атомов, а также их пространственное расположение около данного атома.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Image Pro Plus Version 6.0 (<http://support.mediacy.com/ipp701.asp>)

2. *Гатауллин Р.Ф. Галеева Л.Х.* Оптическая диагностика качества процесса фотолитографии // Современные материалы, техника и технологии. – 2016. – №5(8). – С. 51-55.

3. *Галеева Л.Х., Сайфуллина Д.В.* Компьютерная микроскопия при изучении предмета микроэлектроники // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)». – 2015. – Vol. 18. – No 1. – С. 463-471. – ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.htm>

4. *Галеева Л.Х. Кадьорова Э.Г.* Моделирование поведения микросферы кремнезема в коллоидном растворе / В сборнике «Новые технологии материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли АКТО-2016» доклады Всероссийской научно практической конференции с международным участием в 2-х т. 2016. – С. 85-88.

## COMPUTER SIMULATION OF THE CRYSTALLINE AND AMORPHOUS STATE OF MATERIALS

*Galeeva L.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The article is devoted to the use of the method of Fourier transforms in the analysis of images in the educational process in the study of the subject of microelectronics. This article will help students to understand the basic knowledge of Fourier analysis in digital imaging to search for structural order in thin films. It is proposed to master the technique of studying the structure of the films by means of the Fourier transform of digital microscopic images on the basis of model structures of dense and random packings of silica microspheres.

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА СЕТЕЙ С ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

*Васин Н.Н., Фильчев В.А.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В статье рассмотрен программно-аппаратный комплекс на основе программных решений Huawei eNSP и GNS3, предпосылки для его создания.

**Ключевые слова:** образование, программно – аппаратный комплекс, пакет eNSP, пакет GNS3, программа Wireshark.

На сегодняшний день инфокоммуникационные технологии активно внедряются в различные сферы жизнедеятельности человека. Одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного российского общества является информатизация образования [1].

Современное образование, его качество, связано с внедрением в учебный процесс новых технологий обучения, которые обеспечили бы качественные изменения в подготовке будущих специалистов. К числу инновационных технологий обучения относится технология имитационного моделирования, при использовании которой происходит формирование профессиональных качеств специалистов через погружение в конкретную ситуацию, смоделированную в учебных целях [2].

Одним из решений способствующих улучшению качества образования является применение программно-аппаратных комплексов (ПАК).

ПАК – это набор технических и программных средств, работающих совместно для выполнения одной или нескольких сходных задач.

Несмотря на обилие курсов, программных решений для обучения будущих специалистов, существует существенный недоста-

ток, все они являются проприетарными, не позволяющими в одной программной среде построить сеть с использованием оборудования различных компаний. Это послужило предпосылкой для создания программно- аппаратного комплекса, способного объединить в себе решения наиболее популярных производителей телекоммуникационного оборудования.

За основу предлагается взять программные решения Huawei eNSP и GNS3. Рассмотрим достоинства и недостатки выбранных программных решений.

Enterprise Network Simulation Platform симулирует маршрутизаторы уровня Enterprise, коммутаторы и конечное оборудование. Имеет понятный графический интерфейс, является именно симулятором.

Распространяется совершенно бесплатно – достаточно зарегистрироваться на сайте.

Позволяет моделировать сети достаточно сложной конфигурации, поддерживает связь с реальными устройствами и осуществляет анализ трафика с захватом пакетов в режиме реального времени.[3]

Эмулятор GNS3 позволяет создавать различные сетевые топологии прямо на вашем компьютере, также дает возможность создать модель компьютера или другого устройства и запускать внутри оригинальное программное обеспечение. Полная версия продукта доступна совершенно бесплатно. Главный недостаток – отсутствие возможности эмулировать коммутаторы [4].

Таким образом, комплекс представляет собой персональный компьютер с предустановленными на нем программными продуктами eNSP и GNS3, работающими совместно, со всеми сопутствующими библиотеками устройств. В случае необходимости возможно подключение к комплексу реального оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662.



2. *Васин Н.Н., Фильчев В.А.* Методика обучения студентов протоколу STP. [Текст] Материалы Научно-технической конференции Росинфоком-2017 «Актуальные вопросы телекоммуникаций» ПГУТИ, Самара 01.09.2017. – С. 219.

3. Сети для самых маленьких. Микровыпуск № 2. Обзор эмуляторов/симуляторов – [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://linkmeup.ru/blog/91.html>

4. Основы GNS3. Обзор – [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://habrahabr.ru/post/266503/>

## **PROGRAM-HARDWARE COMPLEX FOR NETWORK ANALYSIS WITH PACKET SWITCHING**

*Vasin N.N., Filchev V.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics)*

The article examines the software and hardware complex based on Huawei eNSP and GNS3 software solutions, the prerequisites for its creation.

**Keywords:** education, software and hardware complex, eNSP package, GNS3 package, Wireshark program.

## **НАСТРОЙКА HTTP, DHCP И TFTP СЕРВЕРОВ В СИМУЛЯТОРЕ PACKET TRACER**

***Валов О.П., Фролова К.А.***

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Packet Tracer – эмулятор информационных сетей, выпускаемый фирмой Cisco System. Он имеет все необходимые модели оборудования сетей, разбитого по классам, что позволяет создавать работоспособные модели сети с неограниченными возможностями имитации реальной сети. Опыт настройки элементов сети в Packet Tracer позволяет специалисту просто переключаться на работу по наладке реальных сетевых устройств и является обязательным курсом при подготовке и сдаче сертификационного экзамена CCNA (Cisco Certified Network Associate – сертифицированный специалист Cisco по сетям). Поэтому в симулятор включены CCNA Discovery, CCNA Exploration и CCNA Security.

Псевдоустройство «SERVER» в Cisco Packet Tracer 5.3.3. представляет собой комплексное решение, включающее в себя основные функции сервисов реальных серверов.

«SERVER» имитирует обычное конечное устройство, но с большими (хотя и ограниченными) функциями ряда сетевых протоколов. Он включает в себя следующие службы: HTTP, DHCP, TFTP, DNS, SYSLOG, AAA, NTP, EMAIL, FTP [1].

В настоящей статье рассмотрены вопросы с порядком настройки первых трех служб серверов.

В статье предлагается систематизированное изложение материала по теоретическому обоснованию работы HTTP, DHCP и TFTP серверов. Разбирается их назначение и функциональные особенности. Дается детальное изложение порядка конфигурирования серверов. Для каждого из них приводятся примеры по проверке правильности их функционирования.

Представленный в статье материал позволяет оценить сложности, возникающие при наладке серверов различного назначения, преодолению которых в значительной степени способствует симулятор Packet Tracer.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Валов О.П.* Информационные сети: учебное пособие. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007. – 201 с. ISBN 978-5-7579-0987-5.

2. *Эминов Б.Ф., Эминов Ф.И.* Проектирование корпоративных информационных сетей: учебное пособие. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. – 60 с. ISBN 978-5-7579-1391-9.

3. *Ризаев И.С.* «Системы распределенной обработки данных: учебное пособие. – Казань: Изд-во Мастер Лайн, 2007. – 85 с.

4. *Ризаев И.С., Осипова А.Л.* Компьютерные технологии при решении задач классификации. Аналитическая механика, устойчивость и управление: Труды X Международной Четаевской конференции. Т.4. Секция 4. Компьютерные технологии в образовании, управлении производством и тренажеры. – Казань, 2012, Изд-во КГТУ. – С. 243-249.

## HTTP, DHCP AND TFTP SERVER SETUP IN PACKET TRACER

*Valov O.P., Frolova K.A.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Packet Tracer – the emulator of information networks. It has all the necessary models of network equipment broken down into classes, which allows you to create workable network models with unlimited possibilities for simulating a real network. Our article includes the following services: HTTP, DHCP, TFTP, DNS, SYSLOG, AAA, NTP, EMAIL, FTP [1].

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ  
АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ  
ПО ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ  
В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ  
ОНЛАЙН ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ MATH-BRIDGE**

*Медведева С.Н.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

Современные социальные и экономические тенденции в развитии общества находят отражение в новых федеральных государственных образовательных стандартах в виде требований формирования компетентностей в подготовке бакалавров, магистров и специалистов, что является стимулом для поиска новых методов и средств в высшем профессиональном образовании. На кафедре ПМИ ИКТ-ЗИ ведутся исследования по разработке компьютерных технологий обучения математическим дисциплинам в различных инструментальных средах на основе разработанных методов дидактического и программного проектирования, в частности новые исследования проводятся по практическому изучению возможностей системы онлайн обучения математике Match-Bridge и разработке интерактивного обучающего контента для математических дисциплин средствами этой системы в соответствии с проектом «Современные образовательные технологии для программ обучения математике в инженерном образовании в России», который профинансирован при поддержке Европейской Комиссии в рамках программы (№ гранта: 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR) [1].

LMS Match-Bridge предоставляет набор мощных и простых в освоении программных инструментов для создателей математического электронного контента и на его основе электронных курсов, книг и экзаменов. В систему управления обучением LMS Match-Bridge включены средства, позволяющие автоматизировать процесс созда-

ния и интеграции электронного лекционного и практического материала математических дисциплин в коллекции системы [1]. Причем в роли разработчиков статических (теория) и динамических (практика) обучающих объектов в рамках исследований привлекались не только преподаватели, но и студенты 2 курса после прохождения математических курсов в рамках выполнения заданий по учебной практике, что позволило им закрепить полученные знания и умения и получить положительный опыт общения с интеллектуальной системой Match-Bridge. В частности, студенты выполняли задания по разработке интерактивных алгоритмов решения практических задач по теории вероятностей в виде графических блок-схем на основе инструментальных средств системы Match-Bridge.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведева С.Н.* Математическая подготовка IT-специалистов в техническом университете. Международный научно-практический форум педагогики, философии и медицины «October Scientific Forum '15», 15 октября 2015 г. – Женева (Швейцария): Изд-во European Association of pedagogues and psychologists «Science», 2015. – С. 51-57.

## **TOOLS FOR DEVELOPING ALGORITHMS OF SOLVING PROBLEMS ON PROBABILITY THEORY IN THE MATHEMATICAL SYSTEM ONLINE TRAINING MATHEMATICS MATH-BRIDGE**

*Medvedeva S.N.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Suggests new tools for implementing the algorithmic approach for solving practical problems in probability theory in the mathematical system Math-Bridge.

## **ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ АДАПТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ В СИСТЕМУ MATH BRIDGE**

*Павлов А.Д.*

*(ФГОБУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В современном обществе при решении задач непрерывного образования одну из актуальных ролей играют интеллектуальные обучающие системы (ИОС). С развитием сети Интернет большое число обучающих систем строилось на платформе веб-технологий. Помимо этого, для эффективного формирования знаний и умений, ИОС должны обладать рядом адаптационных механизмов обучения.

Лишь небольшая часть инструментальных средств для разработки ИОС обладают качественными адаптационными механизмами. К таким системам можно отнести МОНАП и MathBridge. У обеих систем имеются как преимущества, так и недостатки: инструментальные средства МОНАП не поддерживают веб-технологии, а система MathBridge не обладает достаточным адаптационным аппаратом. Для устранения данных недостатков было принято решение интегрировать адаптационные механизмы МОНАП в систему MathBridge.

В процессе интеграции возникли проблемы [1-3]:

- системы имеют разную структуру модели обучаемого. МОНАП хранит такие данные как вектора вероятностей правильного применения учебной операции, сложности задач, меры трудности и т.д. MathBridge для оценки обученности использует такие данные как заданная сложность задачи (задается разработчиком курса), время решения упражнения и т.п.

- отличается метод хранения педагогических данных. В MathBridge используется формат OMDoc метаданных, МОНАП хранит информацию в реляционной базе данных;

• разные платформы разработки систем: MathBridge написан на языке программирования Java, МОНАП – на языке программирования C#.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сосновский С.А., Гиренко А.Ф., Галеев И.Х.* Информатизация математической компоненты инженерного, технического и естественнонаучного обучения в рамках проекта MetaMath / Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)». – 2014. – V. 17. – № 4. – С. 446-457. – ISSN 1436-4522.

2. *Галеев И.Х., Чепегин В.И., Сосновский С.А.* МОНАП-II – авторские средства проектирования интеллектуальных обучающих систем / / Управляющие системы и машины, № 3-4. – 2002 г. – С. 80-86. – ISSN 0130-5395.

3. *Галеев И.Х.* Развитие адаптивных технологий обучения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: проблемы высшего образования. Воронежский государственный университет. – 2004. – № 2. – С. 76-83.

## PROBLEMS OF INTEGRATION OF ADAPTATION MECHANISMS TO INSTRUMENTAL SYSTEMS OF THE MATH BRIDGE SYSTEM

*Pavlov A.D.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

The paper describes the problems of integrating the adaptation mechanisms of the MONAP series into the tools for developing intelligent training systems MATHBRIDGE. The urgency of the problem is described.

УДК

## **ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГА МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Бугаева О.Г.*

*(ФГОБУ ВО Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)*

В настоящее время использование медицинских симуляторов при обучении врачей является одним из основных трендов в развитых странах. Необходимо отметить, что маркетинговые кампании при реализации медико-технической продукции являются специфичными и требуют особой технологии при их разработке.

Проанализировав рынок медицинских симуляторов были выявлены основные компании-производители. К ним относятся: 3B Scientific, ДеалМед, АМБУ, Зарница, Virtumed.

В компаниях были выявлены следующие недостатки: высокая цена, долгая доставка, ограничения по минимальному заказу, отсутствие полноценной информации о продукции, устаревшие и некорректно работающие сайты.

Для того, чтобы повысить эффективность деятельности компаний по направлению «медицинские симуляторы для первичных навыков» необходимо использовать современные методы продвижения медико-технической продукции. Наиболее популярным и эффективным способом привлечения клиентов является посадочная страница.

Также для того, чтобы качественно проводить маркетинговые исследования используется имитационное моделирование. Применение имитационного моделирования в маркетинговых исследованиях, помогает выявить какие товары наиболее популярны, в какой период времени, кому интересен тот или иной товар. Зная данные показатели, фирма может повышать эффективность своей деятельности, тем самым увеличивая прибыль.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Димов Э.М., Маслов О.Н., Скворцов А.Б., Чаадаев В.К. Модели агрегатов для имитационного моделирования бизнес-процессов в инфокоммуникационных компаниях // Телекоммуникации. – № 7. – 2002.

2. Димов Э.М., Коныжева Н.В., Маслов О.Н. Имитационное моделирование процесса обслуживания в компании телекоммуникаций // Инфокоммуникационные технологии. – № 4. – 2003.

3. Лубшева М.Н. Особенности рекламной кампании медицинского оборудования на рынке B2B [Текст] / М.Н. Лубшева – СПб.: Реноме, 2013. – 180 с.

### **IMPROVE THE EFFICIENCY OF MARKETING OF MEDICO-TECHNICAL PRODUCTS ON THE BASIS OF SIMULATION MODELING**

***Bugaeva O.G.***

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

This article is about the use of simulation models in marketing research of the market of medical devices. This method helps to identify which products are the most popular, in what period of time who are interested in a particular product. Knowing these indicators, the firm could improve its performance.

## **ОСОБЕННОСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Аронов В.Ю., Вержаковская М.А.*

*(ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»)*

В ФГБОУ ВО ПГУТИ создана эффективная электронная среда с элементами дистанционного образования, позволяющая студентам полноценно обучаться на уровне первого или второго высшего образования.

Существует отличительная особенность при консультировании студентов дистанционной формы обучения при дипломном проектировании. Большинство консультаций студентов проходят удаленно посредством Интернет-консультаций, в отличие от консультирования при личной встрече студента и руководителя дипломной работы [1].

По опыту руководства дипломными проектами студентов дистанционной формы обучения Интернет-консультирование руководителя дипломного проекта проходит по следующим направлениям:

1. Оказание практической помощи студенту в выборе темы дипломного проекта и разработке плана его выполнения.
2. Консультирование студентов по заданию на дипломный проект.
3. Оказание помощи в выборе методики проведения исследования.
4. Оказание квалифицированной консультации по подбору литературных источников и фактических материалов, необходимых для выполнения проекта.
5. Осуществление систематического контроля за ходом выполнения дипломного проекта в соответствии с разработанным планом.
6. После выполнения дипломного проекта руководитель готовит оценку качества его выполнения и соответствия требованиям, предъявляемым к нему (отзыв руководителя).

7. Проведение предзащиты дипломного проекта с целью выявления готовности студента к его защите.

Обучение с элементами дистанционного обучения основывается на новейших инфокоммуникационных технологий позволяет закрепить, систематизировать и обобщить знания студентов по всему комплексу изученных общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин; проявить навыки самостоятельной творческой работы при решении конкретных вопросов производственно-технического характера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марданов М.В.* Организация проектно-исследовательской деятельности студентов через Web-сервисы (на примере дипломного и курсового проектирования) [Текст] / М.В. Марданов // Педагогический опыт: теория, методика, практика. Чебоксары. Изд-во Общество с ограниченной ответственностью «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2015. – № 2. – С. 145-146.

## **DIPLOMATIC DESIGNING FEATURES FOR STUDENTS OF THE DISTANCE EDUCATIONAL TECHNOLOGY SYSTEM**

*Aronov V.Y., Verzhakovskaya M.A.*

*(Povolzhskiy State University of Telecommunications  
and Informatics)*

In the theses diplomatic designing features for students of the distance educational technology system are given. Distinctive features in counseling students of distance learning are given. The main purpose of the thesis design is described.

## **МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ ПЛЕЗИОХРОННОЙ И СИНХРОННОЙ ИЕРАРХИЙ В УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

*Можгинский В.Л., Рябков О.С.*

*(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)*

В настоящее время в учебной лаборатории «Многоканальные телекоммуникационные системы» Института радиоэлектроники и телекоммуникаций КНИТУ-КАИ им. А.Н.Туполева имеется оборудование систем передачи как плезиохронной, так и синхронной цифровой иерархии уровня STM1 (первичные мультиплексоры M30A, универсальные мультиплексоры Nateks MMX и FMX, синхронные мультиплексоры SMS150 производства фирмы NEC и CMM155 производства ОАО «Морион»). Для обучения студентов работе с отдельными мультиплексорами созданы лабораторные комплексы и разработаны лабораторные практикумы [1,2]. Для обеспечения возможности изучения особенностей взаимодействия различных систем между собой предусмотрены различные варианты совместного использования перечисленных выше четырёх видов оборудования.

Лабораторный комплекс для изучения оптического мультиплексора SMS150 содержит:

- две стойки ETS V, в которые установлены полки SMS-150V;
- две кроссовые стойки EN8778, в которые установлены кроссовые панели EN8778JA, EN8778GD и EN8778DA;
- оптический кабель, соединяющий две кроссовые стойки EN8778, расположенные в разных концах учебной лаборатории.
- анализатор потоков Victor2042 для проведения измерений.

Лабораторный комплекс для изучения универсального мультиплексора Nateks MMX содержит:

- шасси MMX-12-SHELF с кассетой, в которую установлены платы MMX-GIE – плата управления мультиплексором с интерфей-

сом RS232 для подключения локального терминала; ММХ-СОВ – плата кросс – коммутации (26х2.048Мбит/с) и синхронизации; ММХ-СNVR платы источников электропитания (основная и резервная); ММХ-А2S – 4-х портовая плата потоков 2.048 Мбит/с, интерфейс G.703/G.704; ММХ-6хРАFC – 6-ти портовая плата каналов ТЧ, 2/4 проводные окончания с программируемой сигнализацией Е&М; ММХ-3хV24/V11 – 3-х портовая плата интерфейсов передачи данных V.24/V.11 (V.35);

– электрические кроссы EN8778DA;

– анализатор потоков E1 Victor2042 для проведения измерений.

Лабораторный комплекс для изучения первичного мультиплекса М30А включает оборудование линейного тракта симметричной кабельной линии связи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стахов Е.А. и др.* Радиорелейные системы, 2003. – 77 с.
2. *Можгинский В.Л., Карловский А.П.* Универсальный первичный мультиплексор: практическое изучение на примере Nateks ММХ-12. – Казань: ООО «Олитех», 2016. – 144 с.

## MULTIPLEXERS PLESIOCHRONOUS AND SYNCHRONOUS HIERARCHIES IN LABORATORY

*Mozhginskiy V.L., Ryabkov O.S.*

*(Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev-KAI)*

Considered the equipment of the training laboratory «Multichannel telecommunication systems» equipment and systems of plesiochronous and synchronous digital hierarchy.

## **ВНЕДРЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ WORLD SKILLS В ОБРАЗОВАНИЕ**

*Одинокоев Г.А.*

*(Казанский радиомеханический колледж)*

Наша республика с 2014 года принимает активное участие в международном конкурсе профессионального мастерства World Skills. Целью этого конкурса является внедрение современных высокоинтеллектуальных технологий в рабочие профессии. Более того в 2019 году в нашей республике пройдет международный этап этого конкурса.

Компетенция «Электроника» одна из наиболее современных технологий, которая необходима для подготовки рабочих при создании современных приборов и устройств.

Электроника формирует все современные тенденции развития промышленности и экономики высокоразвитых стран.

На базе ГАПОУ «Казанский радиомеханический колледж, в соответствии с распоряжением регионального координационного центра движения World Skills Russia (WSR) в Республике Татарстан был создан специализированный центр компетенции – компетенция «16 Elektronika – Электроника» (далее – СЦК).

Задача СЦК – подготовка конкурсантов от РТ для участия в национальном чемпионате WS в компетенции «Электроника», что бы достойно представлять наш интеллектуальный и производственный потенциал на международном уровне.

От участников конкурса требуется следующая квалификация:

- знание принципов функционирования электронных устройств;
- умение работать с технической документацией;
- знание процесса производства электронного оборудования, используемых для нужд промышленности и рядового потребителя;
- умение контролировать параметры и надежность электронной компонентной базы;

– знание процесса тестовых испытаний с целью своевременного обнаружения и устранения неисправностей.

Участники должны обладать знаниями по следующим дисциплинам:

– анализ и проектирование электрической цепи, электронной схемы, цифровой логической схемы и цепи датчика.

Очевидно, что подготовкой конкурсантов должны заниматься высококлассные специалисты, овладевшие современными технологиями создания электронной техники.

Помимо мастеров производственного обучения преподавателей КРМК активное участие в подготовке участников конкурса принимают ведущие специалисты ИРЭТ (КНИТУ-КАИ) – Васильев И.И., кандидат технических наук; Уланов А., преподаватель кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем ИРЭТ. В качестве главного эксперта в отборочных этапах конкурса активное участие принимает директор ИРЭТ – Надеев А.Ф., доктор ФМН, профессор. В качестве регионального эксперта по РТ по компетенции «Электроника» принимает участие инженер электроники ООО «МИКС» – Тарасов М.Л.

Понимая важность внедрения в учебный процесс современных знаний в колледже переработан учебный план специальности «Радиоаппаратостроение» и включён дополнительный модуль – «Компетенции WS», в котором студенты будут обучаться программированию микропроцессорных систем, основам программирования и проектирования печатных плат.

С 6 июня этого года в специализированном центре World Skills Russia по компетенции «Электроника» на базе Казанского радиомеханического колледжа, по индивидуальным графикам проходят тренировочные занятия по подготовке сборной команды республики Татарстан к мировому чемпионату World Skills Russia 2019, а так же к участию в финале национального чемпионата «Молодые профессионалы» 2017.

В заключении хочу отметить, что плодотворное сотрудничество ИРЭТ с КРМК в области подготовки конкурсантов к WS благотворно сказывается на уровне подготовки будущих абитуриентов к получе-

нию высшего образования. Все победители конкурса успешно поступают в ИРЭТ и есть уверенность, что из них будут сформированы высококлассные специалисты для нужд современных предприятий приборостроения и разработчиков современной электроники.

## **THE INTEGRATION OF WORLD SKILLS COMPETIENCIES IN EDUCATION**

***Odinokov G.A.***

*(Kazan radioengineering college)*



## **ОБ УПРАВЛЕНИИ ОТКРЫТОСТЬЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВУЗА С УЧЕТОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Данилов А.Н., Столбов В.Ю.*

*(Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет)*

Информационная система (ИС) современного вуза – это сложная организационно-техническая система, которая характеризуется большой разнородностью объектов управления и разнообразием информационных потоков между ними, а также большим числом постоянно меняющихся пользователей с различными категориями доступа к информационным ресурсам и уровнем их подготовки [1]. Основной задачей ИС современного вуза является информационно-аналитическое обеспечение его разноплановой деятельности, включая задачи поддержки бизнес-процессов, необходимых для функционирования структурных подразделений вуза и взаимодействия их с внешними пользователями.

Информационные системы вузов могут быть условно разделены на системы закрытого и открытого типа. Вуз, имеющий закрытую ИС, характеризуется чётко выраженной внутренней структурой, слабыми контактами с внешним миром, редкой сменой персонала, отсутствием участия в обмене опытом. Как правило, подобные вузы не принимают новых идей, концепций и методов развития, что на современном этапе не может гарантировать их конкурентоспособность на рынке образовательных услуг.

ИС вуза открытого типа динамична, открыта для совершенствования, позволяет осуществлять широкие контакты с внешним миром, увеличивает объемы доступной информации для широкого круга пользователей, а также сокращает время доступа к её информационным ресурсам. Подобная система постоянно взаимодействует с внешней средой, что влечёт за собой появление новых структур и новых

взаимодействий между структурными элементами системы с целью компенсации этих воздействий.

Наличие в ИС вуза информации ограниченного и закрытого доступа обуславливает необходимость постепенного повышения степени информационной открытости ИС с учётом допустимых рисков её разрушения и имеющихся у вуза ресурсов, обеспечивающих устойчивость её нового состояния и конкурентноспособности на рынке образовательных услуг.

Возникает задача управления синергетической открытостью ИС вуза с учётом возможных рисков и имеющихся информационных ресурсов.

Процесс использования информации предусматривает периодический доступ в информационную систему вуза с целью решения задач управления его информационной системой или получения соответствующих услуг. С другой стороны, необходимость ограничения на использование определённой части информационного ресурса путём несанкционированных действий злоумышленником требует предельного ограничения несанкционированного доступа к этим информационным ресурсам.

В докладе предлагается новый подход для обеспечения информационной безопасности открытой образовательной системы университета в контексте информационных угроз доступности, конфиденциальности и целостности. Дополнительно рассмотрена проблема, связанная с управлением степенью прозрачности университетской образовательной системы с учетом ограничений информационной безопасности. Дана оценка степени прозрачности университетской информационной системы, в том числе классификации доступности информации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов А.Н., Столбов В.Ю. Об одном алгоритме управления синергетической открытостью организационно-технических систем // Мехатроника. Управление. Автоматизация. – 2015. – Т. 16. – №. 6. – С. 87-395.

2. Булдакова Т.И., Глазунов Б.В., Ляпина Н.С. Оценка эффективности защиты систем электронного документооборота // Математическое обоснование и теоретические аспекты информационной безопасности / Доклады ТУСУР: № 1 (25). – Ч. 2. – 2012. – С. 52-56.

3. Данилов А.Н., Шабуров А.С. О проблеме информационной безопасности открытых образовательных систем // Информационные войны. – 2013. – № 1. – С. 89-95.

## ON MANAGING UNIVERSITY EDUCATIONAL TRANSPARENCY TAKING INTO ACCOUNT INFORMATION SECURITY

*Danilov A.N., Stolbov V.Yu.*

*(Perm National Research Polytechnic University)*

A new approach is proposed to ensure the information security of the university's open educational system in the context of information threats of accessibility, confidentiality and integrity. The paper includes the problem setting regarding the management of the transparency degree of the university educational system taking into account the restrictions of information security. Assessment of the transparency degree of the university information system is given including the accessibility classification of information.

**Keywords:** transparency of the information educational system, protection of information, information transparency classes, availability of information, degree of the system transparency, threat to information security.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 3. БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

|  |    |
|--|----|
| <i>Чекалин С.Д., Мезенцева Е.М.</i> Применение VR-технологий в военной индустрии и промышленности .....                              | 6  |
| <i>Хуснуллин В.И., Глушак Е.В.</i> Исследование энергопотребления узлов в беспроводной сенсорной сети .....                          | 10 |
| <i>Соболев Ю.В.</i> Выбор программы для моделирования беспроводных сенсорных сетей .....   | 14 |
| <i>Киреев М.О., Глушак Е.В.</i> Исследование беспроводных сенсорных сетей: области применения, преимущества .....                    | 18 |
| <i>Сумарокова О.В., Глушак Е.В., Киреев М.О.</i> Анализ физических источников искажения в беспроводных каналах сенсорных сетей ..... | 22 |
| <i>Кузина Э.А., Мезенцева Е.М.</i> Разработка мобильного приложения «электронный экскурсовод» под ОС ANDROID .....                   | 26 |
| <i>Елисеев С.Н.</i> Модель релейского радиоканала с доплеровским рассеянием и направленной антенной на мобильной станции .....       | 30 |
| <i>Минаев А.Л., Глушак Е.В.</i> Беспроводные технологии и системы мобильной связи .....  | 33 |
| <i>Сафиуллин Р.М., Глушак Е.В.</i> Реализация проекта «умный» дом на основе беспроводных технологий .....                            | 35 |
| <i>Никитин М.Л., Копысов А.Н., Хворенков В.В.</i> К вопросу о способах повышения помехоустойчивости широкополосных сигналов .....    | 37 |
| <i>Архипов П.А., Росляков А.В.</i> Современные программные решения для моделирования сетей ZigBee .....                              | 42 |
| <i>Архипова О.Н.</i> Типология протоколов, применяемых в сетях межмашинного взаимодействия .....                                     | 44 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Козлов С.В., Спирина Е.А.</i> Разработка процедуры частотно-территориального планирования для метода комплексной оптимизации IP-сетей связи .....  | 46 |
| <i>Аминова Р.Р., Фазылов Л.И.</i> Анализ эффективности применения рекомендации МСЭ-R P.1238 при планировании WI-FI сетей связи .....  | 49 |
| <i>Щербакова Т.Ф., Горохов С.Н., Ермошин Д.К.</i> Исследование и разработка методов обнаружения и различения различных видов аритмий по анализу электрокардиосигнала .....                    | 52 |
| <i>Елисеев С.Н.</i> Использование SUPERWi-FiB сети VANET на автомагистралях .....   | 55 |
| <i>Евтухова Е.С., Егорова Е.А., Демин Р.А.</i> Исследование характеристик функционирования сенсорной сети .....   | 58 |
| <i>Жданов Р.Р., Усенко Ю.О., Федорова А.А.</i> Повышение эффективности эксплуатации мобильных сетей связи с помощью технологии самоорганизующихся сетей SON .....                             | 61 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Система локального позиционирования объекта LPS .....   | 64 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Основные подходы к проектированию систем локального позиционирования объекта .....  | 66 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Проблемы определения местоположения объекта в помещении .....   | 68 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Формализация задачи локальной идентификации .....   | 70 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Пути решения задачи определения местоположения объекта в помещении .....  | 72 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Обзор методов определения местоположения объекта .....  | 74 |
| <i>Штанько Н.Н.</i> Экспериментальная реализация задачи локальной идентификации .....   | 76 |
| <i>Яушев С.Т., Файзуллин Р.Р.</i> Моделирование адаптивного смещенного EM-алгоритма для оценки параметров негауссовой помехи в системах связи с подвижными объектами .....                    | 78 |
| <i>Степанова Н.В.</i> Проект 5GNOW .....  | 80 |
| <i>Степанова Н.В.</i> Когнитивное радио – перспективная технология .....  | 82 |
| <i>Усинов В.Р., Котилов К.В., Ахметшина Э.Г.</i> Мониторинг ошибок с использованием текстового анализатора для компании TELE2 .....   | 84 |
| <i>Фатыхов М.М., Зарипов Р.Ф., Файзуллин Р.Р.</i> Анализ эффективности полигауссового алгоритма обработки сигналов с применением адаптивного EM-алгоритма в негауссовских каналах связи ..... | 86 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Анализ современных методов позиционирования приемо-передающих устройств в замкнутом помещении .....  | 88  |
| <i>Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Определение координат приемо-передающего устройства в замкнутом пространстве. Часть 1. Разработка метода для определения координат приемо-передающего устройства .....     | 90  |
| <i>Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Разработка модели планарной антенны в задаче реализации беспроводного зарядного устройства. Часть 1. Проблематика планарных антенн .....                                   | 92  |
| <i>Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Разработка математической модели определения координат приемо-передатчика в замкнутом пространстве .....   | 94  |
| <i>Акулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Анализ результатов математической модели определения координат приемо-передатчика .....  | 96  |
| <i>Кулинин Д.М., Гимадиев Д.И., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Перспективы развития пеленгации приемо-передающих WI-FI устройств в замкнутом пространстве .....  | 98  |
| <i>Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Разработка модели планарной антенны в задаче реализации беспроводного зарядного устройства. Часть 2. Выбор антенны для реализации беспроводного зарядного устройства ..... | 100 |
| <i>Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Разработка модели планарной антенны в задаче реализации беспроводного зарядного устройства. Часть 3. Математическая модель .....   | 102 |
| <i>Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Разработка модели планарной антенны в задаче реализации беспроводного зарядного устройства. Часть 4. Виды оптимизаций и оптимизация модели планарной антенны .....         | 104 |
| <i>Гимадиев Д.И., Акулинин Д.М., Юлушева А.И., Веденькин Д.А.</i> Разработка модели планарной антенны в задаче реализации беспроводного зарядного устройства. Часть 5. Задел на будущее .....  | 106 |
| <i>Фадеев В.А., Гайсин А.К.</i> Методы оценки параметров качества обслуживания в мобильных сетях 4-5G на основе анализа BIG DATA .....   | 108 |
| <i>Гибалина З.С., Фадеев В.А.</i> Оценка энергетического бюджета оптического межспутникового канала CUBESAT .....  | 110 |
| <i>Халилова А.А., Абдрахманова Г.И.</i> Обзор технологии «умные дороги» ..   | 113 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Грахова Е.П.</i> Метод частотного манипулирования сщп сигнала со скачкообразной перестройкой частотных полос .....   | 115 |
| <i>Морозов А.С., Гайсин А.К.</i> Мониторинг сигнальных сообщений мобильной сети GSM на базе RTL-SDR .....   | 117 |
| <i>Морозов А.С., Гайсин А.К.</i> Имитационное моделирование сети GSM на базе открытого программного обеспечения Open BTS .....  | 120 |
| <i>Бакиров Р.Р., Рахимов Д.Р.</i> Сравнение методов синхронизации для систем с ортогональным частотным разделением каналов .....  | 122 |
| <i>Асаад Я.И., Рахимов Д.Р.</i> Современные форматы сигналов для перспективных систем радиосвязи .....  | 124 |
| <i>Чабдаров Ш.М., Алексеев А.В., Зарипов Р.Ф., Фатыхов М.М., Семенов В.Ю., Осам Диб.</i> Определяющее влияние сигнально-помехового комплекса на технологичность приемников в телекоммуникации ..... | 126 |
| <i>Рахимов Д.Р., Надеев А.Ф.</i> Анализ помехоустойчивости алгоритмов синхронизации для систем связи на основе ортогональной частотной модуляции .....  | 129 |
| <i>Рахимов Д.Р., Надеев А.Ф.</i> Аппаратная реализация алгоритма дофокусировки облучающей системы .....   | 131 |

#### Секция 4. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

|   |     |
|---|-----|
| <i>Иванов В.И.</i> Электрическое ЭХО на современных оптических сетях ....                                       | 134 |
| <i>Султанов А.Х., Бессонова Ю.О.</i> Анализ нелинейных эффектов в оптическом волокне .....                      | 138 |
| <i>Бурдин В.А.</i> Некоторые итоги полувековой истории телекоммуникационных оптических волокон .....            | 142 |
| <i>Ибрагимов Р.З., Фокин В.Г.</i> Оценка отношения сигнал-шума для когерентных оптических систем связи .....    | 144 |
| <i>Виноградова И.Л., Загитов Т.Р.</i> Подход к подключению сегмента X-PON к высокоскоростной магистрали .....   | 145 |
| <i>Виноградова И.Л., Кутлиева Г.Р.</i> Полностью оптическое устройство подстройки частотной синхронизации ..... | 147 |

#### Секция 5. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

|   |     |
|---|-----|
| <i>Кузнецов А.В.</i> Плоская сканирующая антенна вытекающей волны диапазона СВЧ .....                         | 150 |
| <i>Кузнецов А.В.</i> Плоские антенны вытекающей волны СВЧ и КВЧ с пониженным уровнем бокового излучения ..... | 154 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Горбачев А.П., Бухтияров Д.А.</i> Печатная директорная антенна с концевым питанием дипольного возбуждителя .....  | 158 |
| <i>Клюев Д.С., Коришунов С.А., Нещерет А.М.</i> Поляризаационные характеристики микрополосковых излучающих структур на основе метаматериалов .....                                   | 162 |
| <i>Беляев С.О.</i> Моделирование побочных электромагнитных излучений из экранированных помещений с учетом конечной прозрачности экранов .....  | 167 |
| <i>Аронов С.Ю., Бузов А.Л.</i> Вопросы разработки технологии комплексного моделирования антенных систем .....  | 170 |
| <i>Аронов С.Ю.</i> Классификация антенн подвижной радиосвязи в проблематике исследования и разработки путей снижения влияния факторов окружающей среды на параметры назначения ..... | 172 |
| <i>Герасимов И.А.</i> Сравнительная оценка вариантов размещения низкопрофильной антенны на автомобиле .....  | 174 |
| <i>Колояров И.А., Копылов Д.А.</i> Модифицированная дискоконусная антенна для абонентской станции подвижной радиосвязи и радиодоступа .....  | 177 |
| <i>Потапова О.В., Сафина А.Ф.</i> Моделирование антенн, сфокусированных в зону ближнего излучаемого поля, в среде - CST-STUDIO .....   | 180 |
| <i>Колояров И.А., Красильников А.Д., Назин В.Ю.</i> Широкополосная полосковая антенна для портативного мультистандартного терминального устройства .....                             | 184 |
| <i>Потапова О.В., Счастливецова М.В.</i> Исследование погрешностей фазового распределения при реализации антенн, сфокусированных в зону ближнего излучаемого поля .....              | 187 |
| <i>Романов А.Г., Данилов И.Ю., Чони Ю.И.</i> Эффективность дофокусировки МГЗА при эксплуатационных нагрузках .....   | 191 |
| <i>Насыбуллин А.Р., Веденькин Д.А.</i> Адаптивная антенная система для пространственной фильтрации ионосферных мод .....   | 196 |
| <i>Хохлов Д.К., Кадыров Р.А., Борисов И.К., Насыбуллин А.Р.</i> Лабораторный программно-аппаратный комплекс для определения характеристик СВЧ-устройств .....                        | 198 |
| <i>Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Борисов И.К., Насыбуллин А.Р.</i> Моделирование металлodieлектрического прямоугольного волновода с микрополосковым возбуждением .....                  | 200 |
| <i>Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Борисов И.К., Насыбуллин А.Р.</i> Реализация металлodieлектрического прямоугольного волновода с микрополосковым возбуждением .....                     | 202 |



|   |     |
|---|-----|
| <i>Борисов И.К., Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Насыбуллин А.Р.</i> Антенны в виде открытого конца волновода из металлодиэлектрических материалов .....   | 204 |
| <i>Борисов И.К., Кадыров Р.А., Хохлов Д.К., Насыбуллин А.Р.</i> Моделирование и реализация волноводных антенн из металлодиэлектрических материалов .....  | 206 |
| <i>Табаков Д.П., Матвеевский П.О., Кориунов С.А.</i> Электродинамический анализ фрактальной антенны на основе салфетки Серпинского .....  | 208 |
| <i>Табаков Д.П., Морозов С.В., Кориунов С.А.</i> Построение математической модели тонкопроволочного широкополосного вибратора с поворотной симметрией .....   | 210 |
| <i>Табаков Д.П., Яковлев М.В., Кориунов С.А.</i> Электродинамическая модель рамочной антенны с произвольным числом углов .....  | 212 |
| <i>Скачков В.А., Садыков А.Р.</i> Многолучевые антенны .....  | 214 |
| <i>Скачков В.А., Шагвалиев Т.Р.</i> Моделирование антенн с контурной диаграммой направленности .....  | 216 |
| <i>Седельников Ю.Е. Шабаан М.</i> Антенные решетки ММВ на основе диэлектрического волновода с идентичными нерегулярностями .....  | 218 |
| <i>Авксентьев А.А.</i> Самолетная невыступающая антенна метрового диапазона волн .....  | 221 |
| <i>Андрюшенко Т.А., Ильин А.Г.</i> Стабилизация средней частоты перестраиваемого лазера .....   | 224 |
| <i>Павлов В.В., Рябова Н.В., Павлова Н.Г.</i> База данных параметров трехэлементных директорных антенн с увеличенным рефлектором и уменьшенным директором на шесть и четыре процента в длинах волн относительно активного вибратора ..... | 226 |

## Секция 6. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ .....

|   |     |
|---|-----|
| <i>Насыбуллин А.Р., Веденькин Д.А.</i> Зондирование искусственных ионосферных неоднородностей полигармоническим сигналом .....      | 230 |
| <i>Семенов В.Э., Стахова Н.Е.</i> Исследование влияния состояния радиоканала на качество связи в мобильных системах .....           | 233 |
| <i>Бурдин В.А., Гаврюшин С.А., Прокопьев В.И.</i> Методы поиска повреждений кабельной системы на трассах сложной конфигурации ..... | 235 |
| <i>Иванов Д.В., Иванов В.А., Елсуков А.А., Овчинников В.В.</i> Применение сложных сигналов в вертикальном ионозонде .....           | 237 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Иванов Д.В., Иванов В.А., Рябова Н.В., Катков Е.В., Бельгибаев Р.Р.</i>   |     |
| Оценка доступности частотных каналов для различных модемов КВ-связи на основе их пассивного зондирования .....   | 239 |
| <i>Рябова Н.В., Бастракова М.И., Иванова Н.В.</i> Методика оценки помехоустойчивости ионосферных радиолиний на основе данных наклонного зондирования ионосферы с помощью ЛЧМ-сигнала ..... | 241 |
| <i>Иванов Д.В., Зуев А.В., Иванов В.А., Рябова Н.В.</i> Исследование сбоев радионавигационных приемников европейской части России .....  | 243 |

## Секция 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

|  |     |
|--|-----|
| <i>Нечаев А.И.</i> Исследование особенностей СВЧ-микроэлектронных устройств в телекоммуникационных системах .....  | 246 |
| <i>Смирнов А.А.</i> Методы определения местоположения источников радиозлучения .....   | 251 |
| <i>Лаверушев В.Н., Муртазина А.И.</i> Анализ и оптимизация развязки между антенными решетками .....  | 253 |
| <i>Лаверушев В.Н., Хасанов А.С.</i> Разработка щелевой антенной решетки для определения направления на источник излучения .....                                | 258 |
| <i>Мальцев А.А., Северьянова А.Д.</i> Электромагнитная совместимость аккумуляторов с системой охранной сигнализации с использованием мобильного телефона ..... | 263 |
| <i>Идиатуллов З.Р.</i> Конструирование электронных устройств телекоммуникационных систем с учетом обеспечения электромагнитной совместимости .....             | 265 |

## Секция 8. ФРАКТАЛЫ И ДРОБНЫЕ ОПЕРАТОРЫ, ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

|  |     |
|--|-----|
| <i>Афанасьев В.В., Марданишин Э.Р.</i> Селективное режектирование 3-D сигналов радиоэлектронной дискретно-нелинейной системы с хаотической динамикой ..... | 268 |
| <i>Афанасьев В.В., Логинов С.С.</i> Управляемые дискретно-нелинейные системы с динамическим хаосом и вариацией параметров временной дискретизации .....    | 272 |
| <i>Черепашкина Д.В., Кирпичникова М.Ю.</i> Применение метода Каца с ЭГЭГ сигналам .....  | 277 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Денисов Е.С., Тимергалина Г.В., Никишин Т.П., Байтемиров Э.Д.</i>  |     |
| Нейросетевой метод диагностики водородных топливных элементов по электрическим флуктуациям и его реализация на ПЛИС .....                           | 280 |
| <i>Гильмутдинов А.Х., Гильметдинов М.М.</i> Введение в теорию двух-полусных элементов дробного порядка .....  | 282 |
| <i>Гильмутдинов А.Х., Ушаков П.А., Подсизерцев М.А.</i> Методика анализа комплементарного RC-ЭРП со структурой слоев вида (R1+R2)-C-NR....          | 289 |
| <i>Гильмутдинов А.Х., Ушаков П.А., Подсизерцев М.А.</i> Проектирование Фрактального элемента на основе RC-ЭРП со структурой слоев вида R-C-NR ..... | 294 |

## Секция 9. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

|   |     |
|---|-----|
| <i>Мезенцева Е.М., Гринблат А.А.</i> Предварительная подготовка сообщений в задачах фильтрации спама на веб-сайтах .....  | 300 |
| <i>Аверьянова А.Н., Маслов О.Н.</i> Моделирование стохастической поляризации векторов электромагнитного поля .....  | 304 |
| <i>Фролова М.А.</i> Моделирование неопределенности знаний .....   | 308 |
| <i>Маслов О.Н., Фролова М.А., Шаталов И.С.</i> Информационная защита случайных антенн с использованием информативных признаков опасных сигналов .....                                 | 312 |
| <i>Голованова Е.Н., Докучаев В.А., Маклачкова В.В.</i> Особенности нормативно-правового обеспечения защиты персональных данных с использованием инфокоммуникационных технологий ..... | 316 |
| <i>Алексеев А.П.</i> Пространственно-временное распыление информации ...  | 321 |
| <i>Кузнецов М.В.</i> Методы снижения вероятности успешного проведения DDOS-атаки .....  | 323 |
| <i>Ротенштейн И.В., Кузнецов Я.М.</i> Анализ параметров невокализованной речи для задачи распознавания диктора .....  | 325 |
| <i>Зайцев В.В.</i> Защищенная передача данных в сенсорной сети .....  | 327 |
| <i>Бельская Н.М., Уточкина Д.А., Уточкина М.А.</i> Интеллектуальная система управления безопасностью информационных ресурсов сети ...   | 329 |
| <i>Мальцева Е.С., Коваль М.А., Коняева О.С.</i> Как экспертная информация и прогнозирование вредоносного поведения помогают защитить компании .....                                   | 331 |
| <i>Алюшин А.В., Бельская Н.М.</i> Разработка компьютерной модели межсетевого экрана .....   | 334 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Задорина Д.А., Лемжин М.И.</i> Практика применения SIEM системы OSSIM .....   | 337 |
| <i>Безукладников И.И., Миронова А.А.</i> Таргетированные атаки на массовые сервисы интернет .....                                    | 339 |
| <i>Безукладников И.И., Кон Е.Л., Южаков А.А.</i> Мультиуровневые скрытые каналы и скрытые сети в инфокоммуникационных системах ..... | 342 |

## Секция 10. ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

|  |     |
|--|-----|
| <i>Галеев И.Х.</i> Обучающие среды для веб-дизайнеров .....  | 346 |
| <i>Хаджиева С.В.</i> Имитационное моделирование оценки ИТ-проектов в гибких методологиях .....   | 350 |
| <i>Докучаев В.А., Мытенков С.С., Шевелёв С.В.</i> Совершенствование подходов к подготовке специалистов в отрасли ИТ и связи .....  | 352 |
| <i>Савинов Г.А., Ахметшина Э.Г.</i> Разработка системы определения потенциала студента и анализ путей его дальнейшего развития .....   | 358 |
| <i>Петрова О.А.</i> Создание интерактивной лекции-презентации с помощью системы Wolfram Mathematica .....  | 360 |
| <i>Галеева Л.Х.</i> Компьютерное моделирование кристаллического и аморфного состояния материалов .....   | 363 |
| <i>Васин Н.Н., Фильчев В.А.</i> Программно-аппаратный комплекс для анализа сетей с пакетной коммутацией .....  | 367 |
| <i>Валов О.П., Фролова К.А.</i> Настройка HTTP, DHCP и TFTP серверов в симуляторе PACKET TRACER .....  | 370 |
| <i>Медведева С.Н.</i> Инструментальные средства разработки – алгоритмов решения задач по теории вероятностей в математической системе онлайн обучения математике – MATH-BRIDGE ..... | 372 |
| <i>Павлов А.Д.</i> Проблемы интеграции адаптационных механизмов в систему MATH BRIDGE .....  | 374 |
| <i>Бугаева О.Г.</i> Повышения эффективности маркетинга медико-технической продукции на основе имитационного моделирования .....  | 376 |
| <i>Аронов В.Ю., Вержаковская М.А.</i> Особенности дипломного проектирования студентов системы дистанционных образовательных технологий .....   | 378 |
| <i>Можгинский В.Л., Рябков О.С.</i> Мультиплексоры плезиохронной и синхронной иерархий в учебной лаборатории .....   | 380 |
| <i>Одинокоев Г.А.</i> Внедрение компетенций World Skills в образование .....   | 382 |
| <i>Данилов А.Н., Столбов В.Ю.</i> Об управлении открытостью образовательной системы вуза с учетом информационной безопасности .....  | 385 |

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

II НАУЧНЫЙ ФОРУМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ:  
ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ  
ТТТ-2017

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
ПТиТТ-2017

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

Казань, 20 – 24 ноября 2017 г.

*Статьи воспроизводятся с оригиналов, представленных авторами,  
и Издатель не несет ответственности за содержание статей.  
Ответственный секретарь: Коробков А.А.*

Ответственный за выпуск В.Н. Милёхин  
Компьютерная верстка – Н.Н. Семёнова

---

Подписано в печать 20.11.17.  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 23,25. Тираж 200 экз. Заказ Б 74.

---

Издательство КНИТУ-КАИ  
420111, Казань, К. Маркса, 10

ISBN 978-5-7579-2254-6 (Т.2)

