

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



# ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы Всероссийской  
студенческой конференции

*Йошкар-Ола, 23-28 ноября 2015 г.*

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

Йошкар-Ола  
2015

УДК 378:621.3

ББК 74.58

И 62

***Редакционная коллегия:***

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

**Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России:** материалы Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 23-28 ноября 2015 г.): в 8 ч. *Часть 3. Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности.* – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 200 с.  
ISBN 978-5-8158-1651-0  
ISBN 978-5-8158-1654-1 (Ч. 3)

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

УДК 378:621.3

ББК 74.58

ISBN 978-5-8158-1654-1 (Ч. 3)

ISBN 978-5-8158-1651-0

© Поволжский государственный  
технологический университет, 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники в настоящий момент являются одними из наиболее актуальных проблем развития современной промышленности России. Они создают потенциальную возможность для технологического рывка нашей страны, являются ключевым элементом политики импортозамещения.

Именно по этой причине в рамках в рамках Всероссийской студенческой конференции «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России», состоявшейся на базе Поволжского государственного технологического университета, была организована наша секция «Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности», материалы работы которой представлены в данной книге.

В этот сборник вошли наиболее интересные доклады и сообщения, демонстрирующие исследовательские и инновационные возможности научных молодежных групп из Йошкар-Олы, Санкт-Петербурга, Казани, Чебоксар.

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

- использование LabVIEW для моделирования различных устройств;
- создание тонких пленок для нужд микроэлектроники;
- создание различных аппаратно-программных комплексов для мониторинга и управления сложными устройствами;
- исследования в области медицинской техники;
- моделирование разных типов антенн;
- исследования в области трансионосферного зондирования, GPS-мониторинга;
- исследование сенсорных сетей, моделирование СВЧ-устройств.

В современных условиях участие молодежи в подобных мероприятиях призвано способствовать формированию будущих инженеров-инноваторов, а также решению задач повышения эффективности высокотехнологичных отраслей промышленности, модернизации российской экономики, переводу ее на инновационные рельсы.

**РЕЗОЛЮЦИЯ**  
**Всероссийского студенческого форума**  
**«Инженерные кадры – будущее инновационной**  
**экономики России»**

Инженер – это профессионал высокого уровня, который не только обеспечивает работу сложнейшего оборудования, но, по сути, и формирует окружающую действительность.  
*Президент Российской Федерации В. В. Путин*  
*(Заседание Совета по науке и образованию, 23 июня 2014 г.)*

Одним из важнейших направлений развития России сегодня остается модернизация всех отраслей промышленности. И стране как никогда необходимы инженеры нового поколения: инициативные, квалифицированные, готовые к генерации новых идей и инновационным преобразованиям.  
*Председатель Правительства РФ Д. А. Медведев*  
*(V международный молодежный промышленный форум «Инженеры будущего-2015», 20 июля 2015 г.)*

Всероссийский студенческий форум «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России» отмечает, что осуществление важнейшей задачи модернизации экономики России, перевода ее на инновационные рельсы невозможно без подготовки достаточного количества высококвалифицированных, отвечающих современным требованиям производства инженерно-технических кадров. Лидирующие позиции в мире занимают страны, которые способны создавать прорывные технологии, формирующие собственную мощную производственную базу. Качество инженерных кадров становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности и независимости государства.

Руководство университета уделяет особое внимание вопросам развития инженерного образования и повышения престижа технических специальностей. Реализация программ комплексного развития объектов инновационной инфраструктуры вуза и программы стратегического развития позволили университету выйти на новый уровень в инженерном образовании. Созданы и развиваются центр коллективного пользования, одиннадцать научно-технологических центров на базе уникальных лабораторий, технопарк, бизнес-инкубатор, студенческое конструкторское бюро, двадцать пять малых инновационных предприятий с участием вуза, ботанический сад-институт, учебно-опытный лесхоз.

Однако подготовка инженерно-технических кадров и их трудоустройство не в полной мере соответствуют современным требованиям: значительно снизился объем финансирования научно-исследова-

тельских и опытно-конструкторских работ, что не способствует вовлечению сотрудников и студентов в научные исследования и разработки; уровень заработной платы профессорско-преподавательского состава не способствует пополнению научных коллективов новыми, квалифицированными кадрами; значительная часть лабораторного и исследовательского оборудования университета физически и морально устарела; подготовка инженерных кадров осуществляется по образовательным программам, зачастую разработанным без участия работодателей и реальных потребностей рынка труда; не решены в должной мере организационные и финансовые вопросы функционирования базовых кафедр и филиалов кафедр, являющихся структурными подразделениями университета.

Основными площадками форума стали: студенческая научная конференция с участием работодателей, региональный этап Всероссийского конкурса «IT-Прорыв», студенческие конкурсы профессионального мастерства, финальный тур Федеральной программы «УМНИК», десятая международная научная школа «Наука и инновации 2015», на которой продемонстрирован новый механизм научного обеспечения процесса формирования ответа на запросы производства и инновационного сообщества о создании опережающей инновационной экономики России и подготовки для нее инженерных кадров с опорой на реальный сектор экономики.

Всероссийский студенческий форум рекомендует:

1. Выразить благодарность участникам за высокий уровень научных разработок и достижений, представленных на площадках мероприятия, а также организаторам за высокий уровень подготовки и проведения Всероссийского студенческого форума «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России».

2. Отметить целенаправленную работу руководства Республики Марий Эл и Поволжского государственного технологического университета в направлении создания новых производственных рабочих мест и квалифицированных инженерных кадров для развития региональной и национальной экономики.

3. Руководству университета:

3.1) выступить с предложением к государственной корпорации по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех» стать основным партнером Форума с приглашением к участию в мероприятиях холдинговых компаний, входящих в корпорацию;

3.2) рассмотреть вопрос о создании студенческого союза инженерного образования;

3.3) продолжить работу по развитию материально-технической базы структурных подразделений вуза, задействованных в подготовке инженерно-технических кадров;

3.4) разработать программу приглашения ведущих специалистов в области инженерного образования для участия в подготовке инженерных кадров в целях интеграции отечественной высшей школы в международную систему подготовки инженеров;

3.5) активизировать работу по взаимодействию с ведущими предприятиями-работодателями на договорной основе по реализации образовательных программ в области техники и технологий;

3.6) осуществлять опережающую подготовку специалистов, способных обеспечить повышение эффективности высокотехнологичных отраслей промышленности региона: машиностроения, промышленного и гражданского строительства, производства строительных материалов, изделий и конструкций, пищевой и перерабатывающей промышленности, автодорожного комплекса.

4. Законодательному Собранию Республики Марий Эл выступить с инициативой о принятии закона, стимулирующего участие бизнеса и промышленных предприятий в развитии вузов, осуществляющих подготовку специалистов по инженерным специальностям.

5. Руководителям предприятий региона:

5.1) предусматривать инвестирование в обучение студентов по адресным (целевым) программам в соответствии с профилем предприятия, в развитие материальной базы учебного процесса и приглашение ведущих отечественных и зарубежных специалистов для участия в учебном процессе, в направление обучающихся на практику и стажировку на высокотехнологичные отечественные и зарубежные предприятия, инжиниринговые и научно-производственные центры;

5.2) активнее включиться в образовательный процесс, предоставляя в период практики студентам возможность освоения новейших оборудования и технологий, определять актуальные для предприятий темы курсовых и выпускных квалификационных работ;

5.3) используя положительный опыт ведущих предприятий России, на условиях софинансирования создать на базе вуза классы и лаборатории, оснащенные современным оборудованием, для обучения студентов и повышения квалификации молодых специалистов с целью их подготовки для работы на высокотехнологичных и инновационных производствах.

6. Средствам массовой информации расширить публикацию материалов, направленных на формирование в обществе значимого образа инженера-созидателя новых технологий, движителя инноваций в промышленности и бизнесе.

7. Считать целесообразным ежегодное проведение Всероссийского студенческого форума «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России» на базе Поволжского государственного технологического университета.

Руководство Поволжского государственного технологического университета выражает благодарность государственной корпорации «Ростех», компании «Росэлектроника», Министерству образования и науки РФ, Министерству образования и науки Республики Марий Эл, Министерству промышленности, транспорта и дорожного хозяйства Республики Марий Эл за оказание финансовой и методической поддержки в организации и проведении мероприятий Всероссийского студенческого форума «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России».

УДК 621.396.67

**Аллаяров Альберт Фархатович,  
Мерзляков Евгений Леонидович**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РФМТ 5192

Научный руководитель **Гришин Сергей Николаевич**, д-р биол. наук,  
профессор кафедры радиофотоники и микроволновых технологий  
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

## **ПОТЕНЦИАТОР СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ**

*Аннотация.* В рамках проводимых исследований авторами было установлено, что вызванные действием эффективных эндогенных модуляторов мионевральной передачи – пуринов (АТФ и аденозин) изменения амплитуды многоквантовых постсинаптических ответов прямопропорциональны снижению силы сокращения скелетной мышцы.

*Ключевые слова:* потенциация, снижение силы сокращения, пурины.

*Abstract.* As part of the ongoing research we have found that due to effective action of endogenous modulators of neuromuscular transmission – purines (ATP and adenosine) changes in the amplitude mnogokvantovye postsynaptic responses of professional decrease the force of contraction of skeletal muscle.

*Keywords:* potentiation, a decrease in the force of contraction, purines.

В «Приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники РФ» немалое место занимает проблема потенциации мышечной силы военных, космонавтов, спортсменов и др.

Ранее нами было установлено, что вызванные действием эффективных эндогенных модуляторов мионевральной передачи – пуринов (АТФ и аденозин) изменения амплитуды многоквантовых постсинаптических ответов прямопропорциональны снижению силы сокращения скелетной мышцы [Grishin & Ziganshin, 2013]. Известно, что запускающий сокращение потенциал действия мембраны мышечного волокна подчиняется закону «все или ничего», но инициирующий его при не прямой стимуляции постсинаптический потенциал градуален. Он зависит, как мы это показали, от аддитивного ингибиторного действия пуринов, и его в норме, видимо, становится недостаточно для получения потенциала действия в окружающих концевую пластинку участках мембраны большего числа (до двух третей) мышечных фазных волокон.

Нами исследован механизм пресинаптического ингибиторного действия по принципу отрицательной обратной связи пуринов, зарегистрировано увеличение силы сокращения скелетной мышцы в присут-

ствии неселективного блокатора рецепторов АТФ. Мы вплотную подошли к выявлению подтипа пресинаптического рецептора, через который АТФ осуществляет свое ингибиторное действие.

Известно, что пуриновые препараты только-только вводятся в фармакологическую практику и все они пока относятся лишь к группе антиагрегантов. С другой стороны, современные эффективные противоишемические препараты дороги и подпадают под требования импортозамещения.

В связи с этим **целью** настоящей работы мы избрали выявление эффективного специфического противоишемического средства на основе антагониста именно того подтипа пуринорецептора, через который осуществляет свое ингибиторное действие эндогенная АТФ, в результате тонически снижая силу мышечного сокращения.

Для адресной доставки планируется упаковывать данный фармакологический агент в субмикронные капсулы. Исследования планируется проводить *in vivo* и *in vitro* на крысах и свиньях, а также на иссеченной при полостных операциях мышечной ткани человека (с согласия оперируемых). Также запланированы иммуногистохимические исследования скелетной мышечной ткани.

Один из перспективных методов адресной доставки препаратов основан на включении их в субмикронные капсулы, которые, аккумулируясь в заданной области, растворяются, обеспечивая локальный ввод препарата. В связи с этим интерес представляет формирование таких капсул и исследования механизма адресной доставки препарата. В рамках работ, выполняемых в междисциплинарной лаборатории КНИТУ-КАИ проводятся исследования формирования тонких функциональных покрытий на поверхности различных субстратов, в частности субмикронных частиц.

Суть подхода заключается в том, что поверхность субстрата модифицируют за счет инициирования образования активных частиц (например, радикалов, анионов или катионов) в плазме газового разряда, зажигаемого в атмосфере, содержащей исходные вещества и газ-носитель. За счет этого на поверхности субстрата создают тонкую пленку материала, например полимерного, заданного химического состава.

Тип исходных веществ, а также газ-носитель выбирают таким образом, что за счет образования активных частиц (например, радикалов, анионов или катионов) повышают сечение осаждения частиц оболочки на субмикронные частицы.

За счет подбора типа разряда и его параметров возможно обеспечить определенную структуру пленки на поверхности субмикронной частицы, толщина которой порядка 100 нм.

Сформированные таким образом покрытия на поверхности субстрата обладают высокой адгезией к самому субстрату с одной стороны, а за счет подбора типов исходных материалов оболочки и параметров разряда достигаются требуемые физико-технические свойства покрытия. В частности, можно обеспечить формирование таких покрытий на поверхности субмикронных частиц, например, лекарственных препаратов, которые растворяются при температуре выше 37 градусов.

Нами выяснено, что в нервно-мышечном синапсе фазных мышц АТФ угнетает выброс медиатора, активируя метаболитные P2Y рецепторы. Активирующий импульс переходит через Gi/o подтип ГТФ-белка на РС-фосфолипазу C, а потом на протеинкиназу C.

Далее сигнализация проходит двумя параллельными путями: через производство перекиси водорода и через активацию фосфолипазы A2, производство арахидоновой кислоты и посредством циклооксигеназы синтез простагландина E2, блокирующего кальциевые каналы нервной терминали. В то время как пресинаптический ингибиторный эффект аденозина на амплитуду ТКП и силу сокращения скелетных мышц осуществляется посредством активации A1 аденозиновых рецепторов, сопряженных с А-типом калиевых каналов, и A2A рецепторов.

#### *Литература*

1. Гришин С.Н., Зиганшин А.У. Роль пуринов в нервно-мышечной передаче. Биологические мембраны // Журнал мембранной и клеточной биологии. 2013. Т. 30. № 4. С. 243-252.
2. Grishin S.N., Ziganshin A.U. Modulatory role of purines in neuromuscular transmission. Biochemistry (Moscow) Supplement. Series A: Membrane and Cell Biology. 2013. Т. 7. № 3. С. 183-191.
3. ATP but not adenosine inhibits nonquantal acetylcholine release at the mouse neuromuscular junction / A.V. Galkin, R.A. Giniatullin, M.R. Mukhtarov, S.N. Grishin, I. Svandova, F. Vyskocil // European Journal of Neuroscience. 2001. Т. 13. № 11. С. 2047-2053.
4. The influence of hypothermia on p2 receptor-mediated responses of frog skeletal muscle / A.U. Ziganshin, R.R. Kamaliev, S.N. Grishin, A.L. Zefirov, L.E. Ziganshina, G. Burnstock // European Journal of Pharmacology. 2005. Т. 509. № 2-3. С. 187-193.

**Аюпова Эльмира Шамилевна**,  
направление Радиотехника (аспирантура)  
Научный руководитель **Дедов Андрей Николаевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический  
университет», г. Йошкар-Ола*

## **ПОВЫШЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ**

Во внедрении сенсорных сетей заинтересованы многие отрасли и сферы деятельности (промышленность, транспорт, коммунальное хозяйство, охрана), число потребителей в этих сферах непрерывно увеличивается. Это обусловлено усложнением технологических процессов, развитием производства, необходимости контроля ресурсов.

С развитием микроэлектронных технологий появляются новые практические задачи и теоретические проблемы, связанные с применениями сенсорных сетей в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и др. В связи с этим задачи по снижению стоимости беспроводных решений, повышению качества и надежности связи при жестких ограничениях на потребляемую мощность остаются актуальными.

В настоящее время разработчики аппаратных и программных средств (Atmel, Freescale Semiconductor, Microchip, Nordic, NXP, Silicon Laboratories, ST Microelectronics, Texas Instruments) выпускают компоненты построения для беспроводных сенсорных сетей. Однако стоит признать, что предлагаемые решения далеко не самые эффективные.

Технологии, использующие принципы кодового разделения каналов, в наибольшей степени удовлетворяют решению поставленных задач, обеспечивая помехозащищенность, высокое качество передачи информации при одновременном снижении излучаемой мощности.

В существующих системах с кодовым разделением каналов используются ортогональные коды Уолша и M-последовательность или последовательности, имеющие хорошие свойства полной взаимной корреляции с M-последовательностями. Квазиортогональные последовательности можно сформировать из последовательностей Касами, последовательностей Голда и последовательностей Кердока.

В данном исследовании предлагаем использовать алгоритмы построения ансамбля дискретных сигналов на основе комплексных ортогональных кодов. Их принцип формирования заложен в работах, выполненных под руководством профессоров Я.А. Фурмана и А.Н. Леухи-

на. Элементы комплексного ортогонального кода могут быть определены следующим образом [1]:

$$A = [a_{ni}] = \exp(j \cdot \varphi_{ni}) = \cos(\varphi_{ni}) + j \sin(\varphi_{ni}), \quad j = \sqrt{-1},$$

$$\varphi_{ni} = \frac{2\pi}{K} \cdot n \cdot i, \quad n, i = 0, 1, \dots, K-1,$$

где  $A$  – ансамбль комплексных ортогональных кодов;  $K$  – размерность кода;  $n$  – порядковый номер кода в ансамбле,  $i$  – номер элемента комплексного ортогонального кода,  $a_{ni}$  –  $i$ -ый элемент  $n$ -ого кода;  $\varphi_{ni}$  – фаза  $i$ -ого элемента  $n$ -ого кода в ансамбле.

Комплексные ортогональные коды синтезированы в программном комплексе «MathCad 14» (рис. 1).

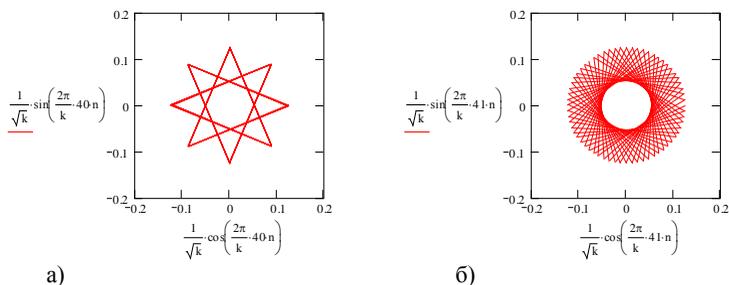


Рис. 1 – Синтезированные комплексные ортогональные коды с длиной кода  $N = 64$ : а) номер элемента комплексного ортогонального кода  $i = 40$ ; б)  $i = 41$

Комплексные ортогональные коды отвечают следующим условиям [2]:

- минимальное абсолютное значение полной взаимной корреляции  $Q_{\min}(N) = \sqrt{N}$ , которое теоретически может иметь комплексный ортогональный код с ортогональным кодом Уолша, где  $N$  длина кода (количество элементов кода);
- нулевое значение полной взаимной корреляции между комплексными ортогональными кодами;
- минимальное абсолютное значение частной взаимной корреляции  $Q_{\min}\left(\frac{N}{M}\right)$  между ортогональным кодом Уолша и комплексным ортогональным кодом, где  $M$  – число интервалов, на которых вычисляется частная взаимная корреляция;

- минимальное абсолютное значение частной взаимной корреляции между комплексными ортогональными кодами.

Для практического применения целесообразно использовать комплексные ортогональные коды с размерностью  $K \geq 64$ .

На рис. 2 представлена структурная схема устройства передачи данных на основе комплексных ортогональных кодов. Устройство может быть реализовано на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), например, ПЛИС «Spartan-3E» фирмы «Xilinx» [3].

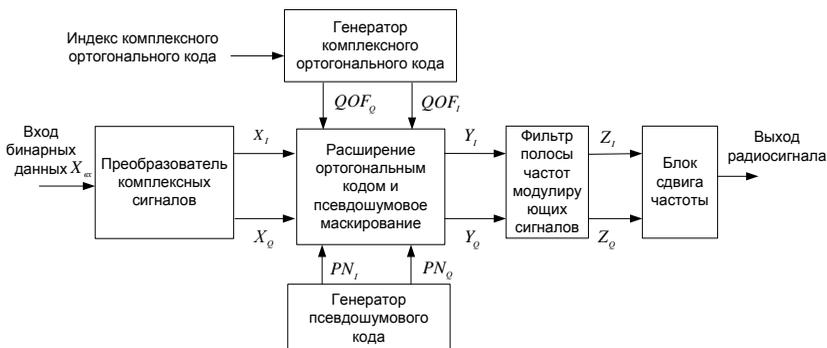


Рис. 2 – Структурная схема устройства передачи данных на основе комплексных ортогональных кодов

Применение комплексных ортогональных кодов позволяет снизить стоимость беспроводных решений, повысить качество и надежность связи при жестких ограничениях на потребляемую мощность и тем самым стать эффективным и качественным решением для создания беспроводных сенсорных сетей.

#### Литература

1. Пат. 91785 Российской Федерации МПК Н04В 1/69, Н04J 13/02, Н04L 5/12, Устройство формирования фазоманипулированных сигналов на основе комплексных ортогональных кодов/ Аюпова Э.Ш., Дедов А.Н. № 2214681; заявл.02.11.2009; опубл.20.02.2010, Бюл. № 6. 4 с.
2. Проблемы техники и технологии телекоммуникаций ПТ и ТТ-2014: материалы XV Международной научно-технической конференции. Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014: материалы XII Международной научно-технической конференции. Т.1.Казань, 18-21 ноября 2014 года. Казань: Изд-во Казан.гос.техн.ун-та, 2014. С. 339-341.
3. Spartan-3E FPGA Family Data Sheet [Электронный ресурс]. URL: <http://www.xilinx.com/support.html> (дата обращения: 10.11.2015).

УДК 621.317.335

**Баходуров Амирхон Усмонович,**

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

Научный руководитель **Попов Иван Иванович**, д-р физ.-мат. наук,

профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **ВОЛНООБРАЗНЫЕ ВАРИАЦИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ХЛОРИДА НАТРИЯ**

В данной работе сообщается об экспериментальных исследованиях вариации диэлектрической проницаемости в течение длительного периода, более одного месяца. Измерения проводились с помощью специальной конденсаторной ячейки, между обкладками которой помещался одно- или трехпроцентный водный раствор хлорида натрия.

При этом обкладки измерительной конденсаторной ячейки изолировались от раствора хлорида натрия с помощью фторопластовой пленки, тем самым исключалось влияние на исследуемые процессы ионной проводимости раствора. Вся конденсаторная ячейка помещалась в массивный стальной корпус, который не обеспечивал надежного экранирования с торцов конденсатора.

Диэлектрическая проницаемость определялась по показаниям измерения емкости измерительной ячейки, нормированным на показания емкости этой ячейки, полученные без раствора (с воздушным промежутком между обкладками конденсатора). Измерение емкости проводилось с помощью измерителя иммитанса E7-20. При постоянстве температуры раствора и отсутствии воздействия активных внешних помех относительная точность регистрации в течение 1 секунды составила не более 0,027%.

В выполненных экспериментах наблюдалось изменение диэлектрической проницаемости однопроцентного водного раствора хлорида натрия (далее – раствора хлорида натрия) в течение длительного времени. Измерения проводились в ячейке, закрепленной в полузакрытом металлическом корпусе как при отсутствии пермаллового экрана магнитного поля, так и при его наличии, как при отсутствии заземления корпуса ячейки и пермаллового экрана, так и при их заземлении. Проводились измерения как на уровне Земли, так и на высоте 20 м над уровнем Земли. Исследовалось изменение диэлектрической проницаемости от концентрации раствора хлорида натрия.

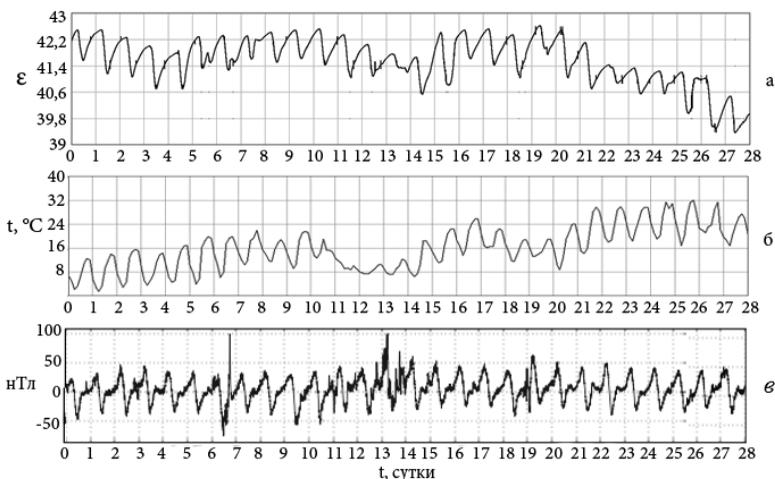


Рис. 1 – **Вариации:** а) диэлектрической проницаемости 1%-го раствора NaCl, находящегося в неотапливаемом помещении (Йошкар-Ола, ПГТУ); б) график изменения температуры воздуха в открытом пространстве; в) график изменения магнитного поля Земли (Москва, ИЗМИРАН)

В результате выполненных экспериментальных исследований к нашему удивлению, установлены следующие факты. Первый факт приведен на рис. 1 с результатами наблюдения диэлектрической проницаемости раствора хлорида в течение 28 дней. Полученные результаты сопоставлялись с вариациям магнитного поля Земли (по данным ИЗМИРАН, Москва) в те же дни.

Из полученной временной зависимости диэлектрической проницаемости раствора хлорида натрия следует:

1) вариации диэлектрической проницаемости имеют периодически повторяющуюся волновую форму;

2) ее периодичность совпадает с вариацией магнитного поля Земли, что может соответствовать наличию общей причины вариаций этих двух величин. Отличие заключалось в том, что амплитуда вариаций магнитного поля Земли и их постоянная составляющая (среднее значение) существенно не менялась, в то время как на диэлектрической проницаемости наблюдалось изменение среднего значения до 1,7% в виде 3 максимумов и 3 минимумов;

3) характер изменения диэлектрической проницаемости раствора, находящегося внутри неотапливаемого помещения, не совпадает с характером изменения температуры воздуха в открытом пространстве, что

позволяет сделать выводы о влиянии на значение диэлектрической проницаемости исследуемого раствора каких-либо процессов, связанных со стохастическим резонансом [1-3]; возможно, эти результаты окажутся информативными при поиске сверхчувствительных методов для регистрации гравитационного воздействия.

Второй факт заключался в скачкообразном уменьшении среднего значения диэлектрической проницаемости и увеличении амплитуды ее вариаций во время помещения измерительной ячейки в пермалоевый экран. Из анализа данных, представленных на рис. 2, следует, что среднее значение диэлектрической проницаемости уменьшается с 39,5 до 34,5, то есть на 12,7%. Наибольший перепад вариации диэлектрической проницаемости при этом, напротив, увеличился с 1,4 до 1,8 – на 28,6%.

Третий факт, показанный на рис.2, наблюдался при заземлении корпуса ячейки и пермалоевого экрана (то есть, обеспечении экранирования от внешнего электрического поля), когда наблюдалось дополнительное уменьшение среднего значения диэлектрической проницаемости с 34 до 27,8 – на 18% и, наоборот, увеличение амплитуды ее вариаций с 1,8 до 2,4 – на 33%. Это свидетельствует, что воздействие, приводящее к возрастанию амплитуды суточных вариаций диэлектрической проницаемости, является конкурирующим с воздействием электрического поля на величину диэлектрической проницаемости раствора хлорида натрия. Достоверность данного факта будет установлена только после оценки влияния паразитных емкостей.

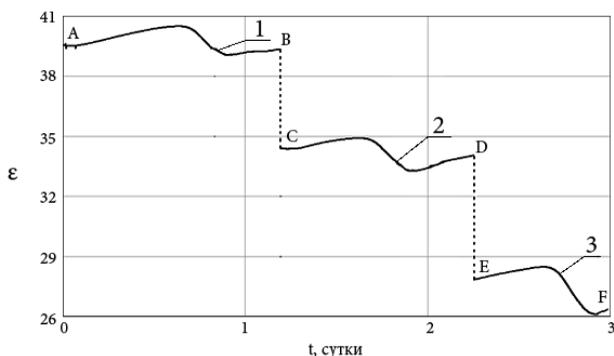


Рис. 2 – Кривая АВ (1) – диэлектрическая проницаемость при незаземленном корпусе; кривая CD (2) – диэлектрическая проницаемость при заземленном магнитном экране; кривая EF (3) – диэлектрическая проницаемость при заземленных магнитном экране и корпусе

## **Выводы**

Полученные результаты свидетельствуют об информативности волнообразных вариаций диэлектрической проницаемости водного раствора хлорида натрия при изучении механизмов возникновения стохастических резонансов в подобных средах.

## *Литература*

1. Игнатов И., Мосин О.В., Великов Б. Математические модели, описывающие структуру воды [Электронный ресурс] // Наукоедение: Интернет-журнал 2013. №3. 25 с. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/04tvn313.pdf>, свободный.
2. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. 2006. Том 47 (Прил.). С. 5–35.
3. Бушуев Ю.Г., Давлетбаева С.В., Королев В.П. Структурные свойства жидкой воды // Известия РАН. Сер. Химич. 1999. №5. С. 841–851.
4. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды / В.В. Гончарук, В.Н. Смирнов, А.В. Сыроешкин, В.В. Маляренко // Химия и технология воды. 2007. Т. 29, № 1. С. 3–17.
5. Ding Y., Hassanali Ali A., Parrinello M. Anomalous water diffusion in salt solutions // Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America. 2014. Vol. 111. P. 3310-3315. DOI: 10.1073/pnas.1400675111
6. Бернал Дж., Фаулер Р. Структура воды и ионных растворов // Успехи физических наук. 1934. Т. 14, № 5. С. 587–644.

УДК 003.26, 004.056.5

**Башмаков Даниил Андреевич, Сивачев Алексей Вячеславович**  
направление Методы и системы защиты информации, информационная  
безопасность (аспирантура), гр. 7108

Научный руководитель **Коробейников Анатолий Григорьевич**, д-р техн. наук,  
профессор кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем  
*ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский национальный исследовательский  
университет информационных технологий, механики и оптики,  
г. Санкт-Петербург*

## **АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЭГОВЫХ СТРОК КАК КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ВСТРАИВАНИЯ**

### **Область исследования**

Стеганография – наука о скрытой передаче данных с сокрытием факта передачи. Являясь одной из наиболее быстро развивающихся наук современности, стеганография с каждым годом охватывает новые области.

Вместе с поиском и улучшением способов встраивания в традиционные медиа-контейнеры (такие, как неподвижные изображения, видео и звук) также актуальна задача применения методов стеганографии к новым типам контейнеров и в новых контекстах их использования.

Тэг, хештэг (от англ. tag – ярлык) – слово, характеризующее тематику передаваемого сообщения в социальных сетях, средствах обмена мгновенными сообщениями и прочих подобных средствах общения и публикации в сети Интернет. Тэговая строка – набор тэгов, применяемых к одному сообщению. В последние несколько лет тэги получили широкое распространение, прочно закрепившись в сообщениях в таких крупных системах общения, как Twitter, Facebook и YouTube [1]. Являясь удобным средством классификации и поиска сообщений, тэги также перспективны в качестве стеганографического контейнера.

### **Предмет и задачи исследования**

*Предмет исследования* – статистические и принципиальные особенности тэговых строк, позволяющие сделать выводы о применимости тех или иных методов стеганографического встраивания.

*Цель* – выделить наиболее значимые особенности тэговых строк, определить перспективные направления разработки методов стеганографического встраивания в них.

*Задачи:*

- анализ первоисточников в области текстовой и протокольной стеганографии;
- определение платформы для получения выборки тэговых строк и сопутствующих текстовых сообщений, формирование выборки;
- оценка статистических особенностей тэговых строк, сравнение с таковыми естественного текста;
- вывод о перспективных направлениях разработки методов стеганографического встраивания в тэговые строки.

### **Обоснование перспективности**

Основопологающее условие применения методов стеганографии – отсутствие подозрительного контейнера, обеспечивающее сокрытие факта передачи скрытого сообщения. Получившие широкое распространение тэги уже давно не воспринимаются читателями как экзотика и не привлекают внимания, являясь привычной частью переписки и публикаций.

Тем не менее, тэги отличаются от обычного текста сообщения следующими свойствами.

- *Сниженный объём* – сообщение, вне зависимости от своей длины, сопровождается несколькими тэгами, то есть, несколькими словами.

- *Отсутствие синтаксической связности тэгов* – в отличие от естественного текста, слова в котором согласованы по падежам, числам, временам и другим грамматическим категориям, тэговая строка представляет собой набор слов, связанных между собой контекстуально, но не синтаксически.

- *Слабая контекстуальная связь* – каждый тэг одной тэговой строки могут отражать отдельный и независимый аспект темы сообщения. Таким образом, предметные области, которым принадлежат тэги, могут быть абсолютно не связаны между собой.

- *Возможность синонимической замены тэгов* – отражая наиболее общий тематический аспект сообщения, тэг может быть представлен одним из широкого набора синонимов, выражающих общее понятие.

Одним из наибольших препятствий к стеганографическому встраиванию в естественный текст является синтаксическая связность текста вместе с его малой избыточностью (по сравнению с прочими традиционными стеганографическими контейнерами) [2]. Это ограничивает допустимое воздействие на текст, сводя предельную полезную нагрузку к минимуму. Отсутствие синтаксической связности тэгов является самым перспективным их свойством, позволяющим рассматривать принципиально новые методы встраивания, недоступные для естественного текста.

### **Методы исследования**

В качестве метода исследования выбран статистический анализ выборки данных, полученной с помощью сервисов Twitter. Twitter является одним из наибольших мест распространения тэгов, представляя удобный материал для анализа свойств тэговых строк на больших выборках.

Анализ первоисточников проведён с целью определить основные проблемы текстовой стеганографии, которых можно избежать (или уменьшить их влияние) за счёт особенностей тэговых строк.

### **Проводимые исследования**

Для исследования была сформирована выборка тэговых строк объёмом 1000000 тэгов. Также в выборку включены сопутствующие сообщения. В выборку включены только тэговые строки длиннее 3 тэгов.

Для оценки синтаксической связности текста использован метод цепей Маркова высших порядков и матриц распределения вероятности. Этот метод относится к наиболее общим методам оценки локальной связности данных при оценке их способности служить стеганоконтейнером. Он применяется как к графическим данным, так и к текстовым, в том числе, успешно применён ранее при оценке синтаксической связности текстов на платформе Twitter [3, 4].

## **Результат исследования**

Малая синтаксическая связность тэговых строк, вкупе со слабой контекстуальной связью, позволяет при встраивании в тэговые строки использовать как методы модификации существующих тэгов в строке, так и набирать тэговую строку по правилам, обеспечивающим сокрытие в ней информации из заранее составленных словарей, опираясь на данные об общей тематике сопровождающего сообщения.

Все вышеизложенное открывает широкие возможности для разработки методов стеганографии на тэговых строках с генерацией контейнера.

За счёт максимального использования характеристик генерируемого текста методы с генерацией контейнера позволят достичь большей эффективности встраивания в тэговые строки, чем методы модификации заданного контейнера.

## **Новизна**

В силу новизны тэговых строк как потенциальных контейнеров для стеганографии ранее этот вопрос научным сообществом не исследовался. Рассмотрение тэговых строк как стеганоконтейнеров и оценка их релевантных задаче статистических особенностей проводится впервые.

## **Практическое применение**

Полученный результат может быть применён при разработке методов встраивания в тэговые строки и при последующей разработке систем стеганографического встраивания на их основе.

## *Литература*

1. Cunha E., Mango G. et al. Analyzing the dynamic evolution of hashtags on Twitter: a language-based approach. Proceeding, LSM '11 Proceedings of the Workshop on Languages in Social Media. Association for Computational Linguistics, USA, 2011. Pp. 58-65.
2. Bennett K. Linguistic Steganography: Survey, Analysis, and Robustness Concerns for Hiding Information in Text. Center for Education and Research in Information Assurance and Security, USA, 2004.
3. Sun Y., Niu D. et al. Optimized LSB Matching Steganography Based on Fisher Information. Journal of Multimedia, vol. 7, No 4 (2012). Pp. 295-302.
4. Wilson A., Blunsom P., Ker A.D. Linguistic Steganography on Twitter: Hierarchical Language Modelling with Manual Interaction. Proc. SPIE 9028, Media Watermarking, Security, and Forensics 2014.

**Вашурин Никита Сергеевич,**

направление Электроника и наноэлектроника, гр. ЭИм-11  
Научный руководитель **Попов Иван Иванович**, д-р физ.-мат. наук, профессор  
кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры  
ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола

## **ОСОБЕННОСТИ ЭХО-СПЕКТРОСКОПИИ ТОНКИХ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК**

В работе обсуждаются особенности регистрации сигналов фотонного эха в пленках оксида цинка наноразмерной толщины на свободных экситах в режиме двухфотонного возбуждения при комнатной температуре при рассеянии части его энергии на безызлучательном фононном переходе и приложение свойств регистрируемых сигналов фотонного эха (ФЭ) к контролю параметров тонких полупроводниковых пленок.

Одной из проблем осуществления экспериментов по наблюдению ФЭ при комнатной температуре является время релаксации резонансных сред от сотен фемтосекунд до единиц пикосекунд. При таких временах релаксации среды для формирования ФЭ необходимы возбуждающие лазерные импульсы длительностью не более десятков фемтосекунд. В то же время фемтосекундные лазеры с большой спектральной плотностью энергии, достаточной для наблюдения ФЭ, работают в ИК диапазоне.

В качестве *объекта исследования* в данной работе выбраны тонкие пленки оксида цинка (ZnO) толщиной 600 нм, а также трехслойная структура толщиной 300 нм на основе пленок оксида цинка и двух слоев кремния, легированных фосфором Si(P) и бором Si(B). Исследуемые пленки получены методом вакуумного магнетронного распыления. В последнее время отмечен повышенный интерес к исследованию свойств структур на основе ZnO покрытий. Интерес к неэпитаксиальным ZnO-пленочным структурам связан также с возможностью их использования в тонкопленочных солнечных элементах в качестве прозрачных проводящих и буферных слоев [1-3]. В противоположность разработанным методам эпитаксиального наращивания ZnO-слоев на ориентирующих кристаллических подложках, технология реактивного магнетронного распыления представляет собой относительно простой и дешевый метод для осаждения на прозрачных стеклянных подложках кристаллических ZnO-пленочных покрытий высокого оптического качества.

Особенностью поликристаллических структур в виде тонких пленок является изменение их оптических свойств, по сравнению со свойствами, которые проявляются в монокристалле. Одним из таких установленных нами свойств является уменьшение однородной ширины  $\gamma^{(1)}$ . Этот результат получен на основе регистрации зависимости затухания интенсивности стимулированного фотонного эха (СФЭ) при увеличении временного интервала между возбуждающими импульсами. В эксперименте снимались кривые спада интенсивности сигнала СФЭ при увеличении временного интервала между возбуждающими импульсами для пленок ZnO толщиной в 100 нм, 800 нм и 2400 нм. По точкам снятых с кривой на участке, соответствующем нулевому значению сигнала самодифракции (СД), определялось значение однородной ширины  $\gamma^{(1)}$  резонансной спектральной линии пленки. Для пленки толщиной 100 нм величина  $\gamma^{(1)}$  составила 1,254 ТГц, для пленки 800 нм – 0,49 ТГц, а для пленки 2400 нм – 0,49 ТГц. То есть величина  $\gamma^{(1)}$  в тонких пленках наноразмерной толщины уменьшается по мере уменьшения толщины пленки. При анализе сигналов первичного фотонного эха возбуждаемого в пленке толщиной 600 нм наибольшая мощность эхо-сигнала составила  $1,2 \cdot 10^{-6}$  Вт, для 800 нм –  $4,3 \cdot 10^{-6}$  Вт. Отсюда следует, что по мере увеличения толщины пленки от 600 нм до 800 нм мощность эхо-сигнала возрастает в 3,6 раза. Увеличение интенсивности сигнала ПФЭ в пленке толщиной 800 нм по сравнению с пленкой в 600 нм подтверждается результатами рентгенодифракционного анализа [4,5] о соответственном увеличении в 1,8 раза степени кристалличности пленки. Таким образом, сравнивая результаты измерения интенсивности ПФЭ для этих двух образцов пленки, можно оценить степень кристаллизации пленки в направлении, ортогональном ее поверхности. Применяя технологию управления размерами кристаллитов, реализованную для тонких пленок Cu, можно получить пленки ZnO с различными размерами и плотностью упаковки кристаллитов на плоскости.

#### *Литература*

1. Jeong W.-J., Park G.-C. Electrical and Optical Properties of ZnO Thin Film as a Function of Deposition Parameters // Sol. Energy Mater. Sol. Cells. 2001. №65. PP. 37-45.
2. Characterization of polycrystalline Cu(In,Ga)Te<sub>2</sub> thin films prepared by pulsed laser deposition / V.F. Gremenok, R.W. Martin, I.V. Bodnar, M.V. Yakushev, W. Schmitz, K. Bente, I. Martil, F.L. Martinez, E.P. Zaretskaya, I.A. Victorov, O.V. Ermakov, C.A. Faunce, R.D. Pilkington, A.E. Hill, R.D. Tomlinson // Thin Solid Films, 2001. V. 394(1-2). P. 23-28.
3. Photosensitive Properties of CuIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Te<sub>2</sub>/n-InSe Structures / E.P. Zaretskaya, V.F. Gremenok, Y. V. Rud', V.Y. Rud', I.V. Bodnar, K. Bente, W. Schmitz,

I.A. Victorov, R.N. Bekimbetov, G. Kommichau // Solid State Phenomena. 2001. Vols. 80-81. Pp. 293-298

4. Тонкие пленки как наноструктурированные системы: Наноматериалы. 4. 2008. 254 с.

5. Чернов А.А. Теория устойчивости гранных форм роста кристаллов // Кристаллография. 1971. Т. 16. Вып. 4. С. 842-863.

УДК 504.06

**Вихрева Дарья Владимировна**

СПО «Колледж информационных технологий», гр. 4435

**Ктомас Борис Григорьевич**, ст. преподаватель кафедры компьютерных систем  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань*

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ МОНИТОРИНГОМ НА БАЗЕ ГП LabVIEW**

Системы мониторинга природных и технологических сред и экосистем включают в себя средства наблюдения: экологического качества воздушной среды, экологического состояния поверхностных вод и водных экосистем, экологического состояния геологической среды и наземных экосистем.

Технологии единого экологического мониторинга (ЕЭМ) охватывают разработку и использование средств, систем и методов наблюдений, оценки и выработки рекомендаций и управляющего воздействия в природно-техногенной сфере, прогнозы её эволюции, энерго-экологические и технологические характеристики производственной сферы, медико-биологические и санитарно-гигиенические условия существования человека и биоты. Комплексность экологических проблем, их многоаспектность, теснейшая связь с ключевыми отраслями экономики, обороны и обеспечением защиты здоровья и благополучия населения требуют единого системного подхода к решению проблемы.

Структуру единого экологического мониторинга можно представить сферами получения, обработки и отображения информации, сферами оценки ситуации и принятия решений.

Структурными звеньями любой системы ЕЭМ являются:

- измерительная система;
- информационная система, включающая в себя базы и банки данных правовой, медико-биологической, санитарно-гигиенической, технико-экономической направленности;
- системы моделирования и оптимизации промышленных объектов;

- системы восстановления и прогноза полей экологических и метеорологических факторов;
- система принятия решений.

Построение измерительного комплекса систем ЕЭМ основывается на использовании точечного и интегрального методов измерений.

Получение информации обеспечивается тремя группами приборов, измеряющими:

- ✓ метеорологические характеристики (скорость и направление ветра, температуру, давление, влажность атмосферного воздуха и пр.);
- ✓ фоновые концентрации вредных веществ;
- ✓ концентрации загрязняющих веществ вблизи источников загрязнения окружающей среды.

Использование в измерительном комплексе современных контроллеров, решающих вопросы сбора информации с датчиков, первичной обработки и передачи информации потребителю с помощью модемной телефонной и радиосвязи или по компьютерным сетям, значительно повышает оперативность системы.

Предлагаемая автоматическая система мониторинга построена на базе виртуальных приборов с использованием платы сбора и преобразования данных PCI-1710L и обеспечивает мониторинг экологических параметров с помощью 16 датчиков различного назначения, а также автоматическое управление параметром с помощью интерактивной обратной связи в среде ГП LabVIEW. Система позволяет обойтись без применения дорогостоящих прецизионных измерительных приборов и исключает влияние «человеческого фактора» в критических ситуациях.

Система может быть использована для создания автоматической системы управления качеством экологических параметров предприятия.

#### *Литература*

1. Алексеев Н.Г., Прохоров В. А., Чмутов К.В., Современные электронные приборы и схемы в физико-химическом исследовании. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 2009.
2. Охрана окружающей среды / С.В. Белов и др. М.: Высшая школа, 2012.
3. Горшков Б.И., Радиоэлектронные устройства: справочник. М.: Радио и связь, 1984.
4. Коваленко П.Н., Багдасаров К. Н., Физико-химические методы анализа. Ростов: Изд. Ростовского университета, 2008.
5. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О. П., Аналоговая и цифровая электроника: учебник для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2000.
6. Хеммис Г. Методы исследования быстрых реакций: пер. с англ. М.: Мир, 1977. 720 с.

**Воронцов Дмитрий Александрович,**

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

Научный руководитель **Попов Иван Иванович**, д-р физ.-мат. наук,  
профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры  
ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА СПОРТИВНОГО МЕТАТЕЛЬНОГО СНАРЯДА**

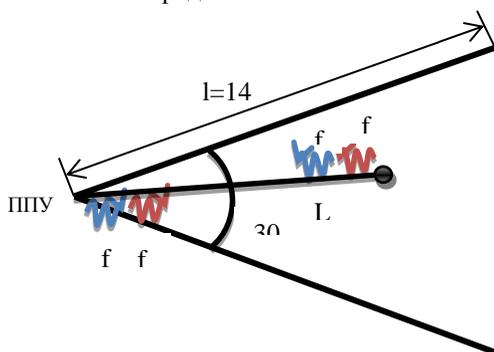
На сегодняшний день актуальность данной темы обусловлена необходимостью повышения надежности и достоверности результатов метания спортивных снарядов. Система необходима для решения современных задач по обеспечению надежности и достоверности судейства при сдаче норм вновь введенного комплекса ГТО в метании спортивного снаряда через полную автоматизацию процесса судейства, а также исключения фальсификации результата и судейских ошибок [1].

С внедрением данного метода будут исключены фальсификации результатов и судейские ошибки за счет полной автоматизации судейства. Увеличится пропускная способность участников от 40 до 600 участников в сутки. Экономия средств на заработной плате судей составит не менее 50 тыс. руб. в месяц. Будет обеспечена высокая точность регистрации результата (до 1 мм), что превосходит значения, которые существуют в спорте высоких достижении. Электронное протоколирование информации исключит возникновение спорных ситуаций.

Впервые для регистрации дальности полета спортивного метательного снаряда применен высокоточный метод фазовой радиодальнометрии с автоматической регистрацией результата метания. Предлагаемый на рынок продукт будет содержать метательный снаряд в виде металлической гранаты, со встроенной в нее электронной схемой, электронный блок управления, связанный по сети Wi-Fi с персональным компьютером.

Принцип заключается в следующем. На линии старта находится двухчастотный СВЧ-генератор и ППУ, которое по команде судьи, излучает во все стороны две, близкие по значению, частоты  $f_1$  и  $f_2$ , длины волн которых отличаются на 0,8 мм. В метательном снаряде устанавливаются ППМ и аккумулятор, подключающийся к нему через датчик удара. В момент касания снарядом земли в нем срабатывает датчик удара и ППМ принимает частоты, идущие от линии старта, и переизлучает их в обратную сторону. В блоке управления вырабатываются биения по разности фаз этих двух частот, накопившейся за время прохож-

дения электромагнитного излучения от линии старта до места падения и обратно. Путем деления регистрируемой разности фаз на величину, равную разности периодов этих частот вычисляется количество длин волн излучения, уложившихся в измеряемую дистанцию. Перемножая это количество волн на длину волны одной из частот, определяют длину пути пройденного излучения, равную удвоенному значению дальности полета метательного снаряда.



**Поле для метания спортивных снарядов**

Все это позволит получить следующие практические результаты:

- устройство будет применяться в центрах тестирования комплекса ГТО во всех регионах РФ;
- высокое быстродействие увеличит пропускную способность участников соревнований;
- высокая точность (до 1 мм) и автоматическое электронное протоколирование информации исключает возникновение спорных ситуаций;
- внедренный метод позволит заменить судей, вручную измеряющих дальность, и вследствие этого сэкономит сумму заработной платы этих судей;
- появится возможность обеспечить высокую точность регистрации результата (до 1 мм), превосходящую значения существующих мировых аналогов (рулетки и лазерных дальномеров) в спорте высоких достижений.

Полученное техническое решение окажет решающее значение на совершенствование не только ГТО, но и спортивного оборудования, а также повышение качества судейства в метательных видах спорта.

Гарантия коммерциализации «АКС-метание» обеспечивается спросом на передовые научно-технические и методические разработки комплекса ГТО, вводимого по Указу Президента России В.В. Путина.

### *Литература*

Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне» (ГТО) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.minsport.gov.ru/sport/physical-culture/fiz-rapapk/4384/>

УДК 621.382:61.001.8

**Вохмянина Любовь Вячеславовна,**

направление Конструирование и технология электронных средств  
(бакалавриат), гр. ЭВС-41

Научные руководители: **Буканова Татьяна Сергеевна**, канд. техн. наук;

**Алиев Марат Туфикович**, канд. техн. наук, доцент

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

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ МЕТЕОСИСТЕМЫ**

В настоящее время в связи с интенсивным изменением климатических условий оперативное получение достоверной информации является необходимым условием для точного прогнозирования и анализа климатических явлений для своевременного принятия мер безопасности.

Большинство метеорологических величин являются скалярными, но кроме скалярных имеются векторные, например, ветер, который характеризуется направлением и скоростью. Поле ветра – это пространственное распределение ветра, т.е. скорости движения воздуха, рассматриваемой как векторная величина. В каждой точке поле ветра характеризуется числовой величиной и направлением вектора скорости или величинами проекций этого вектора на оси координат [1]. Построение полей скоростей перемещения воздушных масс является одной из важнейших задач мониторинга [2]. Оперативное получение достоверных данных служит необходимым условием для моделирования изменений направления ветра глобального масштаба. Анализ состояния метеорологических полей, в свою очередь, является основной задачей синоптического анализа. Для синоптика важно выявить причины, приводящие к изменению этих полей в пространстве и времени, уловить тенденцию их развития [3].

В настоящее время известны метеосистемы: автономная IP/GSM/GPRS интернет-метеостанция, профессиональная метеостанция Oregon Scientific WMR180/200/300, тактическая система метеонаблюдений Vaisala MAWS201M, которые наиболее близки к разработанной мобильной метеосистеме. Они имеют следующие недостатки: сложность конструкции, применение датчиков не распространенных (не актуальных) в использовании.

Мобильная метеосистема состоит из конструкции решетки в виде полуцилиндра (рис. 1). На конструкции решетки расположены первичные преобразователи (отмечены точками) на одинаковом расстоянии  $\delta$  друг от друга.

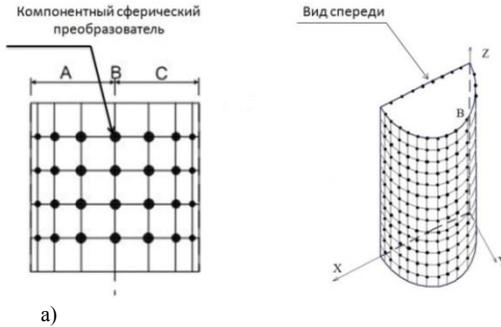


Рис. 1 – Конструкция полуцилиндрической решетки для измерения климатических параметров: а) вид спереди; б) изометрия

На решетке расположена группа первичных преобразователей, каждый из которых смещается под углом  $\alpha$  (рис.2). Осуществляется смещение установки термочувствительного элемента на угол  $\alpha=5^\circ$ . Можно взять меньшее количество первичных преобразователей, но в таком случае это повлияет на точность измерений, как и выход из строя одного из первичных преобразователей, мобильная система продолжит работать.

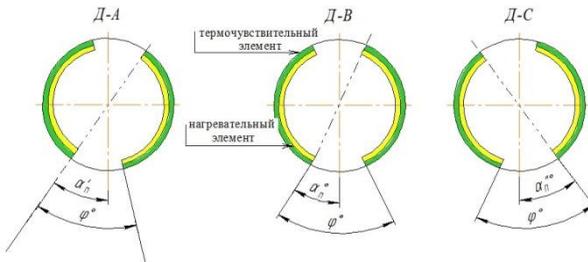


Рис. 2 – Упрощенная схема сферического первичного преобразователя

Их зональное распределение (на рис. 1 A, B, C) определяет направление ветра, и система использует зоны с задействованными первичными преобразователями. Сами первичные преобразователи выполнены в виде сферы (рис. 3), которая имеет два элемента: термочувствительный и нагревательный. Термочувствительный элемент расположен в двух противоположных областях сферы, а нагревательный – под ним.

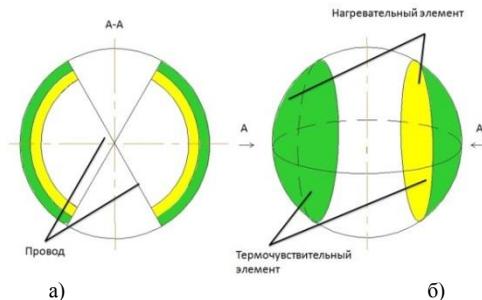


Рис. 3 – **Первичный преобразователь**: а) сечение сферы; б) главный вид

Разработанная мобильная система измеряет следующие технические параметры:

- 1) направление ветра. С помощью разницы температуры на нагревательном и термочувствительном элементе (где быстрее охладится);
- 2) скорость ветра;
- 3) температура воздуха;
- 4) относительная влажность (с помощью точки росы).

Для реализации измерения предлагается структура мобильной метеосистемы (рис. 4). Мобильная система оценки комплекса климатических параметров состоит из следующих основных блоков: сама решетка с термочувствительными и нагревательными элементами, блок управления нагревательными элементами, блок АЦП, блок синхронизации, вычислитель, блок хранения оперативных данных, блок управления, блок формирования даты и времени, блок индикации, интерфейс связи, блок формирования беспроводной связи, блок индикации, интерфейс связи, блок формирования беспроводной связи, блок хранения данных, блок формирования беспроводной связи, блок индикации, интерфейс связи, блок формирования беспроводной связи.

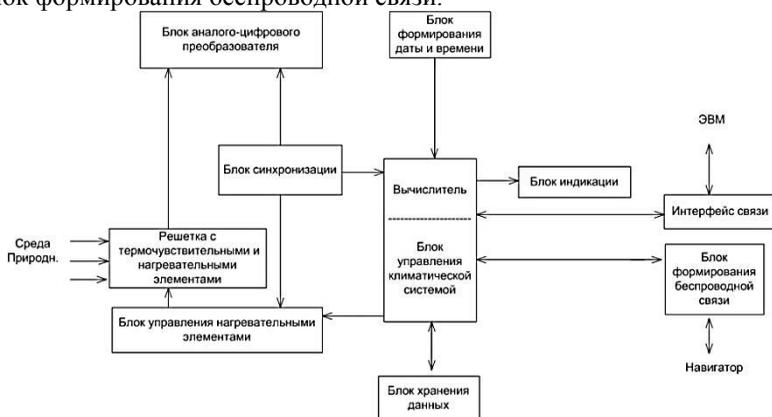


Рис. 4 – Структурная схема мобильной метеосистемы

Мобильная система имеет преимущества перед аналогами:

1. Получение в полевых условиях достоверной информации о метеорологических параметрах природной среды.
2. Мобильная система осуществляет измерение, обработку и выдачу отчетов с данными о скорости и направлении ветра, температуре воздуха, относительной влажности (точке росы).
3. Экономичная, переносная автоматическая метеостанция.
4. Надежность и точность, достигаемые за счет встроенной системы диагностики, прогнозирования и оригинальной конструкции решетки с термочувствительными элементами.

#### *Литература*

1. Хромов С. П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 569 с.
2. Патент РФ № 2011129448/28, 15.07.2011.
3. Мальцев И.Л., Савиных А.Б., Стешина Л.А. Устройство для измерения скорости и направления потока в трехмерном пространстве // Патент России №110495.2011. Бюл. № 32.
4. Мальцев И.Л., Савиных А.Б. Структура измерительного преобразователя направления вектора в трехмерном пространстве для потоков газа и жидкости // Вестник МарГТУ. 2010. № 1. С. 82-87.

УДК 621.396.9

**Гарифуллина Анастасия Владимировна,**

направление ЭВС (бакалавриат), гр. ЭВС-41

Научный руководитель **Рябов Игорь Владимирович,** д-р техн. наук,  
профессор кафедры ПиПЭВС

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

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ В АППАРАТУРЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ПРЯМОЙ И НЕПРЯМОЙ ЛИНИЯМИ ВИДИМОСТИ СПУТНИКОВ**

**Введение.** Глобальные навигационные спутниковые системы определяют местоположение, скорость и точное время. Однако существенным фактором, влияющим на точность работы наземного навигационного оборудования, является количество видимых на небосклоне спутников. Для гарантированной работы GPS необходимо открытое про-

странство, когда в поле зрения находится максимальное число спутников и отсутствуют отраженные сигналы. При наличии различных затенений радиовидимости, которые характерны для условий применения на наземном транспорте, а особенно в условиях современного городского ландшафта, возможности точного позиционирования значительно ухудшаются. Количество видимых спутников одной системы может быть недостаточным для решения навигационной задачи с требуемой точностью, и само решение часто становится невозможным. Характерным примером является работа навигационного приемника вблизи стены дома, когда физически половина небосвода закрыта. Для таких условий необходимо выполнение дополнительных алгоритмов повышения точности работы навигационных устройств.

**Цель исследования** – разработать алгоритм поиска решений навигационной задачи в затененной области на основе сопоставления принятых сигналов с 3d картой и выполнить его физическую реализацию для обработки сигналов GLN+GPS в условиях городского ландшафта. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- разработать способ поиска начального решения для метода сопоставления с картой местности;
- разработать способ разделения затененной области на сетку, узлами которой являются кандидаты в решение навигационной задачи, с различным шагом узлов; определить оптимальные параметры шага по отношению скорость расчета и точность определения;
- разработать структуру информационно-измерительного средства, способного исполнять модифицированный алгоритм сопоставления с картой.

В настоящее время существующие методы для решения при ограниченной ЛПВ (линии прямой видимости) в городских районах базируются на вычислении прямого пути между несколькими известными точками (метод счисления пути) или сопоставления с картой – в тех местах, где сигналы спутников слабы или вовсе отсутствуют. Однако данные решения в большинстве случаев являются заметно грубыми при отсутствии сигналов на ЛПВ. В таких условиях решающее большинство ГНСС устройств становятся бесполезными и неспособными обеспечить заданную точность решения НЗ.

Для решения в подобных условиях Бен-Моше, Элкин, Леви и Вейзман предложили в 2011 году способ, который базируется на двух концепциях. Во-первых, в отличие от существующих решений, которые полагаются на информацию, прямо не соотносящуюся с проблемой прямой видимости (например, скорость транспортного средства, положение дороги), они решают проблему определения местоположения по имею-

щимся слабым сигналам от ЛПВ с помощью ЛПВ-алгоритмов. Во-вторых, в данном способе учитываются сигналы от спутников в пределах НЛВ, обусловленные многолучевостью. Имея данную информацию, навигационный процессор получает вероятную зону нахождения приемника, совмещая зоны, получаемые с помощью слабых навигационных сигналов, и карты области, в которой предположительно находится приемник. Таким образом, они получают зону, в которой приемник может находиться с определенной долей вероятности. При этом уменьшается область ошибки.

В 2013 году И.В. Рябов, С.В. Толмачев и Д.А. Чернов выполнили модификацию алгоритма работы с 3D картой местоположения и данными от спутников ГНСС. Данный алгоритм работы в затененных условиях имеет две фазы: автономный этап (подготовительный этап) и онлайн фазу.

*Автономный этап* заключается в формировании сетки вероятностных границ положения. Для этого необходимо установить границы зданий в пределах небесной координатной сетки. *Онлайн этап*: во-первых, определяется начальное положение пользователя, на основе полученных координат определяется область поиска вероятных решений в затененной области. Данную область помещаем в сетку, узлами которого являются кандидаты решения задачи, для каждого даем оценку-угол, указывающий на видимость спутника в данной точке. Выбираем область кандидатов с наивысшей оценкой. Вычисляем среднее положение, которое и будет являться решением навигационной задачи.

В результате экспериментов мы получили успешное решение навигационной задачи в условиях городской застройки в затененных районах навигации с точностью 2,5 м и вероятностью 89 % с использованием одноплатного компьютера CubieBoard с 1GHz ARMv7 процессором, сопряженным с модулем приема сигналов GPS/GLN GEOS-3 КБ «Гео-стар-Навигация».

Таким образом, экспериментально подтверждено улучшение характеристик позиционирования в городском каньоне с использованием расширенного алгоритма сопоставления с 3D картой на экспериментальном образце.

Работа навигационного приемника вблизи стены дома, когда физически половина небосвода закрыта, вызывает снижение точности местопредопределения пользователя. В таких условиях использование дополнительных алгоритмов обработки сигналов GPS/GLN существенно улучшает точность позиционирования. Повышение точности обусловлено лучшими возможностями комбинированной орбитальной группировки по обеспечению оптимальной геометрии созвездий и применением алгоритма повышения точности.

Данную систему можно использовать:

- в общегражданской сфере;
- для внедрения в сферу «быстрого», чрезвычайного обслуживания (карет скорой медицинской помощи, пожарных машин и др.), оперативного реагирования в условиях ЧП;
- в дорожной, коммунальной, сельскохозяйственной, строительной спецтехнике.

#### *Литература*

1. Рябов И.В., Чернов Д.А. Применение процессора 1892ВМ10Я для повышения точности определения координат глобальной навигационной системы // Вестник Поволжского государственного технологического университета. 2012. №1. С. 58-72.
2. Вейзман А., Бен-Моше Б., Элкин Е., Леви Г. Повышение точности ГНСС устройств в городских каньонах // 23-я Канадская конференция вычислительной геометрии. Toronto, 2011. С. 1175-1193.
3. Пинана-Диаз С., Толедо Р., Бетаилле Д. Обнаружение и исключение многолучевых сигналов спутников GPS с использованием дополнительных карт // In Proceedings of IEEE ITSC 2011: The 14th IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Вашингтон, 2011. С. 276-289.
4. Грувс П.Д. Сопоставление с картой: новая ГНСС техника позиционирования в городских каньонах // Навигация. 2011. №64. С. 417-430.
5. Грувс П.Д. Повышение точности позиционирования с использованием предсказания видимости спутников // In Proceedings of ION GNSS 2012. Нешвилл, 2012. С. 66-89.

УДК 535.421

**Гибалина Злата Сергеевна,**

направление Информационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. 5197

Научный руководитель **Аюпов Тимур Анварович**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры нанотехнологий в электронике  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Дифракционная решетка является основным оптическим элементом в различных спектральных оптических приборах, таких как монохроматоры и спектрографы, предназначенные для научных исследований и производственных нужд. Дифракционные решетки используются для выде-

ления заданной длины волны или для сканирования в данной спектральной области в различных спектральных оптических приборах [1].

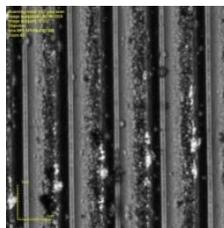
Таким образом, важно уметь получать информацию о геометрических параметрах решетки (т.е. угол «блеска» и плотность штрихов, определяющие дисперсию, дифракционную эффективность и спектральную область, в которой решетка имеет максимальную дифракционную эффективность) [2].

С помощью таких методов микроскопии и профилометрии, как атомно-силовая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, конфокальная лазерная микроскопия и оптическая профилометрия, рассмотрены различные дифракционные решетки, измерены их геометрические параметры: в зависимости от плотности штрихов (микронные, нанометровые) применяются разные методы микроскопии и профилометрии. Метод оптической профилометрии обладает максимальной производительностью, но имеет предел разрешающей способности, в то время как сканирующая туннельная микроскопия имеет высокую разрешающую способность, но малую локальность анализа.

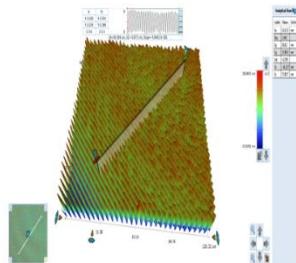
Например, в результате опытных исследований мы получили ряд снимков, основываясь на которых, можно составить сравнительную характеристику методов исследования.



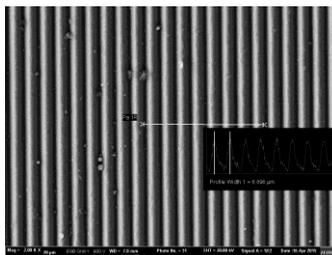
а)



б)

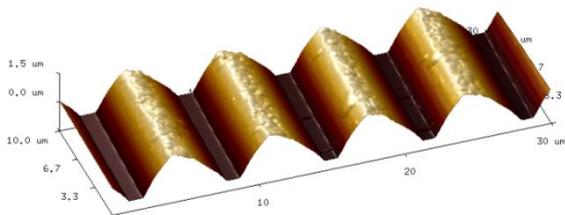


в)



г)

**Снимки нарезной дифракционной решетки с Al отражающим покрытием при помощи:** а) оптической микроскопии; б) конфокальной лазерной микроскопии; в) оптической профилометрии; г) сканирующей электронной микроскопии



д)

**Снимки нарезной дифракционной решетки с Al отражающим покрытием при помощи: д) атомно-силовой микроскопии**

При изучении зависимости метода исследования от параметров решетки и проведении сравнительного анализа была разработана методика выбора наиболее оптимального, применимого к широкому спектру дифракционных решеток.

#### *Литература*

1. ФГУП «НПО ГИПО» – Дифракционная оптика.
2. Соколова Е.А. Дифракционные решетки нового поколения // Оптический журнал. 2001. Том 68. №8. С. 53-60.

УДК 62-791.2

**Кашапов Раис Минсалихович,**

направление Технологические машины и оборудование  
(бакалавриат), гр. ТМО-41

Научный руководитель **Грязин Владимир Альбертович**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры транспортно-технологических машин  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

### **СХЕМА РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДАТЧИКА СОСТОЯНИЯ МАСЛА**

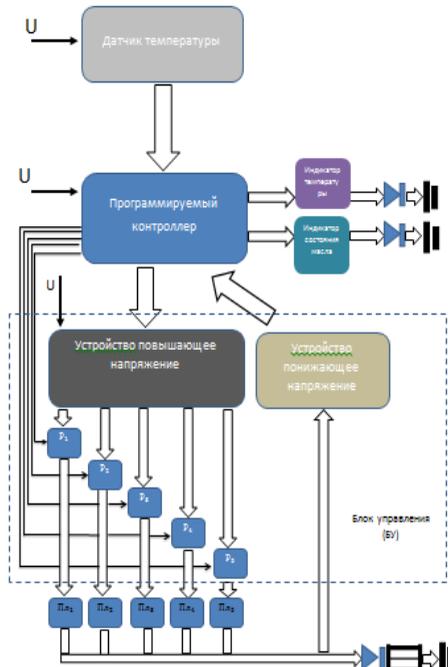
Как показали предварительные исследования, среди всего многообразия датчиков состояния смазочных материалов отсутствуют датчики состояния промышленных и гидравлических масел. Особенность применения промышленных и гидравлических масел в современных технических системах (ТС) является высокая вероятность изменения эксплуатационных свойств в результате естественных процессов окисления, старения, попадания в картер грязи, жидкости и прочих посторонних элементов.

В качестве основы для разработки используем индукционный тип датчика. Принцип действия данного типа основан на определении напряжения пробоя слоя масла между пластинами конденсатора. При загрязнении масла напряжение пробоя уменьшается.

Основной проблемой применения данного типа датчика является его подключение к системам индикации. Это связано с тем, что в настоящий момент в промышленности применяется отдельный подход: отдельно разрабатывается и изготавливается датчик и отдельно разрабатывается и изготавливается система индикации.

**Цель исследования** – разработка принципиальной схемы универсального датчика состояния масла.

Схема подключения универсального датчика состояния масла будет работать по следующему принципу: с датчика температуры 1 подается сигнал на ПК 2.



**Схема подключения универсального датчика состояния масла:**

1 – датчик температуры; 2 – программируемый контроллер (ПК); 3 – устройство, повышающее напряжение; 4 – регулятор напряжения; 5 – пластина конденсатора; 6 – устройство, понижающее напряжение; 7 – индикатор температуры; 8 – индикатор состояния масла; 9 – диод; 10 – плавкий предохранитель

Программируемый контроллер сравнивает сигнал с датчика температуры с заложенным в него значением. В нашем случае предполагается, что таких значений будет пять, каждое из которых позволит измерять качественные показатели масла по заранее рассчитанному значению пробы.

Для информирования оператора о работе системы и о температуре в зоне измерения ПК 2 подает сигнал на индикатор температуры 7. Сам индикатор температуры 7 может выглядеть как ламповый или стрелочный индикатор, наглядно информирующий оператора о значении температуры.

Кроме того, ПК 2 может содержать таймер, который ограничивает частоту подачи сигнала определенным промежутком времени. Это необходимо для обеспечения равномерности диагностики масла. При срабатывании таймера ПК 2 подает управляющий сигнал на устройство, повышающее напряжение 3. Здесь управляющий сигнал преобразуется в высокое напряжение пробы.

Далее, в зависимости от значения температуры масла, ПК 2 подает управляющий сигнал на один из пяти регуляторов напряжения 4. Регуляторы напряжения 4 представляют собой нормально разомкнутые реле, подающие напряжение пробы на соответствующую пластину конденсатора 5.

Далее с регулятора напряжения 4 подается напряжение на соответствующую пластину конденсатора 5.

Если между пластиной конденсатора 5 и центральным стержнем произойдет пробой, это напряжение пробы поступает на устройство, понижающее напряжение 6. Устройство, понижающее напряжение 6, обеспечивает снижение напряжения пробы до величины, безопасной для обработки ПК 2.

ПК 2, получив с устройства, понижающего напряжение 6, сигнал, преобразует его и подает на индикатор состояния масла 8. Индикатор состояния масла 8 представляет собой светодиодный индикатор, который загорается красным цветом и информирует оператора о недопустимо высоком уровне загрязнения масла.

Если же ПК 2 не получает с устройства, понижающего напряжение 6, сигнала, это значит, что пробы не произошло, масло достаточно чистое.

Для безопасности работы вся система заземлена. Плавкий предохранитель 10 обеспечивает контроль за допустимым уровнем величины тока. Диоды 9 позволяют защитить систему от случайной подачи напряжения извне, например при подключении системы на общую линию «массы» с другими системами.

УДК 621

**Кокурин Олег Евгеньевич, Тимаков Николай Павлович,**  
направление Информационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. 5194

Научный руководитель **Степура Аскольд Валентинович**, ст. преподаватель  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский  
университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОЛНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Исследования воздействия микроволнового излучения на прорастающие семена проводились на семенах ячменя сорта Тимерхан, предоставленные Казанским ГАУ, имеющих влажность не менее 20% и пригодных для проращивания (способных к прорастанию). В данных экспериментах применялись генератор ЭМП КВЧ-диапазона «Явь 1-7,1», а также векторный анализатор для измерения диэлектрической проницаемости семян.

Используемый в данных исследованиях генератор «Явь 1-7,1» лабораторного стенда – модернизированное устройство для обработки семян ЭМП (Патент РФ № 2246814, опубликованный 27.02.2005 г. Бюл. № 6). Установка содержит один излучатель электромагнитной энергии (Явь 1-7,1), соединенный с источником электромагнитной энергии, электрический привод, подключенный к блоку управления, станину для размещения на ней обрабатываемого биологического материала, соединенную с электрическим приводом, установленную на неподвижном основании, с возможностью ее вращения. Биологический материал, предназначенный для обработки ЭМ полем (например, семена), помещают в мерные стеклянные стаканы, которые располагаются на станине в специальных установочных местах, внутри металлических ободов, представляющих собой срезки цилиндрических полых труб.

Семена с/х культур размещались в один слой, в центральной зоне облучаемой (обрабатываемой) поверхности на расстоянии 60 см от плоскости раскрыва рупорного излучателя (антенны). Поверхность, на которой присутствует электромагнитное поле (излучение), имеет размеры 51×20 см и занимает площадь в 1020 см<sup>2</sup> поверхностью с обрабатываемыми семенами. Данные зоны прямоугольной формы с обрабатываемыми семенами имеют общий центр, совпадающий по расположению с точкой падения (пересечения) центральной оси рупорной антенны (его питающего волновода).

Воздействию НИ ЭМП КВЧ-диапазона подвергались по 7 групп семян из одной партии, результат представлен только по первой группе, по 25 зерен в каждой, в течение определённого времени и режима обработки.

Интенсивность ЭМП на поверхности с семенами составляла примерно  $0,02 \text{ мВт/см}^2$  и несколько (значительно) различалась в определенных зонах, вследствие неравномерности амплитудного распределения напряжённости электрического поля  $E$  на облучаемой поверхности с семенами. Семена выкладываем в центральную зону обработки.

После обработки НИЭМП КВЧ-диапазона длин волн, группы семян были помещены в растительный шкаф и размещались в тёмном проветриваемом шкафу со средней температурой приблизительно 22 градуса Цельсия, недоступном для солнечных лучей. Проращивание семян данных групп, подвергшихся обработке низкоинтенсивных ЭМВ в КВЧ-диапазоне, и подсчёт количества проросших зёрен производили согласно ГОСТ 12038-84 (Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести)[6].

Фазочастотная характеристика коаксиальной линии прямоугольного сечения длиной 0,29 м, пространство между стенками и центральным проводником которой заполнено семенами ячменя сорта Тимерхан, имеет вид:

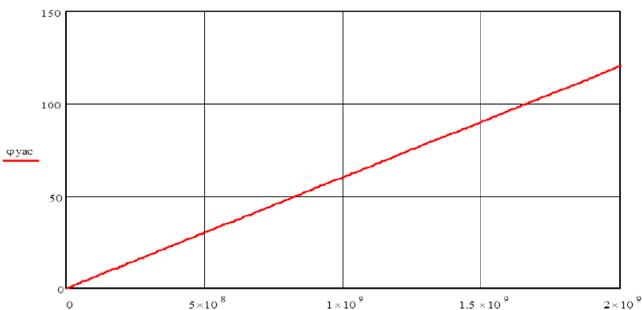


Рис. 1 – Фазочастотная характеристика

Относительную диэлектрическую проницаемость, то есть значение действительной части комплексной диэлектрической проницаемости семян ячменя сорта Тимерхан, определяли по формуле

$$\epsilon_{отн} = \frac{\varphi_{ac}^2}{4\pi^2 l^2 f^2}$$

где  $l$  – длина коаксиальной линии, заполненной семенами с/х культуры ячмень сорта Тимерхан;

$c$  – скорость распространения ЭМВ в вакууме;

$f$  – частота используемого в данных измерениях ЭМП.

Значение мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости семян ячменя сорта Тимерхан во всём диапазоне рабочих частот, а именно: от 0 до 2 ГГц, определяем по формуле

$$\alpha = \frac{27,3tg\delta\sqrt{\epsilon}}{\lambda_0},$$

где  $\alpha$  – коэффициент затухания, то есть: мнимая часть комплексного коэффициента распространения;

$\lambda_0$  – длина волны, используемой в данных измерениях;

ЭМП в свободном пространстве (воздухе, вакууме) определяется по формуле

$$\lambda_0 = \frac{c}{f},$$

где  $c$  – скорость распространения ЭМВ в вакууме;

$f$  – частота используемого в данных измерениях ЭМП.

Так как тангенс диэлектрических потерь и длина волны ЭМП в вакууме

$$tg\delta = \frac{\epsilon_{mn}}{\epsilon\alpha}, \lambda = \frac{c}{f},$$

то окончательно получим:

$$\epsilon_{mn} = \sqrt{\frac{\alpha^2 c^2 \epsilon_0 \epsilon_{on}}{27,3^2 f^2}}.$$

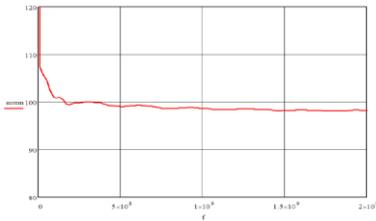


Рис. 2 – Относительная диэлектрическая проницаемость

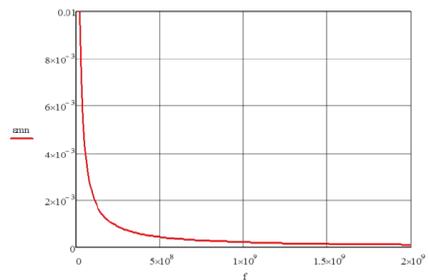


Рис. 3 – Мнимая часть диэлектрической проницаемости

Коэффициент затухания определяли по следующему формуле:

$$K_p = \frac{E_{вbx}}{E_{ax}} = \frac{E_{ax} e^{-\alpha l}}{E_{ax}},$$

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{1}{K_p}\right)}{l},$$

где  $Kp$  – значение в разгах, измеренного в дБ коэффициента передачи коаксиальной линии передачи, пространство для диэлектрика которой заполнено семенами ячменя сорта Тимерхан.

Получены результаты данных лабораторных исследований о влиянии однократной предпосевной обработки ЭМП с частотой 42,25 ГГц на развитие (рост) ростков, корней, а также количества данных корней в семи повторах.

Результаты КВЧ обработки в течение 15 мин. Длина волны ЭМП: 7,1 мм.

Изменение средней длины корней пророщенных семян в процентах относительно контрольной группы:

- ✓ при времени обработки 15мин: 3%;
- ✓ при времени обработки 30мин: <1%.

Изменение средней длины ростков пророщенных семян в процентах относительно контрольной группы:

- ✓ при времени обработки 15мин: 6%;
- ✓ при времени обработки 30мин: <1%.

Проанализировав результаты проведенного исследования о влиянии предпосевной обработки семян ячменя ЭМП с частотой 42,25 ГГц на развитие их ростков, корней, а также количества корней, сделаем следующие выводы.

1. Лучшие результаты показала партия ячменя с предпосевной обработкой, которая подвергалась воздействию ЭМП длительностью 15 минут: незначительно увеличилась средняя длина ростков и корней, также увеличилось количество корней.

2. Увеличение времени обработки привело к ухудшению стимулирующего эффекта, более того, привело в угнетение рост корней и замедлило развитие всей корневой системы семян.

3. Было выяснено, что КВЧ-обработка может оказывать не только стимулирующее воздействие, но и угнетающее; выявлено, что при времени обработки семян свыше 45 минут происходит угнетение роста ростков и корней данных семян.

#### *Литература*

1. Данько С.Ф. Интенсификация процесса солодоращения ячменя действием звука различной частоты: дис. ... канд. тех. наук. М., 2001.

2. Атрощенко Е.Э. Действие ударно-волновой обработки семян на морфофизиологические особенности и продуктивность растений: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. М., 1997.

3. Ксенз Н.В., Качеишвили С.В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №5. С. 10-12.

4. Нещадин Н.Н. Теоретическое изучение влияния обработки семян и посевов ростовыми веществами, магнитным полем, лазерным облучением на урожай и качество продукции, практические рекомендации; опыты с пшеницей, ячменём, арахисом и розой: автореф. дис. ... д-р с/х наук: Кубанский агрономический ун-т. Краснодар, 1997.

5. Яруллин А.А. Исследование воздействия физических электромагнитных полей сверхвысокой и крайне высокой частоты диапазонов на зерновые культуры. Исслед. работа 2014.

6. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

УДК 615.1/4:534

**Санникова Анна Анатольевна,**

направление Технологические машины и оборудование  
(бакалавриат), гр. ТМО-31

Научный руководитель **Наумов Александр Сергеевич,**  
старший преподаватель кафедры РТиМБС

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНЕРА ДЛЯ НАВИГАЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ДОСТУПА ПРИ КАТЕТЕРИЗАЦИИ ПОДКЛЮЧИЧНОЙ ВЕНЫ**

В рамках данной работы решалась задача визуализации хирургических инструментов при катетеризации подключичной вены [1].

Подключичная вена отображается с помощью ультразвукового сканера достаточно подробно [2]. Но при этом инструменты, используемые при катетеризации, абсолютно не видны, так как эхосигналы от инструментов отражаются не в сторону датчика, а в других направлениях. Для решения данной проблемы на хирургические инструменты на определенном расстоянии с определенным интервалом были нанесены насечки. Эхосигналы от областей с насечками отражаются в сторону датчика и таким образом отображаются на экране ультразвукового сканера.

Проведены опыты при помещении инструмента в емкость с водой и его ультразвуковым сканировании с помощью ультразвукового прибора ЭХОСКАН-10 [3]. Получены ультразвуковые снимки, сделанные с помощью линейного датчика с частотой 7,5 МГц и конвексного датчика с частотой 3,5 МГц. Результаты сканирования представлены на рисунках.



Как видно из полученных снимков, насечки, нанесенные на хирургический инструмент, отображаются на ультразвуковых снимках. По их изображению можно контролировать положение хирургического инструмента в теле пациента при катетеризации подключичной вены.

#### *Литература*

1. Сайт «Кардиология. Руководство для студентов и врачей». <http://ivachn.narod.ru/HTMLs/katerizacia.html>. 01.03.2013 г.
2. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы: режимы, методы и технологии. М.: ООО ПКФ «Изомед», 2011. 316 с.: илл.
3. Ультразвуковой диагностический сканер «ЭХОСКАН-10». Инструкции по эксплуатации. Паспорт прибора. М. 35 с.

УДК 57.087

**Егорова Лариса Витальевна,**

направление БТС (бакалавриат), гр. БТС-41

Научный руководитель **Петухов Игорь Валерьевич,** д-р техн. наук,

проректор по развитию и внешним связям

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

### **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОТБОРА**

В современном мире техническое развитие ушло далеко вперед. В связи с этим кардинально изменилась и роль человека в системе управления. Всё большая роль отводится умственному, а не физическому труду. При увеличении нагрузки на умственную работу возрастает пси-

хологическое давление на организм человека. В его обязанности теперь входит решение задач, связанных с оценкой и прогнозированием эффективной работы оборудования и других людей.

К сожалению, человек является неустойчивой системой, поэтому такой объём нагрузки ведет к усталости, нервным срывам, а также к сбою в системе управления, что в свою очередь может привести к несчастному случаю.

В основном причиной несчастных случаев, например, на предприятиях является несоблюдение человеком правил и норм при работе. Так, D. Richard Kuhn в своем исследовании отмечает, что причиной более 59 % аварий для автоматизированных систем управления обусловлены некорректными действиями операторов [1]. К.Б. Пуликовский по результатам анализа аварийности и случаев травматизма на опасных производственных объектах установил, что человеческим фактором обусловлены более 70 % аварий [2].

Одним из способов снижения количества аварийных ситуаций является проведение профессионального отбора.

*Профессиональный психологический отбор* представляет собой комплекс мероприятий, направленных на достижение качественного набора должностей на основе обеспечения соответствия профессионально важных качеств граждан, приглашаемых на работу, требованиям, относящимся к той или иной деятельности. Профессиональный отбор можно проводить различными способами. Для этой цели существует множество приборов, на основе которых проводятся различные психофизиологические тестирования.

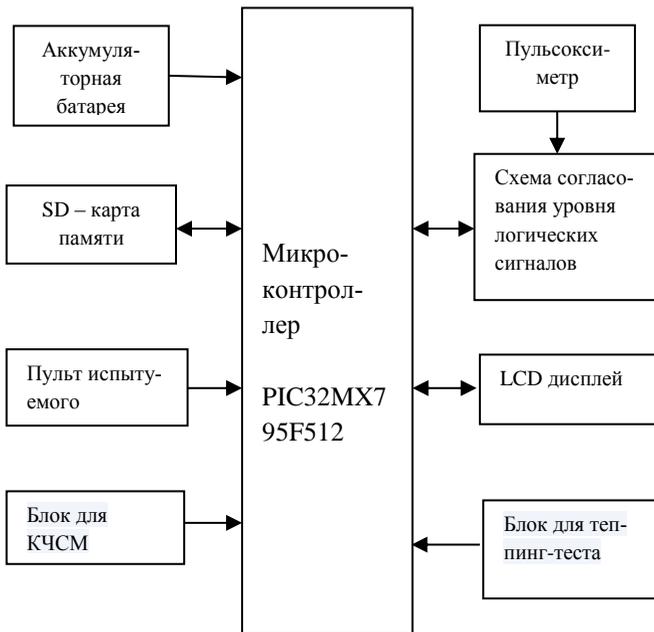
Для профессионального отбора проводят такие психофизиологические тестирования, к которым относятся: метод определения времени реакции на движущийся объект (РДО), что позволяет оценить способности к саморегуляции и прогнозированию, уровень взаимоотношения процессов возбуждения и торможения в нервной системе человека [3, 4], реакция на приближающийся объект (РПО), теппинг-тест, КЧСМ и многие другие.

Значение профессионального отбора растёт из года в год. Это обусловлено тем, что современная техника требует хорошей подготовки эксплуатирующего. Психофизиологическое тестирование позволяет определить пригодность человека к той или иной работе.

Важным аспектом выбора прибора для проведения психофизиологического тестирования является невысокая стоимость прибора. На данный момент существует множество приборов для проведения данных

тестов, но стоимость данных приборов очень велика и достигает нескольких сотен тысяч рублей.

К тому же все приборы работают с помощью ПК, что снижает точность определения результатов прохождения психофизиологических тестов, снижает достоверность результатов пройденных тестов [5]. В данной работе А.А. Песохиным предложено использование микросхем ПЛИС для организации измерительного тракта. Мы предполагаем использовать в качестве основного вычислительного блока микропроцессор PIC32MX795F512, так как он обеспечивает достаточное быстродействие при меньшей стоимости.



Структурная схема прибора

Для увеличения достоверности результатов психофизиологических тестов предлагается замена аналогов устройством, в основе которого будет микроконтроллер PIC32MX795F512, а также пульсоксиметр, подключенный через схему согласования к микроконтроллеру, LSD дисплей, для отображения хода тестирования и его результатов, пульт

испытуемого, SD-карта, аккумуляторная батарея, а также блоки для теппинг-теста и для КЧСМ-теста.

Предлагаемое устройство предназначено для определения динамики состояния испытуемого при его тестировании. При прохождении теста, тестируемому предлагается надеть на палец устройство под названием пульсоксиметр. В то время, когда тестируемый будет проходить психологический тест, будет фиксироваться изменение его пульса.

То есть на выходе мы будем получать графики изменения пульса и график проходимого испытуемым теста. Таким образом, будет наблюдаться также и изменение физиологического состояния человека.

#### *Литература*

1. Kuhn D., Sources R. of Failure in the Public Switched Telephone Network / D. Richard Kuhn // IEEE Computer. April. 1997. Vol. 30. № 4. P. 31–36.
2. Пуликовский К.Б. Приоритет качеству подготовки, профессиональному обучению и аттестации работников организаций, поднадзорных Ростехнадзору // Безопасность труда в промышленности. 2006. № 7. С. 2–8.
3. Караулова Н.И. Возможности использования реакции на движущийся объект в оценке результатов тренировки // Физиология человека. 1982. Т. 8, № 4. С. 653–660.
4. Сурнина О.Е., Лебедева Е.В. Половые и возрастные различия времени реакции на движущийся объект у детей и взрослых // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 4. С. 56–60.
5. Песошин А.А. Уменьшение погрешности измерения устройства тестирования реакции на движущийся объект: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2015. 16 с.

УДК 681.586.5

**Забирова Диляра Альбертовна,**

СПО «Колледж информационных технологий», гр. 4435

Научный руководитель **Ктомас Борис Григорьевич**, ст. преподаватель  
кафедры компьютерных систем

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ» г. Казань*

## **ОПТОВОЛОКОННЫЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК**

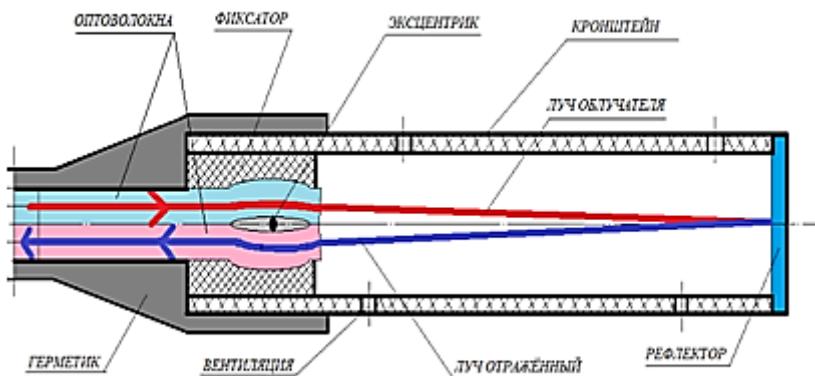
Рассматривается задача измерения остаточного содержания вредных и опасных примесей в водных и газозвудушных смесях, представляющих собой сложную экологическую задачу в условиях химических промышленных производств, от решения которой зависят чистота окружа-

ющей среды и защита здоровья как персонала предприятия, так и жителей прилегающей природной зоны. В связи с необходимостью обеспечения экологической защиты окружающей среды предприятие обязано производить мониторинг параметров и качества очистки промышленных вод и газозвдушных смесей внутри и за пределами промышленной зоны.

Существующие методы контроля экологических параметров окружающей среды основаны на ручном отборе проб воздуха, воды и почвы и дальнейшем лабораторном исследовании этих проб ручными способами, что вносит временное рассогласование между моментом отбора пробы и моментом принятия решения, а также увеличивает вероятность и количество ошибок и промахов за счёт влияния человеческого фактора, что в условиях химических производств может оказаться фатальным.

Предлагаемое устройство позволяет осуществить дистанционное бесконтактное автоматическое измерение остаточного содержания и концентраций загрязняющих и вредных веществ спектрофотометрическим методом.

Датчик выполнен в виде легкосъёмной конструкции, позволяющей вести мониторинговые измерения в водной, воздушной и газозвдушной смесях.



Датчик спектрофотометра оптоволоконный

Датчик представляет собой полый цилиндр длиной до 250 мм, выполненный из прозрачного нейтрального пластика (например, полиакрила), на поверхности которого просверлены отверстия для проникновения измеряемой субстанции (жидкой или газозвдушной).

В один из торцов цилиндра герметично вставлены оптоволокна, по которым в измерительную полость подаётся луч лазерного диода соответствующей длины волны.

Второй торец цилиндра с внутренней стороны представляет собой зеркальную пластину, от которой отражается измерительный луч (см. рисунок).

Таким образом, луч проходит измерительную полость дважды, что дает возможность улучшить точность и качество измерений. Эксцентрик, устанавливаемый между оптоволоконками, позволяет точно зафиксировать точку отражения при юстировке датчика. Датчик подсоединяется к линии связи стандартным разъёмом и при загрязнении заменяется чистым без демонтажа измерителя.

Датчик может быть встроен в систему автоматического управления очистными и вентиляционными системами с использованием виртуальных измерительных приборов.

Использование лазерных диодов и оптоволоконной доставки луча к точке измерений позволяет резко повысить качество и количество измерений, а также полностью устранить влияние действия человеческого фактора.

Для реализации измерений используется спектр поглощения лазерного луча на определённом участке спектра, поэтому для определения вида загрязняющих веществ система измерения допускает смену оптопары.

#### *Литература*

1. Новицкий Л.А.; Степанов Б.М. Фотометрия быстропотекающих процессов. М.: Машиностроение, 1983. 296 с.
2. Сапожников Р.А. Теоретическая фотометрия. 3-е изд., М., 1977. 267 с.
3. Алексеев Н.Г., Прохоров В.А., Чмутов К.В. Современные электронные приборы и схемы в физико-химическом исследовании. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 2009. 496 с.
4. Охрана окружающей среды / Белов С.В. [и др.]. М.: Высшая школа, 2012. 319 с.
5. Горшков Б.И. Радиоэлектронные устройства: справочник. М.: Радио и связь, 1984. 176 с.
6. Коваленко П.Н., Багдасаров К.Н. Физико-химические методы анализа. Ростов. Изд-во Ростовского университета. 2008. 350 с.
7. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Аналоговая и цифровая электроника: учебник для вузов. М.: Горячая Линия – Телеком, 2000. 768 с.

УДК 621.396.67

**Зуев Олег Юрьевич, Макаров Алексей Анатольевич**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РФМТ 5194

Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры радиотехники и микроволновых технологий  
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА В ИССЛЕДОВАНИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМОВ**

*Аннотация.* Представлены результаты численных и экспериментальных исследований обработанного нефтешлама с применением растворителя вода и керосин, получением выходных продуктов и результатов его проверки. Особенность данных исследований заключается в том, что в настоящее время для решения проблемы инженерной защиты окружающей среды, применение СВЧ энергии является одной из выгодных по расчетам затрат и эксплуатации.

*Ключевые слова:* микроволновые технологии, обработка нефтешламов, нефтесодержащих отходов, результаты микроволнового нагрева нефтешлама.

*Abstract.* The results of numerical and experimental studies of the treated sludge with the use of the solvent water and kerosene, producing output products and results of his inspection. A feature of these studies is that at present to solve engineering and environmental protection, the use of microwave energy is one of the best on the calculations of costs and operation.

*Keywords:* microwave technology, processing oil sludge, oily waste, results of oil slime microwave heating.

В настоящее время все чаще в различные сферы деятельности человека взамен старым внедряются новые биотехнологии и электронные устройства, которые могут работать без топлива, угля, газа и других видов, выбрасывающих в атмосферу при сгорании вредные компоненты. К сожалению, несмотря на все реформы продолжается гонка за экспортом нефти, что приносит значительный ущерб территории нашей страны. В частности, повышенное давление нефти в трубопроводах и редкие замены старых на новые приводят ежегодно к 1-2 разрывам на километр, что превращает природные окраины в шламовые озера [1].

Предлагаемый способ переработки твердых нефтешламов – углеводородных продуктов (нефтесодержащих) основан на облучении загрязненной нефтью земли – нефтешлама СВЧ энергией. Проникающая в нефтешлам микроволновая СВЧ энергия связывает между собой дипольные молекулы воды, взаимодействуя с компонентами углеводородов, разрушает их связи и тем самым отделяет их от земли, уменьшая её за-

грязнение. При разогревании нефтешлама происходит изотермическая реакция замещения, в результате которой осуществляется замена одного атома или группы атомов в исходной молекуле (субстрате) на другие атомы или группы атомов. С повышением температуры атомы углеродородов высвобождаются, и на выходе мы получаем углеводородное сырье. При высоких температурах, когда конденсатор – холодильник не способен сконденсировать при необходимой температуре (температура выше 17°C) выходящие пары, может возникнуть процесс битумизации при 245°C [2, 3].

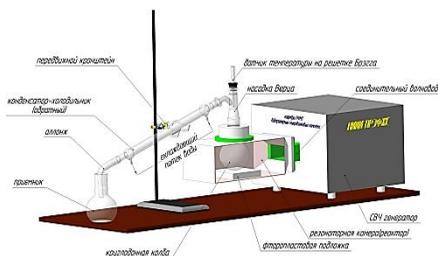
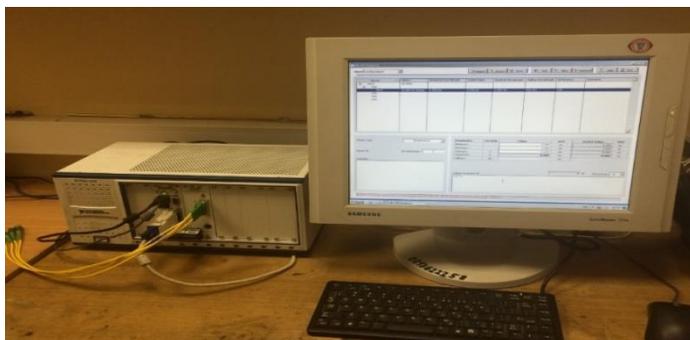


Рис. 1 – Структурная схема лабораторной установки

Для определения температуры образующихся паров был реализован датчик температуры на волоконно-оптической решетке Брэгга. Датчик представляет собой стеклянную трубку длиной 15 см из тугоплавкого стекла марки К-1, отличающейся высокой механической прочностью и термической устойчивостью. В центре ее установлено волокно SMF 28. На это волокно, насыщенное водородом, была записана решетка с помощью ультрафиолетового луча от твердотельного аргонового лазера.

У решетки имеется центральная длина волны (нами использовалась решетка на 1550 нм, с шириной на полувысоте 1 нм), которая при нагреве смещается в сторону увеличения длины волны (10 пм на 1°C). С интеррогатора поступает световой сигнал с широким спектром. Решетка находится в резонаторной камере, в которой происходит нагрев нефтешлама СВЧ излучением. При нагреве центральная длина волны смещается от первоначальной прямо пропорционально изменению температуры в колбе. На данной длине волны от решетки отражается сигнал с узким спектром, равным ширине самой решетки, и поступает обратно в интеррогатор, где происходит детектирование полученного сигнала с последующей передачей и обработкой на ЭВМ средствами специализированной программы. Общий вид оборудования для сбора и обработки сигналов с волоконно-оптических датчиков представлен на рисунке 2 [5].



**Рис. 2 – Оборудование для сбора и обработки сигналов с волоконно-оптических датчиков (интерrogатор и монитор)**

Если 1 баррель, переработанный на СВЧ-установке, будет стоить 2 717,34 рубля, тогда как цена за один баррель составит 3 528,6 рублей. Итого 811,26 рублей за каждый баррель переработанный нефти.

Способ обработки нефтешлама заключается в его подогреве, изотермическом разделении, т.е. разделении на твердую, водную и нефтепродуктовую фазы СВЧ энергией, нагретым до температуры 60-200°C. Далее выходной продукт попадает в отстойник (круглодонную колбу, изготовленную из кварцевого стекла, пропускающего энергию СВЧ излучения), после чего используются специализированные емкостные шприцы для отбора готового продукта, а замазученные механические примеси и водно-иловую суспензию можно дополнительно обрабатывать в аппарате-культиваторе микроорганизмами и грибной микрофлорой с получением тяжелых металлов, песка и глины для использования в промышленности [4]. Изобретение высокоэффективно при обработке нефтешлама, имеет низкие затраты на переработку нефтяных отходов и исключает из процесса использование дорогостоящих реагентов и технологий, а также обеспечивает экологическую чистоту.

#### *Литература*

1. Vedenkin D.A., Samoshin R.E., Yu O. Zuev Laboratory complex for processing of oily waste using microwave technology in a Proceedings of X Anniversary International Conference on Antenna Theory and Techniques, April 21-24, 2015 year – Kharkiv: Kharkiv, Ukraine: Publishing house of Ukrainian National Antenna Association, 2015. P. 396-398.
2. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]: «На сегодняшний день выявлено почти 77 тыс. мест незаконного складирования отходов, вред почвам от этого превысил 7 млрд

рублей»; Ин-т «Пресс-служба Минприроды России». М., 2014. URL: [http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=134377&sphrase\\_id=536093](http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=134377&sphrase_id=536093) (дата обращения: 16.05.2014)

УДК 681.2.08

**Зыков Сергей Александрович,**

направление Электроника и наноэлектроника (магистратура), гр. ЭИМН-11  
Научный руководитель **Попов Иван Иванович**, д-р физ.-мат. наук, профессор  
кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ МЕСТА ПАДЕНИЯ СПОРТИВНОГО МЕТАТЕЛЬНОГО СНАРЯДА**

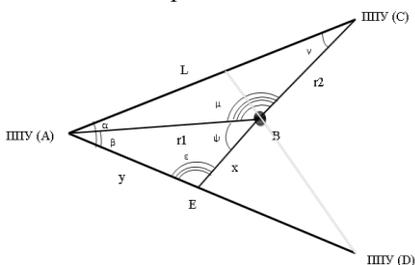
Актуальность проблемы заключается в создании спортивного метательного снаряда (далее снаряд) с встроенным в него электронным блоком, способным переизлучать сигналы на 4 близких по значению частотах  $f_1, f_2, f_3$  и  $f_4$  в момент касания снаряда поверхности Земли.

Работа по теме включает изучение параметров снаряда, разработку метода регистрации места его падения, макета-регистратора места падения снаряда, конструкторской части для снаряда, создание и исследование снаряда, анализ работоспособности и определение погрешности при измерении расстояния от старта до места падения снаряда.

Одним из показателей для автоматизации регистрации дальности полета снаряда является определение его места падения: попал в учетное поле (зачет) или вылетел за границу поля (результат не засчитывается).

Метод для регистрации места падения снаряда будет заключаться в следующем: на линии старта и на двух концах поля будут располагаться приемно-передающие устройства (ППУ). ППУ, расположенное в начале метательного поля будет излучать четыре близких по значению частоты  $f_1, f_2, f_3$  и  $f_4$ . Все эти частоты поступают в приемно-передающий модуль (ППМ) снаряда, после его касания поверхности Земли. В момент касания снаряда Земли ППМ эти четыре сигнала переизлучает во все стороны. Переизлученные сигналы принимаются на расположенные на поле три ППУ. Каждый ППУ переизлучает сигналы на частоте  $f_1$  своей частоте, так как в них будет установлен фильтр для срезания только необходимой частоты. На ППУ, расположенное в начале поля, будут приниматься частоты  $f_1$  и  $f_2$  для измерения дальности метания. ППУ в конце

одной границы разрешенной зоны метания излучает частоты  $f_1$  и  $f_3$  для измерения расстояния от него до места падения снаряда, в конце другой границы – частоты  $f_1$  и  $f_4$  для измерения расстояния от третьего ППУ до места падения снаряда. Эти три пары частот по трем соответствующим каналам регистрируются на стартовом ППУ. После обработки сигналы поступают на ПК, где по специальной системе уравнений определяется местоположение снаряда.



**Чертеж для расчета попадания спортивного снаряда в зону поля**

#### *Литература*

Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне» (ГТО). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.minsport.gov.ru/sport/physical-culture/fiz-rapark/4384/>

УДК 621

**Изосимова Дарья Сергеевна,**

направление Компьютерные системы и комплексы, гр. Кс1-14

Научный руководитель **Коренкова Татьяна Сергеевна**, преподаватель  
 ГАПО ЧР «Чебоксарский электромеханический колледж» г. Чебоксары

### **АКТИВНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ**

В данной работе рассмотрены основные функции активных электромагнитных подшипников (АМП), дан сравнительный анализ в двух программах XLRotor и Dynamics R4. Указано, что применение АМП позволяет предложить новый способ решения классических задач динамики роторов, такие опорные узлы смогут воспринимать значительные динамические нагрузки, работать без применения смазочных материалов и контролировать движения ротора.

Дана характеристика применения АМП. Рассмотрены вопросы применения АМП для разработки бесконтактных опор. По результатам

исследования разработана классификация различных методов построения бесконтактных опор.

Увеличение мощностей роторных машин и повышение эксплуатационных требований к их подшипниковым узлам требует создания опорных узлов, позволяющих воспринимать значительные динамические нагрузки, способные обеспечить высокую степень надежности и контроля. Одним из решений данной проблемы является активный магнитный подшипник (АМП) [1].

**Целью исследования** является углубление и обобщение знаний в области автоматизированного управления АМП путем решения комплексных задач проектирования.

**Объектом исследования** является модель ротора экспериментальной установки для исследования магнитных подшипников.

**Задачи:**

- 1) рассмотреть устройство магнитных подшипников, их классификацию и принцип действия;
- 2) проанализировать достоинства и недостатки АМП;
- 3) смоделировать роторную систему в *программных пакетах* XLRotor и Dynamics R4 и провести сравнительный анализ программных продуктов.

Полное или частичное ограничение перемещений подвешенного тела вдоль трех ортогональных осей обеспечивается благодаря компенсации всей или части силы, действующей на тело. Внешняя сила – нагрузка – может иметь произвольное происхождение и самую различную ориентацию в пространстве.

Наиболее удобной представляется разбивка рассматриваемых опор на семь типов.

1. Опоры на постоянных магнитах.
2. Электромагнитные опоры с авторегулированием.
3. Индукционные электромагнитные опоры.
4. Кондукционные электромагнитные опоры.
5. Диамагнитные опоры.
6. Сверхпроводящие опоры.
7. Электростатические опоры.

Принцип действия электромагнитных опор с авторегулированием состоит в следующем: ферромагнитное тело подвешивается в поле одной или нескольких катушек, причем ток в катушках регулируется при помощи специальной системы, в которую входит датчик перемещения, следящий за положением подвешенного тела. Изменение тока (в ответ на сигнал датчика) и, следовательно, напряженности магнитного поля

приводит к увеличению или уменьшению силы притяжения, действующей на тело, благодаря чему положение тела относительно катушки стабилизируется [1].

Существуют много различных программных средств, которые позволяют создать математическую модель роторной системы с конкретными параметрами опор и оценить вибрационные нагрузки и амплитуды, возможные при работе машины. Важным вопросом при создании модели в подобной программе является оценка адекватности моделирования. Поэтому цель данного исследования – сравнение динамических характеристик упругого ротора и расчет их погрешностей в разных программных продуктах.

В России для решения подобных задач широко используется отечественный программный комплекс Dynamics R4 [2], одним из распространенных аналогов за рубежом является XLRotor [3]. Сравнение и моделирование проводилось в этих программных продуктах.

На рисунках 1 и 2 показана модель ротора в разных программных продуктах.

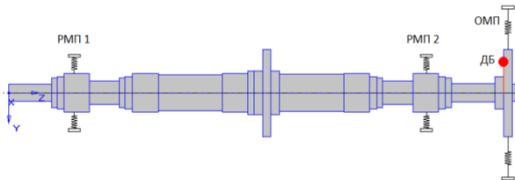


Рисунок 1 – Стержневая конечно-элементная модель ротора при помощи программного комплекса Dynamics R4

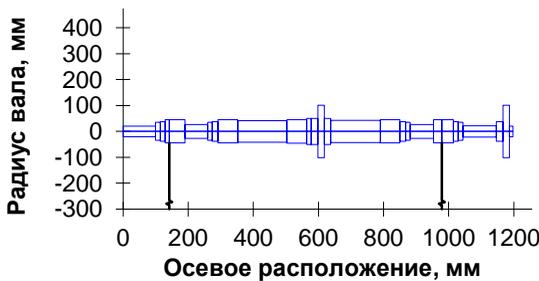


Рисунок 2 – Стержневая конечно-элементная модель ротора при помощи программного продукта XLRotor

*Замечание:* XLRotor нет возможности установить осевой магнитный подшипник, т.к. нет возможности задания коэффициента жесткости по оси z.

Проведено сравнение динамических характеристик упругого ротора и расчет их погрешностей, с использованием таких программных продуктов, как Dynamics R4 и XLRotor.

**Сравнительный анализ критических частот, рассчитанных в двух программных средах Dyamics R4 и XLRotor**

ПО	Критические частоты, Гц			
	По прямой прецессии		По обратной прецессии	
	$\Omega_{ПП1}$	$\Omega_{ПП2}$	$\Omega_{ОП1}$	$\Omega_{ОП2}$
Dyamics R4	183,7	300,7	172,5	264,8
XLRotor	185,3	300,7	173,5	264,8

Как уже отмечалось выше, полное или частичное ограничение перемещений подвешенного тела вдоль трех ортогональных осей обеспечивается благодаря компенсации всей или части силы, действующей на тело. Внешняя сила – нагрузка – может быть произвольного происхождения и самой различной ориентации в пространстве.

Наиболее удобно, на наш взгляд, разбить рассматриваемые опоры на семь типов.

- опоры на постоянных магнитах;
- электромагнитные опоры с авторегулированием;
- индукционные электромагнитные опоры;
- кондукционные электромагнитные опоры;
- диамагнитные опоры;
- сверхпроводящие опоры;
- электростатические опоры.

Различные преимущества магнитных подшипников используются главным образом в следующих пяти областях:

- 1) вакуумные и чистые системы;
- 2) станки;
- 3) медицинские приборы;
- 4) турботехника;
- 5) сверхпроводящие подшипники.

В данной работе проанализированы создание и эксплуатация АМП, их развитие и современное назначение, а также смоделирована роторная система в программном продукте XLRotor. Рассчитаны погрешности динамических характеристик, которые не выходят за пределы норм. На погрешность имеют влияния также внутренние математические вычисления программного продукта XLRotor.

### *Литература*

1. Изосимова Т.А., Евдокимов Ю.К., Давыдов А.В. Система автоматического управления активным магнитным подвесом ротора турбомашин // Изв. вузов. Авиационная техника. Казань. 2014. № 3. С. 52–56.
2. Программа Dynamics R4 для анализа вращающихся машин [Электронный ресурс]. URL <http://www.rotordynamics.ru> – (дата обращения 01.08.2015).
3. Программа XLRotor для анализа вращающихся машин [Электронный ресурс]. URL: [www.xlrotor.com](http://www.xlrotor.com) (дата обращения 01.08.2015).

УДК 621.372.85

**Насыбуллин А.Р., Ишкаев Т.М., Шаронов Д.Е.**

Научный руководитель **Насыбуллин А.Р.**

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

## **ПЕРИОДИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНЫЕ СВЧ- И КВЧ-СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА**

В данной статье рассмотрены периодические неоднородные системы, реализованные в диэлектрическом волноводе. Показаны результаты исследований некоторых компьютерных электродинамических моделей и охарактеризованы реакции на вносимые структурные изменения.

СВЧ- и КВЧ-устройства, которые можно обобщить определением структуры с периодическими неоднородностями, широко известны в теории и технике направляющих и излучающих систем.

Подобные устройства, принцип действия которых основан на резонансном взаимодействии прямых и многократно отраженных от неоднородностей электромагнитных волн, нашли применение при создании фильтрующих схем, формирователей и преобразователей радиочастотных сигналов. В качестве направляющей системы могут быть использованы различные волноводные структуры.

В настоящей работе исследуется возможность реализации подобных систем в диэлектрическом волноводе СВЧ- и КВЧ-диапазона, изучаются их свойства и особенности [1].

Суть нашего исследования заключалась в исследовании свойств передачи и отражения диэлектрического волновода с включенными периодическими неоднородностями. Можно разделить проведенные нами исследования на два этапа:

1) создание модели диэлектрического волновода СВЧ-диапазона в программе электромагнитного моделирования;

2) внесение в модель волновода периодическую структуру и изучение ее свойств.

Первая задача нашего исследования состояла в создании цилиндрического волновода из фторопласта. Размеры цилиндра были выбраны следующие: диаметр  $D=20\text{мм}$  и длина  $h=400\text{мм}$ . Данный волновод представлен на рисунке 1. Возбуждение диэлектрического волновода осуществлялось за счет перехода с круглого металлического волновода с волной  $H_{11}$  на круглый диэлектрический волновод с поверхностной волной  $HE_{11}$  [2]. Теоретически рассчитанный диапазон частот составил  $F=7 - 13$  ГГц, определяемый рабочим диапазоном круглого волновода с существующим единственным низшим типом волны и ограниченный ближайшим высшим типом волны в диэлектрическом волноводе. На рисунке 2 представлены зависимости коэффициента отражения от частоты.

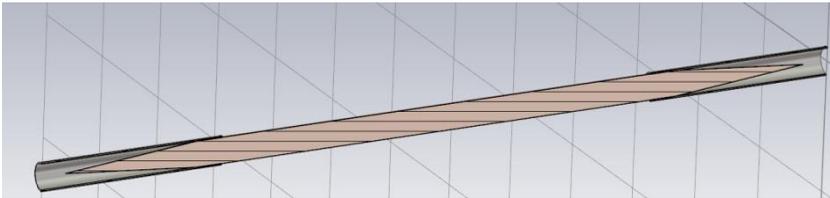


Рис. 1 – Диэлектрический волновод

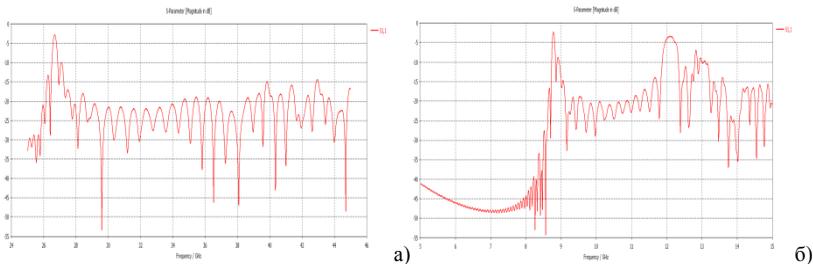


Рис. 2 – Зависимость коэффициента отражения от частоты: а) диэлектрического волновода; б) диэлектрического волновода с внесенной периодической системой

Как видно из полученной характеристики, брэгговский резонанс периодической структуры расположен на частоте 12,1 ГГц, что соответ-

ствует теоретическим расчетам. При этом полоса пропускания контура составляет 400 МГц

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках проектной части государственных заданий №3.1962.2014/К и №11.34.2014/К.*

#### *Литература*

1. Севастьянов А.А. Брэгговские СВЧ-структуры в коаксиальной кабеле для систем контроля уровня жидких сред: дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2014.

2. Неганов В.А., Яровой Г.П. Теория и применение устройств СВЧ: учебн. пособие для вузов / под ред. В.А. Неганова. М.: Радио и связь, 2006. 720 с.

УДК 621.376

**Каллаур Валентин Олегович,**

направление Радиотехника (магистратура), гр.5191

Научный руководитель **Денисов Евгений Сергеевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры радиоэлектроники и информационно-измерительной техники *ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **СИСТЕМА ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОГО РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ПЛИС**

Целью данной работы является разработка быстродействующего программно-определяемого радиоприемника, обеспечивающего возможность переконфигурирования во время работы. Для реализации описанных выше функциональных возможностей было предложено использовать аппаратные возможности программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

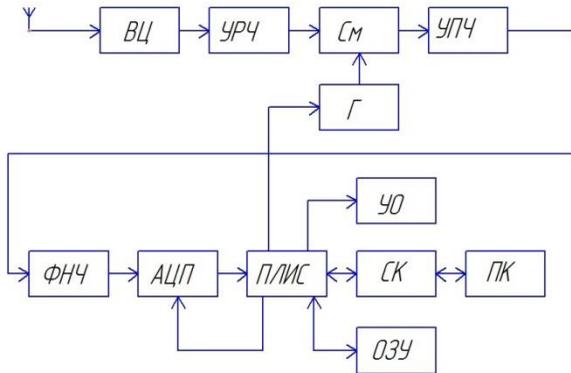
Суть технологии программно-определяемого радио заключается в том, что конфигурация и параметры приёмного устройства определяются программным обеспечением, а не требуют физического изменения соединений между элементами или параметров, характеризующих их работ, включая диапазон частот, тип модуляции или чувствительность приемника.

Типовой программно-определяемый радиоприемник содержит антенну, приемник предварительного усиления, гетеродин, усилитель промежуточной частоты, блок аналого-цифрового преобразования, цепи обработки цифровых сигналов и другие вспомогательные модули. В нашем случае вся цифровая обработка сигнала реализуется на ПЛИС.

В данной работе ПЛИС используется в качестве эффективного инструмента для обработки высокочастотных радиосигналов в режиме реального времени. Реализация соответствующих алгоритмов на микропроцессорах вызывает большие сложности, поскольку они имеют ограниченные средства для параллельной обработки измерительных сигналов.

Таким образом, программно-определяемая радиосистема, которая может быть реализована на базе ПЛИС, открывает массу вариантов конфигурации системы в режиме реального времени и вместе с этим – много новых путей для развития технологий приема-передачи информации, чего невозможно достичь в радиосистемах, построенных на классических аналоговых схемах.

На рисунке представлена структурная схема программно-определяемого радиоприемника на ПЛИС.



**Структурная схема программно-определяемого радиоприемника на ПЛИС**

Система работает следующим образом: сигнал с антенны поступает в аналоговый усилительный тракт радиоприемника, состоящий из входной цепи (ВЦ), усилителя радиочастоты (УРЧ), смесителя (СМ), гетеродина (Г) и усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Далее высокочастотный аналоговый сигнал с целью понижения спектра поступает в фильтр нижних частот (ФНЧ), а затем в аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), где оцифровывается и поступает в ПЛИС.

ПЛИС производит обработку цифровой информации и выводит ее на устройство отображения (УО), записывает в оперативно запоминающее устройство (ОЗУ) а также передает по сетевому контроллеру (СК) в компьютер (ПК). Также через ПЛИС возможно изменять параметры

АЦП и Г. Для управления работой приемника внутри ПЛИС синтезируется программное процессорное ядро.

Преимуществом такого подхода является использование быстрой обработки сигналов на ПЛИС и организации гибкой программной системы управления на микроконтроллере. Кроме того, в системе обеспечивается возможность записать принятый сигнал в оперативную память и передать его на компьютер.

#### *Литература*

1. Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. М.: Горячая линия-Телеком, 2013. 372 с.
2. Проектирование автоматизированных систем измерения, контроля и управления РЭС: Казань: Изд-во Казанского гос. техн. ун-та, 1999.

УДК 542.8

**Карабанов Андрей Дмитриевич**

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), гр.5409

Научный руководитель **Гайнуллина Наталья Романовна,**

доцент кафедры НТвЭ,

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРОВСКИТА ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ**

**Актуальность** данного исследования состоит в необходимости удовлетворить постоянно растущую потребность человечества в электроэнергии, при этом принимая во внимание экологический аспект.

**Областью исследования** является фотоника.

**Предмет** исследования – перовскит.

**Цель** данной работы – анализ возможности применения перовскита для преобразования энергии солнечного света в постоянный электрический ток.

**Задачи исследования:**

- 1) провести сравнительный анализ перовскита и кремния в солнечных батареях;
- 2) проанализировать перспективы применения перовскита в солнечных батареях;

**Методы исследования**, использованные в данной работе:

- 1) теоретический анализ специальной литературы по фотонике, фотовольтаике, электронике и химии;

2) аннотирование (краткая запись общего содержания книги или статьи);

3) сравнительный анализ.

Как известно, основная часть солнечных батарей изготавливается на основе кремния. Однако в связи с тем, что технология изготовления фотоэлемента на основе кремния довольно сложна, постоянно ведётся поиск альтернативных материалов, позволяющих упростить процесс.

Одним из таких материалов является перовскит, обладающий свойствами преобразования энергии солнечного света в постоянный электрический ток.

На графике, приведённом ниже, можно увидеть, что эффективность батарей с использованием перовскита растёт очень быстрыми темпами, догоняя традиционные батареи с использованием кремния.



При сравнительном анализе перовскита и кремния в солнечных батареях были получены следующие результаты:

1. Устройства на основе перовскита имеют высокую эффективность превращения света в электричество – 20,2%, и эта величина постоянно растёт, при том, что у кремниевых аналогов – 25%.

2. Большое напряжение – 1,07 В, с использованием кремния – 0,7.

3. Толщина слоя светопоглощающего перовскита в солнечной панели равна 330 нм, у кремниевого аналога – 0,15 мм.

4. Значительно большая, чем у кремния, гибкость [1].

5. У солнечного элемента с применением перовскита более простой метод изготовления.

6. Экономичность перовскита, в сравнении с кремнием.

7. Перовскит менее вреден для окружающей среды [2].

Главный **результат** данного исследования: была обоснована эффективность использования перовскита в солнечной батарее, так как он превосходит кремний в большинстве характеристик.

Новизна проделанной работы состоит в сравнительном анализе кремния и перовскита и выявлении преимуществ нового материала.

В заключение необходимо подчеркнуть, что перовскит имеет практическое применение и может быть использован в солнечных батареях, что приведёт к их удешевлению, увеличению эффективности и уменьшению загрязнения окружающей среды.

#### *Литература*

1. Mingzhen Liu, Michael B. Johnston & Henry J. Snaith Efficient planar hetero-junction perovskite solar cells by vapour deposition, Nature 12509, 396 p., (2013)
2. Woon Seok Yang, Jun Hong Noh, Nam Joong Jeon, Young Chan Kim, Seungchan Ryu, Jangwon Seo, Sang Il Seok High-performance photovoltaic perovskite layers fabricated through intramolecular exchange, Science 12 June 2015.
3. Солнечные ячейки на основе перовскитов / А. А. Шамин [и др.] // Молодой ученый. 2015. №4. С. 286-289.

УДК 621

**Козлова Татьяна Александровна,**

направление Антенные системы и комплексы, СВЧ-устройства  
(магистратура), группа ИТСм-11

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент

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

## **РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА СВЧ-ДИАПАЗОНА**

В данной статье рассматривается вопрос расчета коэффициента шума СВЧ-диапазона.

Линейные четырехполосники являются характерными элементами, образующими радиоприемное устройство (в частности, его линейную часть). При анализе шумовых свойств такого четырехполосника используется принцип суперпозиции, позволяющий рассматривать прохождение полезного сигнала и шумовых колебаний независимо друг от друга.

Шумы представляют собой колебания с непрерывным спектром.

Приемник представляет собой группу активных и пассивных каскадно соединенных линейных четырехполосников.

Собственные шумы смесителя и усилителя промежуточной частоты имеют характер белого шума. Что касается усилителей радиочастоты, то

в пределах шумовой полосы УПЧ интенсивность их собственного шума может быть принята постоянной. Таким образом, коэффициенты шума всех элементов приемника можно рассматривать как независимые от частоты (т.е. не делать между их дифференциальными и средними значениями).

Ввиду того, что дифференциальный коэффициент шума имеет лишь расчетно-теоретическое значение и применяется сравнительно редко, рассмотрим выражение только для среднего коэффициента шума приемника.

Следует учесть, что среди всех элементов приемника только три обладают сравнительно узкой шумовой полосой: фильтр СВЧ (преселектор), первый усилитель СВЧ и усилитель промежуточной частоты.

$$\begin{aligned} \text{Ш}_1 &= \text{Ш}_\phi; G_1^* = G_\phi = \frac{1}{L_\phi}; \\ \text{Ш}_2 &= \text{Ш}_{\phi л}; G_2^* = G_{\phi л}^* = G_{\phi л} \kappa_{н. \phi л}; \\ \text{Ш}_3 &= \text{Ш}_{\phi л}; G_3^* = G_{\text{вх.из}}^* = \frac{1}{L_{\text{вх.из}}}; \\ \text{Ш}_4 &= \text{Ш}_{1 \text{УРЧ}}; G_4^* = G_{1 \text{УРЧ}}^* = G_{1 \text{УРЧ}} \kappa_{н. \text{УРЧ}}; \\ \text{Ш}_5 &= \text{Ш}_{\text{вых.из}}; G_5^* = G_{\text{вых.из}}^* = \frac{1}{L_{\text{вых.из}}}; \\ \text{Ш}_6 &= \text{Ш}_{2 \text{УРЧ}}; G_6^* = G_{2 \text{УРЧ}}^*; \\ \text{Ш}_7 &= \text{Ш}_{\text{см}}; G_7^* = G_{\text{см}}^*; \\ \text{Ш}_8 &= \text{Ш}_{\text{УПЧ}}, \end{aligned}$$

где коэффициенты сужения полосы для фильтра и 1-го усилителя СВЧ определяются согласно формулам:

$$\begin{aligned} \kappa_{н. \phi л} &= \frac{\Pi_{ш. \phi л}}{\Pi_{ш(\text{УРЧ} + \text{УПЧ})}}; \\ \kappa_{н. 1 \text{УРЧ}} &= \frac{\Pi_{ш(\text{УРЧ} + \text{УПЧ})}}{\Pi_{ш \text{УПЧ}}}. \end{aligned}$$

Получаем следующую формулу для среднего коэффициента шума приемника:

$$\begin{aligned} \overline{\text{Ш}}_{\text{пр}} &= \text{Ш}_\phi + (\text{Ш}_\phi - 1)L_\phi + \frac{(\text{Ш}_{\text{вх.из}} - 1)L_\phi}{G_{\phi л}^*} + \frac{(\text{Ш}_{1 \text{УРЧ}} - 1)}{G_{\text{ВУ}}^*} + \frac{\text{Ш}_{\text{вых.из}} - 1}{G_{\text{ВУ}}^* G_{1 \text{УРЧ}}^*} \\ &+ \frac{(\text{Ш}_{2 \text{УРЧ}} - 1)L_{\text{вых.из}}}{G_{\text{ВУ}}^* G_{1 \text{УРЧ}}^*} + \frac{\text{Ш}_{\text{см}} - 1}{G_{\text{ВУ}}^* G_{\text{УРЧ}}^*} + \frac{\text{Ш}_{\text{УПЧ}} - 1}{G_{\text{ВУ}}^* G_{\text{УРЧ}}^* G_{\text{см}}^*}, \end{aligned}$$

где

$$G_{\text{ВУ}}^* = \frac{G_{\phi л}^*}{L_\phi L_{\text{вх.из}}},$$

$$G_{УРЧ}^* = \frac{G_{1УРЧ}^* G_{2УРЧ}}{L_{вых. из}}$$

Вследствие того, что входное устройство и блок усиления СВЧ содержат только по одному частотно-избирательному элементу (фильтр и 1-й усилитель СВЧ), коэффициент сужения полосы для фильтра и 1-го усилителя СВЧ можно одновременно считать и коэффициентом сужения полосы соответственно для входного устройства и для блока усиления СВЧ.

#### *Литература*

1. Крейнгель Н. С. Шумовые параметры радиоприемных устройств. М.: Энергия. Ленингр. отделение, 1969.
2. Алмазов-Долженко К. И. Коэффициент шума и его измерение на СВЧ. М. Научный мир, 2000.

УДК 621.371:551.510.535

**Конев Сергей Александрович, Конкин Никита Александрович,**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21

Научный руководитель **Рябова Мария Игоревна**, канд. физ.-мат. наук, доцент  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛОСЫ КОГЕРЕНТНОСТИ ПРИ ТРАНСИОНОСФЕРНОМ ЗОНДИРОВАНИИ ИОНОСФЕРЫ**

**Актуальность.** В настоящее время усилия специалистов направлены на создание новых широкополосных и сверхширокополосных систем радиосвязи. Однако при расширении полосы возникает проблема сильных искажений связных сигналов. Решение проблемы возможно на основе исследования задачи диагностики радиоканала в реальном времени [1].

Новый подход основан на регистрации параметров дисперсии первого, второго и третьего порядка методом транссионосферного радиозондирования радиоканала сверхширокополосным сигналом. Это позволит разработать рекомендации для систем дистанционного зондирования Земли из космоса по повышению разрешающей способности по времени его группового запаздывания.

Получение высокой разрешающей способности космических радиолокационных систем сильно ограничена деструктивным влиянием ионосферы Земли. Вследствие дисперсионных фазовых искажений ра-

диоимпульса в ионосфере разрешающая способность по дальности космической радиолокационной станции может ухудшаться до 100 метров.

**Целью** данной работы является мониторинг трансionoсферного радиоканала для повышения разрешающей способности радиолокационных систем с использованием сигналов ГЛОНАСС.

Известно [2], что дисперсионные искажения приводят к частичной или полной потере полезной информации в сигнале-носителе. Простейшую оценку дисперсионных искажений можно получить, сравнивая полосу сигнала с полосой когерентности.

Полоса когерентности канала равна [2]:

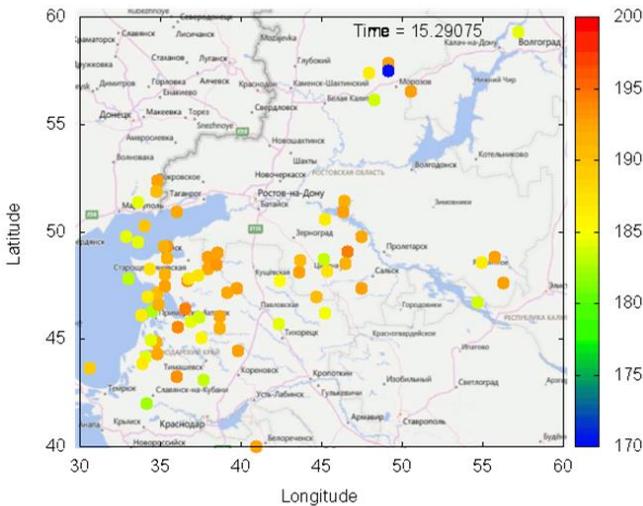
$$\Delta f_k = 2 / \sqrt{|s(f)|},$$

где  $s(f) = \frac{d\tau}{df}$  – параметр дисперсии.

Следовательно, полоса когерентности для трансionoсферного радиоканала определяется следующим образом [2,3]:

$$\Delta f_k = \sqrt{cf_p^3 / \pi \mu N_t}$$

На рисунке представлена карта распределения полос когерентности для южного региона, в окрестностях г. Ростова-на-Дону.



**Карта распределения полос когерентности**

**Выводы.** В ходе исследования была разработана методика определения влияния частотной дисперсии на распространение сигналов в трансионосферном радиоканале. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что зондирующие сигналы будут искажаться дисперсией на частотах, превышающих критическую частоту ( $\approx 10\text{--}15$  МГц).

#### *Литература*

1. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, Н.Н. Михеева, Е.В. Катков // Вестник ПГТУ. Сер. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2013. № 2(18). С. 5-15.
2. Определение параметров частотной дисперсии по данным трансионосферного зондирования / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, М.И. Рябова, А.А. Кислицын // Труды ПГТУ. Сер.: Технологическая. 2014. – Вып. 2. С. 82-86.
3. Арманд Н. А., Иванов В. А. Коррекция дисперсионных искажений широкополосных сигналов // Распространение радиоволн: сборник докладов XXI Всероссийской научной конференции. В 2-х т.: Т 1. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. 457 с.

УДК 608.4

**Конкин Никита Александрович,**

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

Научные руководители: **Рябова Мария Игоревна**, канд. физ.-мат. наук, доцент,

**Чернов Андрей Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент,

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

### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ**

По всей территории Российской Федерации расположено большое количество станций GPS/GLONASS, данные с которых собираются в единую базу RINEX файлов и могут быть использованы в различных целях, таких как получение навигационных сообщений, метеорологических данных, данных часов спутников и приемников и др.

**Цель** данной работы – исследование состояния ионосферы Земли при помощи данных, полученных из RINEX файлов [1]. Эти данные в

формате .dat используются для построения электронных карт полного электронного содержания ионосферы земли. Проблема построения карт заключается в том, что необходимо обрабатывать большое количество .dat файлов, для её решения создан алгоритм по автоматической конвертации RINEX файлов в .dat, который реализован на языке программирования AutoIt[2]. Процесс работы алгоритма в фоновом режиме эмулирует работу оператора ЭВМ.

Итогом работы алгоритма является база файлов, состоящая из тысяч элементов. Информация по этим данным в автоматическом режиме формируется в MySQL базу данных при помощи языка AutoIt. Данная база данных необходима для быстрого доступа к необходимым .dat файлам и систематизации получаемой информации. Быстрый доступ к файлам осуществляется за счет специального запроса в базу данных MySQL, работающего с симбиозе с языком AutoIt и MySQL [3], который формирует папку с необходимыми для работы .dat файлами, причем данный запрос формируется оператором ЭВМ в зависимости от интересующей территорией исследования и отрезка времени.

Затем сформированный набор .dat файлов перерабатывается в формат, необходимый для построения электронных карт полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы в автоматическом режиме за счет алгоритма, реализованного на AutoIt. Следующим шагом происходит математический пересчет значений .dat файлов в автоматическом режиме, ресурсами специально написанных скриптов для программного обеспечения MicrosoftOffice Excel, также в автоматическом режиме. Карты ПЭС ионосферы земли строятся по итоговой информации из .dat элементов в автоматическом режиме при помощи языка GNUPlot. Готовые карты представляют собой анимационное изображение, на котором нанесена географическая карта исследуемой местности и цветными точками отображается изменение полного электронного содержания ионосферы земли.

**Выводы.** Таким образом, разработаны вспомогательные алгоритмы, предназначенные для построения карт полного электронного содержания ионосферы Земли, по этим алгоритмам создано программное обеспечение, которое непосредственно выполняет поставленные задачи построения. Использование данного программного обеспечения позволяет обрабатывать большие объемы данных в десятки раз быстрее, чем если бы эту работу выполнял оператор ЭВМ; кроме того, информация получается систематизированной и вывод необходимых файлов из большой базы данных осуществляется автоматически системой с учетом интересующих исследователя параметров.

### *Литература*

1. Rinex файлы системы GPS/GLONASS [Электронный ресурс]. Режим доступа: [<https://ru.m.wikipedia.org/wiki/RINEX>], открытый.
2. Язык программирования AutoIt [Электронный ресурс]. Режим доступа: [<https://ru.m.wikipedia.org/wiki/AutoIt>], открытый.
3. Свободная реляционная система управления базами данных MySQL [Электронный ресурс]. Режим доступа: [<https://ru.m.wikipedia.org/wiki/MySQL>], открытый.

УДК 621.308

**Кузанын Михаил Санасарович,**

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), гр. ЭиНЭ-41

**Шабдаров Евгений Васильевич,**

направление Электроника, радиотехника и системы связи (аспирантура)

Научный руководитель **Леухин Владимир Николаевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры КиПР

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПОДГОНКИ РЕЗИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА**

Рассматривается задача улучшения качества электроискровой подгонки толсто пленочных резисторов путем исследования кинетики процесса подгонки с использованием автоматизированного комплекса.

**Введение.** Технология производства толсто пленочных резисторов зачастую не позволяет получать сопротивление с требуемой точностью, а значит и не обеспечивает достаточной воспроизводимости номиналов. Точность изготовления толсто пленочных резисторов колеблется в диапазоне  $\pm 5-10\%$ , поэтому в зависимости от цели использования резисторов производят подгонку сопротивления в номинал.

Среди различных методов подгонки, таких как лазерная, подгонка методом факельного разряда, токовая подгонка и другие, выделяют электроискровую подгонку, заключающуюся в воздействии на резистор электроискрового разряда. Этот вид подгонки является одним из перспективных, поскольку обладает рядом значительных преимуществ:

- достаточно высокая точность подгонки – до 0.5%;
- возможность вести подгонку как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения номинала;
- возможность вести подгонку без разрушения резистивного слоя;

- отсутствие изменения геометрических размеров при подгонке в сторону уменьшения номинала;
- малые энергоемкость и стоимость оборудования.

Такая особенность, как неразрушающее электроискровое воздействие делает этот метод применимым для подгонки переменных резисторов [1].

**Цель работы.** Исследования, посвящённые определению влияния параметров разрядных импульсов на параметры подгонки, проводились с целью определения рабочего диапазона частот, длительности и амплитуды импульсов, их влияния на скорость и направление подгонки. Эти данные необходимы при разработке аппаратуры и алгоритмов подгонки.

**Техника эксперимента.** Для проведения таких исследований использовался автоматизированный комплекс, функциональная схема которого представлена на рисунке 1.



Рис. 1 – Функциональная схема автоматизированного комплекса

Центральным элементом в данной схеме является блок управления, выполняющий функцию посредника между компьютером и исполнительными устройствами.

Подгоняемый резистор подключается к блоку измерения сопротивления для отслеживания в процессе подгонки. Блок формирования разрядных импульсов позволяет формировать электрическую искру с заданными (посредством компьютера) параметрами. Процесс подгонки может быть завершён либо при достижении заданного значения сопротивления резистора  $R_x$ , либо при условии  $R_x=R_{эт}$ . Для выполнения второго условия необходимо подключение эталонного сопротивления  $R_{эт}$  к блоку измерения сопротивления. Схема также содержит такие элементы, как блок питания, блок памяти, клавиатуру, блок индикации и схему сопряжения [2].

**Интерпретация результатов.** В процессе подгонки результаты фиксируются после каждой пачки импульсов. Данные о динамике изменения сопротивления в ходе подгонки и параметры каждой пачки импульсов сохраняются в текстовых файлах. Обработка результатов выполнялась в программах Microsoft Office Word и Excel.

В качестве образцов для проведения эксперимента использовались толстоплёночные резисторы на основе  $\text{RuO}_2$ . Всего для экспериментов использованы две партии резисторов с номинальными сопротивлениями 3 кОм и 15 кОм.

Эксперименты проводились при различных значениях частоты, длительности, амплитуды и полярности импульсов. Для экспериментов использовался электрод игольчатой формы, установленный на фиксированном расстоянии от поверхности резистора порядка 1-1,5 мм.

На рисунке 2 изображена зависимость приращения сопротивления  $\Delta R/R$  от номера пачки импульсов. Очевидно, что с каждой пачкой величина сопротивления все больше отклоняется от первоначального значения. Подгонка осуществлялась в сторону увеличения сопротивления.

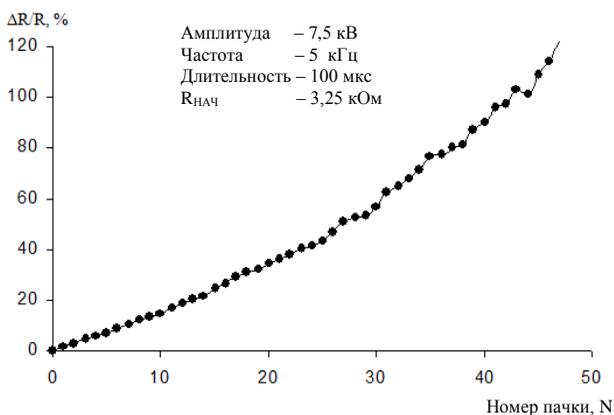


Рис. 2 – Диаграмма подгонки без ухода в область отрицательных значений

На рисунке 3 изображена диаграмма подгонки, при которой (на первой стадии подгонки) преобладают процессы, приводящие к уменьшению удельного сопротивления резистивной плёнки. С увеличением количества пачек импульсов начинают преобладать процессы, приводящие к увеличению сопротивления резистора.

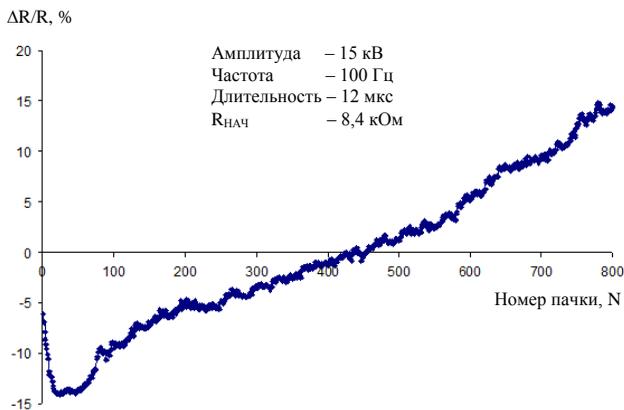


Рис. 3 – Диаграмма подгонки с первоначальным уходом в область отрицательных отклонений

**Выводы.** При исследовании кинетики подгонки было выявлено различие в характере изменения сопротивления при различных параметрах. Если на рисунке 2 процесс подгонки носит положительный характер и может осуществляться без разрушения резистивного слоя, то на рисунке 3 подгонка происходит с разрушением резистивного слоя, поскольку при длительном электроискровом воздействии подгонка несет разрушительный характер.

В связи с тем, что характер подгонки зависит от таких параметров, как амплитуда и длительность импульсов, то изменение данных параметров порой может привести к непредсказуемому результату. Этим и определяется важность проведения таких исследований.

В настоящий момент ведутся работы по исследованию данных параметров на результат подгонки и применимости ее для подгонки переменных резисторов.

#### *Литература*

1. Леухин В.Н., Шабдаров Е.В., Блинов И.Д. Технология электроискровой подгонки резисторов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Технологическая. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. С. 99-104.
2. Сухов А.М. Результаты исследования электроискровой обработки рутениевых резистивных пленок // Тонкие пленки в электронике и оптике. Ч. 1 // Тонкие пленки в оптике и электронике: сборник докладов 14-го Междунар. симпозиума. Харьков: ННЦ ХФТИ, ИПЦ «Контраст», 2002. С. 256.

**Кузнецова Марина Юрьевна,**

направление Электроника и наноэлектроника (бакалавриат), ЭиН-41

Научный руководитель **Филимонов Виталий Евгеньевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры КиПР

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

## **ПАТЕНТОСПОСОБНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИИ ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК В МНОГОСЛОЙНОЙ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СТРУКТУРЕ**

*Аннотация.* Предлагается патентоспособное устройство, реализующее вновь разработанный способ повышения адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре. При получении слоистых структур использовались методы магнетронного распыления. В ходе исследований установлено, что указанный способ позволяет увеличить величину адгезии тонких пленок в многослойной тонкопленочной структуре минимум в два раза.

*Ключевые слова:* тонкие металлические пленки, многослойные тонкопленочные структуры, магнетронное распыление, адгезия, блоки питания магнетронов.

**Введение.** В настоящее время развитие производства изделий электронной техники характеризуется повышенным вниманием к тонкопленочной технологии, в которой коммутационные дорожки наносятся на диэлектрические подложки при помощи определенного комплекса технологических операций [1]. Основными операциями являются нанесение тонких пленок в вакууме и процессы литографии. Сегодня тонкопленочная технология используется при производстве интегральных схем, СВЧ-приборов и приборов функциональной электроники различного назначения, что актуализирует разработку в данной области.

**Цель работы** – разработать патентоспособное устройство для повышения адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре, получаемых методом магнетронного распыления.

### **Решаемые задачи:**

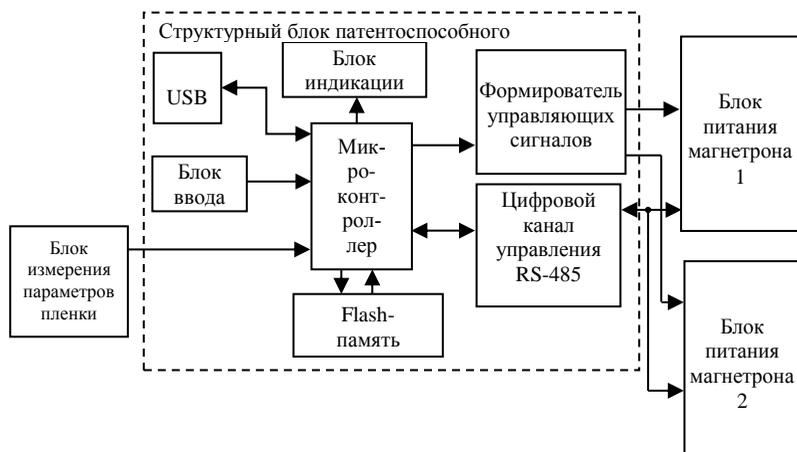
- 1) разработать новый способ повышения межслойной адгезии в многослойной тонкопленочной структуре, получаемой методом магнетронного распыления;
- 2) установить взаимосвязь величины адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре со способом ее получения;

3) разработать структурную схему патентоспособного устройства для повышения адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре, получаемых методом магнетронного распыления.

**Техника решения (описание проекта)** Адгезия пленок между собой и пленок с подложкой является одним из основных параметров, который определяет качество изделий и их надежность. Ранее группой с моим участием был предложен способ повышения межслойной адгезии в многослойной тонкопленочной структуре (подана заявка на получение патента РФ [2]). Он заключается в том, что между двумя соседними функциональными слоями вводится третий – переходный слой, представляющий собой твердый раствор материалов соседних слоев, с управляемо изменяющимся составом. Изменение состава этого переходного слоя формируется путем связанного управления изменением мощности блоков питания магнетронов во времени. Данный способ был апробирован на примере структуры Cu/Cr/C48-3, исследования которой показали, что адгезия тонких пленок меди (Cu) к пленкам хрома (Cr) и к подложке из стекла (C48-3) увеличилась в два раза по сравнению с такой же структурой, приготовленной по стандартной технологии [3]. Однако существующее на сегодняшний день вакуумное оборудование для магнетронного нанесения пленок не позволяет в полной мере реализовать на нем предложенный способ. Возникла необходимость в создании устройства, реализующего предложенный способ повышения адгезии в полной мере.

Для реализации вновь разработанного способа повышения адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре, получаемых методом магнетронного распыления, была разработана структурная схема устройства, представленная на рисунке.

Эта схема включает микроконтроллер Atmega 128, который, в зависимости от типа блоков питания магнетронов, при помощи интерфейса RS-485 либо цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) управляет связанной работой этих блоков питания. Блок ввода, состоящий из набора кнопок, предназначен для задания режимов работы разрабатываемого устройства. Блок индикации служит для отображения заданных режимов работы устройства, а USB-интерфейс – для отладки и диагностики. Flash-память предназначена для записи готовых алгоритмов формирования многослойных тонкопленочных структур с повышенной адгезией. Также имеется возможность изменения режима работы по сигналу, принятому с блока измерения параметров пленки в процессе ее формирования (например, толщины пленки). Устройство управления имеет два режима работы: 1) ручное управление; 2) управление по алгоритмам, записанным на flash-память.



**Структурная схема работы патентоспособного устройства для повышения адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре**

## **Выводы**

1. Предложен способ повышения межслойной адгезии в многослойной тонкопленочной структуре, полученной методом магнетронного распыления.

2. На примере получения слоистой структуры Cu/Cr/C48-3 методом магнетронного распыления вышеуказанным способом выявлено двукратное увеличение адгезии тонкой пленки меди (Cu) по сравнению с аналогичной структурой, изготовленной по стандартной технологии.

3. Разработана структурная схема патентоспособного устройства, реализующего вышеуказанный способ.

## *Литература*

1. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микроборков: учебное пособие. 3-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. 400 с.

2. Заявка на патент РФ. МПК<sup>7</sup> С 23 С 14/35. Способ повышения адгезии между тонкопленочными слоями, получаемыми методом магнетронного распыления / В.Е. Филимонов, А.В. Мороз, М.Ю. Кузнецова, Н.П. Чупракова. №2014120338; Заявлено 20.05.2014.

3. Кузнецова М.Ю., Мороз А.В., Филимонов В.Е. Повышение межслойной адгезии в многослойной тонкопленочной структуре для микро- и нанoeлектроники // Материалы девятой международной научной школы «Наука и инновации-2014». ISS «SI-2014»; под ред. Н.М. Кузнецова, И.И. Попова, П.А. Козлова, В.В. Самарцева. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. С. 134-138.

**Курангышев Андрей Вячеславович, Малых Дмитрий Вячеславович**  
 направление Радиотехника (магистрант), гр. РФМТ 5193  
 Научный руководитель **Денисенко Павел Евгеньевич**, канд. техн. наук,  
 доцент кафедры радиопроники и микроволновых технологий  
 ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический  
 университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ OPTISYSTEM ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

*Аннотация.* В данной статье рассмотрено виртуальное моделирование метода измерения параметров физических полей, смоделированных в Optisystem.

*Abstract.* This report describes the virtual simulation of the method of measurement of parameters of physical fields simulated in Optisystem.

В предлагаемом устройстве измерения параметров физических полей применяется четырехчастотный сигнал, используются CW-лазер и по два последовательно включенных синусоидальных генератора с модуляторами Маха-Цендера. Отличительной особенностью данной схемы является применение циркулятора. Сигнал с циркулятора поступает на волоконную решетку Брэгга. Полученный измерительный сигнал с выхода ВРБ далее поступает на вход демультиплексора.

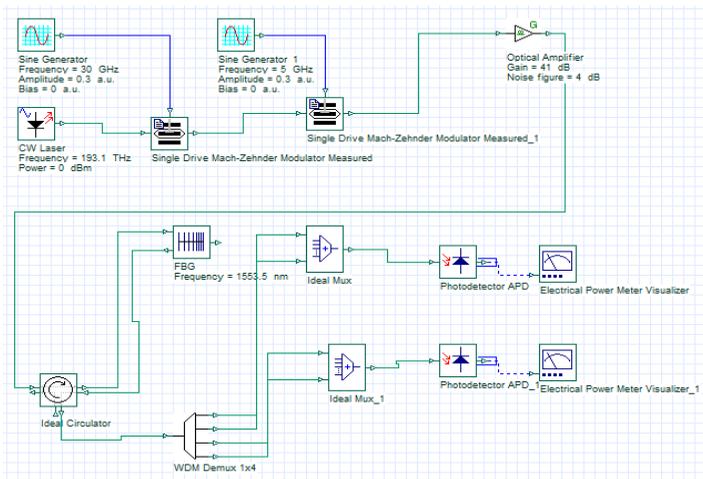


Рис. 1 – Схема устройства для измерения параметров физических полей в Optisystem

Последовательно включенные в схему демультиплексор и мультиплексор имеют цель сформировать два измерительных диапазона для дальнейшего детектирования и обработки. На рисунке 2 и 3 изображены сигналы, которые поступают с ВРБ на фотодетекторы.

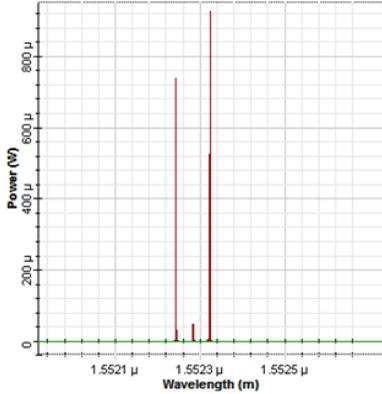


Рис. 2 – Сигнал первого канала, поступающий на первый фотодетектор

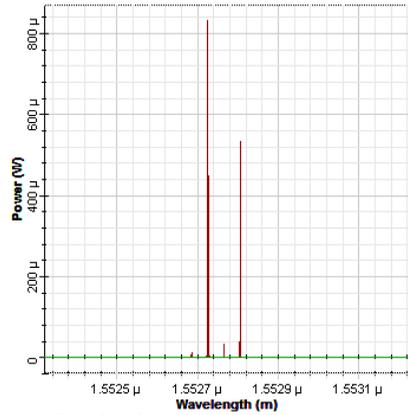


Рис. 3 – Сигнал второго канала, поступающий на второй фотодетектор

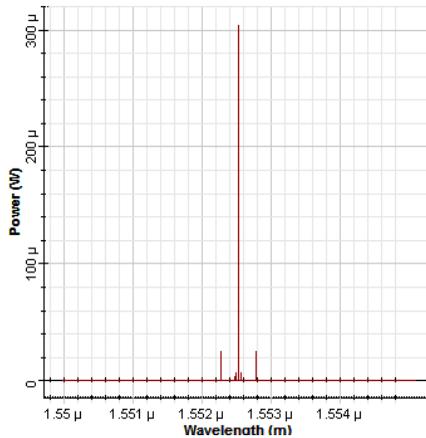


Рис. 4 – Спектр сигнала с модулятора Маха-Цендера

Анализируя сигналы, поступающие с фотодетектора, можно заметить, что они имеют разные амплитуды, чего не было до прохождения через ВРБ (рисунок 4).

### *Литература*

1. Денисенко П.Е., Денисенко Е.П. Симметричное двухчастотное излучение на основе модуляции оптического излучения с помощью электрооптического модулятора Маха-Цендера // Современный научный вестник. 2013. №50 (189), серия: технические науки. С. 81-89, Белгород.
2. Устройство для измерения параметров физических: пат. 122174 Рос. Федерация МПК G01K 11/32 / П.Е. Денисенко, В.Г. Куприянов, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Т.С. Садеев, А.М. Салихов; КНИТУ-КАИ, Россия. № 2012124693/28, заявл. 14.06.2012; опубл. 20.11.2012, Бюл. № 32.
3. Денисенко П.Е., Денисенко Е.П. Четырехчастотный метод мониторинга волоконных решеток Брэгга // Молодой ученый. 2013. №12(59). С. 122-125.
4. Hunter D.B., Minasian R. Reflectivity tapped fiber optic transversal filter using in-fiber Bragg gratings // Electron. Lett. 1995. V. 31. P. 1010-1012.
5. Venkatesh M.S., Ranghatan G.S.V.. An overview of dielectric properties measuring techniques // Canadian Biosystems Engineering. 2005. V. 47. Pp. 7.15-7.30.

УДК 621.396.9

**Леонтьев Антон Ростиславович,**

направление ИТС (магистратура), гр. ИТСм-22.

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры РТ и С

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ АНТЕНН ТИПА ВОЛНОВОЙ КАНАЛ С УДЛИНЁННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ И УКРОЧЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА 6 % ОТНОСИТЕЛЬНО ДЛИНЫ ВОЛНЫ ПРИ ДИАМЕТРЕ ПРОВОДНИКОВ 0,004 ДЛИНЫ ВОЛНЫ С ИЗОЛИРОВАННОЙ ТРАВЕРСОЙ**

Приведены результаты исследований трехэлементных антенн типа волновой канал указанных конструкций при расстоянии от активного вибратора до рефлектора 0,25 длины волны и от активного вибратора до директора от 0,04 до 1,03 длины волны с шагом 0,01 длины волны, промоделированные в программе MMANA GAL Pro. Параметры антенн рассчитаны в табличном процессоре MS Excel и выявлены конструкции, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициенты усиления, отношение излучения вперед/назад, КСВ в полосе рабочих частот.

**Ключевые слова:** директорная антенна, коэффициент стоячей волны, рабочий диапазон частот, отношение излучения вперед/назад, коэффициент усиления.

**Введение.** Антенны являются неотъемлемой частью любой радиотехнической системы. Антенны типа «волновой канал» получили широкое распространение в различных профессиональных устройствах радиосвязи и радиолокации.

Большинство телевизионных коллективных и индивидуальных антенн промышленного изготовления также являются антеннами типа «волновой канал». Это связано с тем, что такие антенны достаточно компактны и обеспечивают получение большого коэффициента усиления при сравнительно небольших габаритах.

Использование многоэлементных вибраторных структур позволяет улучшить указанные параметры антенн, но необходимо исследование таких конструкций путем их численного моделирования и выявления потенциально достижимых характеристик.

**Цель работы** – выявление конструкций трехэлементных антенн типа волновой канал с удлинённым рефлектором и укороченным директором на 6 % относительно длины волны при диаметре проводников 0,004 длины волны, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад,  $KCB$  в полосе рабочих частот.

**Решаемые задачи:**

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

**Техника решения**

Ввиду необходимости исследований большого количества конструкций антенн использованы возможности программы *Tropan Masco Machine* для создания моделей антенн и получения частотнозависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн с помощью макроса, аналогичного созданному ранее [1]. Использована методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн [2].

С помощью файла, созданного в табличном процессоре *MS Excel*, рассчитаны параметры заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн и построены зависимости относительной полосы рабочих частот, средних значений коэффициента усиления, отношения излучения вперед/назад,  $KCB$  в полосе рабочих частот по уровню  $KCB = 1,5$  и 2 при расстояниях от активного вибратора до директора в

пределах  $0,04 \cdot \lambda \dots 1,03 \cdot \lambda$ . Данные зависимости представлены на рисунках 1-3.

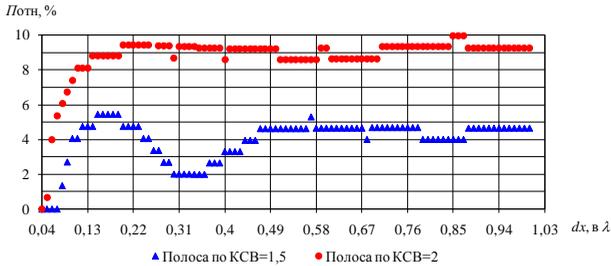


Рис. 1 – Зависимости относительной полосы рабочих частот  $P_{отн}$  от расстояния между активным вибратором и директором

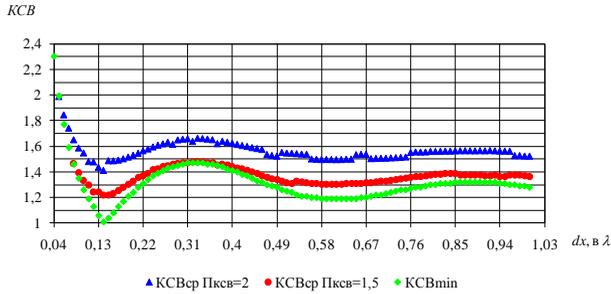


Рис. 2 – Зависимости средних значений  $KCB$  в полосе рабочих частот и минимального значения  $KCB$  от расстояния между активным вибратором и директором

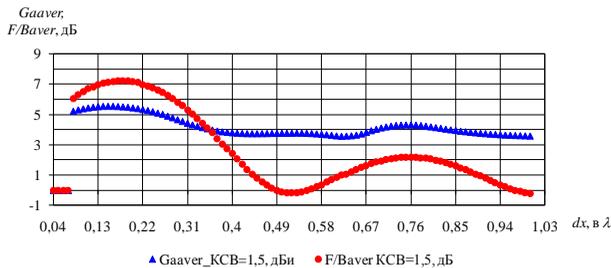


Рис. 3 – Зависимости средних значений коэффициента усиления  $Gaver$  и значений отношения излучения вперед/назад  $F/Baver$  в полосе рабочих частот от расстояния между активным вибратором и директором по уровню  $KCB = 1,5$

## Выводы.

Трехэлементные антенны типа «волновой канал» с удлинённым рефлектором и укороченным директором на 6 % относительно длины волны при диаметре проводников 0,004 длины волны при расстоянии от активного вибратора до рефлектора  $0,25 \cdot \lambda$  и от активного вибратора до директора от  $0,04 \cdot \lambda$  до  $1,03 \cdot \lambda$  с шагом  $0,01 \cdot \lambda$  обеспечивают следующие предельно достижимые параметры:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :

$$P_{OTH} = 5,44 \% (d_{AB-ДИР} = 0,15 \cdot \lambda),$$

$$Ga_{AVER} = 5,54 \text{ дБи} (d_{AB-ДИР} = 0,15 \cdot \lambda),$$

$$F/B_{AVER} = 7,22 \text{ дБ} (d_{AB-ДИР} = 0,18 \cdot \lambda),$$

$$KCB_{CP} = 1,22 (d_{AB-ДИР} = 0,14 \cdot \lambda);$$

- по уровню  $KCB = 2$ :

$$P_{OTH} = 9,4 \% (d_{AB-ДИР} = 0,27 \cdot \lambda),$$

$$Ga_{AVER} = 5,56 \text{ дБи} (d_{AB-ДИР} = 0,16 \cdot \lambda),$$

$$F/B_{AVER} = 7,24 \text{ дБ} (d_{AB-ДИР} = 0,19 \cdot \lambda).$$

$$KCB_{CP} = 1,49 (d_{AB-ДИР} = 0,15 \cdot \lambda).$$

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

- по уровню  $KCB = 1,5$ :

$$P_{OTH} = 5,44 \%,$$

$$Ga_{AVER} = 5,54 \text{ дБи} \text{ и } F/B_{AVER} = 7,15 \text{ дБ}, KCB_{CP} = 1,22 \text{ при расстояния } d_{AB-ДИР} = 0,15 \cdot \lambda;$$

- по уровню  $KCB = 2$ :

$$P_{OTH} = 8,81 \%, Ga_{AVER} = 5,56 \text{ дБи} \text{ и } F/B_{AVER} = 7,19 \text{ дБ}, KCB_{CP} = 1,49 \text{ при расстояния } d_{AB-ДИР} = 0,15 \cdot \lambda.$$

## Литература

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

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

УДК 17.4.5

**Лопатин С. В. ,**

направление ИТС (магистратура), гр. ИТСм-12.

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры РТиС

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОЛОГРАФИИ В ЛАЗЕРНЫХ УКАЗАТЕЛЯХ**

Все большее внимание государство уделяет обеспечению пожарной безопасности в зданиях и сооружениях. Повышению эффективности эвакуации людей служит лазерная эвакуационная система. Данная система представляет собой лазерные указатели направления движения («стрелка»), подключенные к системе управления пожарной сигнализацией.

Основные требования к лазерным указателям – это высокая интенсивность излучения, проходящего через газовую (дымовую) среду, а также стойкость к высоким температурам.

Существуют различные способы построения лазерных указателей. Одним из них является указатель с голографическим оптическим элементом (ГОЭ).

Голографический оптический элемент (ГОЭ) представляет собой насадку на лазер и предназначен для формирования изображения определенного вида и размеров на экране (плоской поверхности).

С физико-технологической точки зрения ГОЭ – это Фурье-голограмма исходного объекта, зарегистрированная на фотополимерном материале (ФПМ). В свою очередь ФПМ – это многокомпонентная смесь органических веществ, нанесенная в виде аморфной пленки толщиной  $0.01 \div 1$  мм на стеклянную или пленочную подложку, в состав которой входят: краситель (сенситивизатор), донор (инициатор), мономер и полимерная матрица [1,2].

Данные материалы сравнительно просты в изготовлении и использовании, не требуют процессов мокрой обработки, обладают высокими голографическими характеристиками (дифракционной эффективностью до 100%, чувствительностью  $\sim 100$  мДж/см<sup>2</sup>).

Запись экспериментальных образцов ГОЭ проводилась на установке, схема которой изображена на рисунке 1.

Основные оптические элементы установки: 1 – He-Ne лазер, 2 – затвор, 3 – зеркала, 4 – коллиматор, 5 – светоделитель, 6 – диффузор,

7 – транспарант с изображением объекта, 8 – Фурье-объектив, 9 – регистрирующая среда.

В качестве регистрирующей среды использованы голографические фотополимерные материалы, разработанные в Новосибирском институте органической химии Сибирского отделения РАН [2].

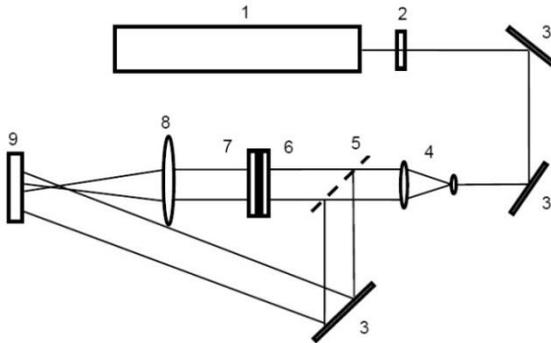


Рис. 1 – Схема установки записи ГОЭ

В ходе работы выяснено, что изображение контурной стрелки, которую изначально планировалось спроецировать, невозможно использовать из-за больших энергетических потерь при съемке, поэтому использовался транспарант с альтернативным изображением стрелки.

В результате предварительных экспериментов получены образцы ГОЭ, создающих необходимое изображение.

Пример такого изображения представлен на рисунке 2. Размер изображения – 10 см на расстоянии около 2 м от экрана.

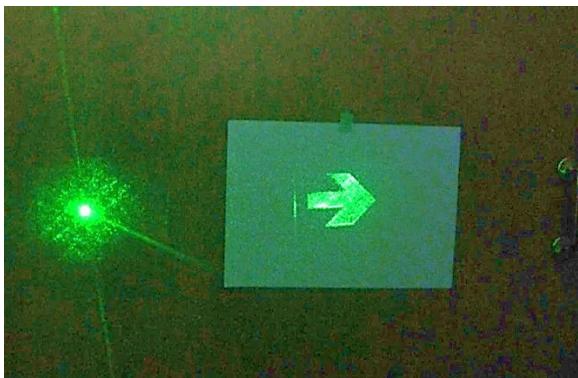


Рис. 2 – Пример изображения, восстановленного из ГОЭ

На рисунке 2 видно, что присутствуют шумы рассеяния, а также недостаточна яркость изображения. Целью дальнейших экспериментов будут улучшение качества изображения и повышение функциональности разрабатываемого ГОЭ.

Автор благодарен старшему научному сотруднику ИАиЭ СО РАН Пену Евгению Федоровичу – кандидату технических наук, доценту, старшему научному сотруднику НИОХ СО РАН Васильеву Евгению Владимировичу — кандидату химических наук, за предоставленные образцы ФПМ и ГОЭ и помощь в проведении научной работы.

#### *Литература*

1. William J. Gambogi, Andrew M. Weber and T. John Trout Advances and Applications of DuPont Holographic Photopolymers // Proc SPIE. 1993. 2043. P. 2-13.
2. Голографические фотополимерные материалы / В.В. Шелковников, Т.Н. Герасимова, Е.Ф. Пен, В.А. Лоскутов, П.Е. Твердохлеб, Ю.А. Сазонов // Наука – производству. 2004. №5. С.2-6
3. Франсон М. Голография: пер. с фр. под ред. Ю.И. Островского. М.: Мир, 1972. 246 с.

УДК 621.396.67

**Малых Дмитрий Вячеславович, Файзуллин Ренат Илдусович**  
направление Радиотехника (магистратура), гр. РФМТ 5193

Научный руководитель **Денисенко Павел Евгеньевич**, канд. техн. наук, доцент  
кафедры радиотоники и микроволновых технологий  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХЧАСТОТНОГО СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ ФОТОДЕТЕКТОРА**

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены принцип работы оптоволоконной решётки Брегга и математическое моделирование четырехчастотного сигнала на выходе фотодетектора, выявлены основные особенности.

*Ключевые слова:* волоконно-оптический датчик, датчик на основе оптоволоконной решётки Брегга, длина волны.

*Abstract.* This report describes the working principle of fiber Bragg grating and mathematical modeling of four-photon signal at the output of the photodetector, the main features.

*Keywords:* fiber-optic sensor, a sensor based on fiber Bragg grating, wavelength.

В настоящее время использование волоконно-оптических датчиков (ВОД) совместно с волоконной решёткой Брэгга (ВРБ) в различных сферах деятельности человека находит чрезвычайно широкое применение. Рассмотрим математическое моделирование четырехчастотного сигнала на выходе фотодетектора.

После прохождения четырехчастотного сигнала через датчик ВРБ, сигнал попадает на демультиплексор, который служит для последующего формирования двух каналов измерения с последующим детектированием на фотодетекторе (рис. 1).

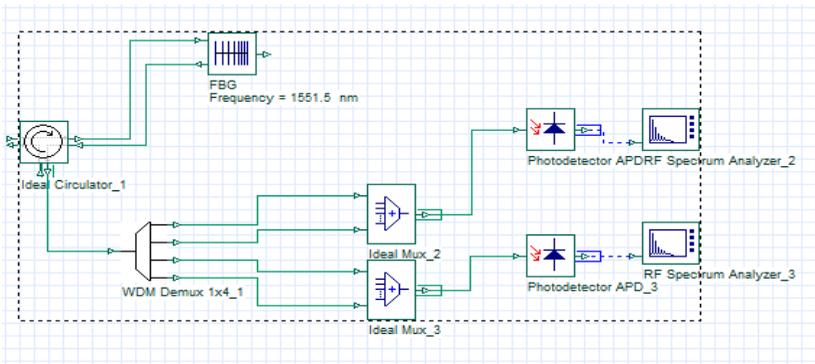


Рис. 1 – Схема служит для последующего формирования двух каналов

С выхода датчика ВРБ выходит четырехчастотный сигнал, как показано на рисунке 2.

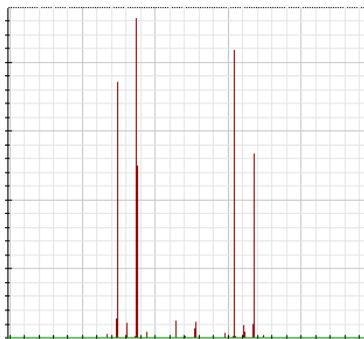


Рис. 2 – Спектр сигнала на выходе ВРБ

Полученный измерительный сигнал с выхода ВРБ далее поступает на вход демультиплексора. Последовательно включенные в схему демультиплексор и мультиплексор имеют целью сформировать два измерительных диапазона для дальнейшего детектирования и обработки. На вход фотодетекторов поступают сигналы определенной формы. Данный фотодетектор выполнен на основе лавинного диода, работающий в нелинейном режиме.

Рассмотрим работу диодного детектора. Так как на фотодетектор поступает сигнал с малой величиной амплитуды, то это означает, что используется начальный сгиб характеристики диода, который описывается квадратичным слагаемым, поэтому способ детектирования сигнала квадратичный.

В нашем случае на фотодетектор поступает два сигнала с разными частотами и разными амплитудами. Амплитуда сигналов, которая зависит от значений амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) контура на соответствующих значениях обобщенной расстройки, в нашем случае мы рассматриваем треугольный контур.

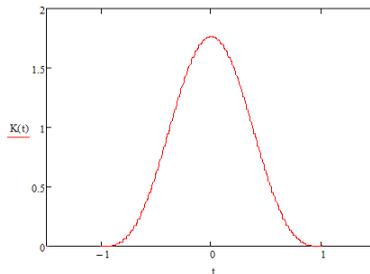


Рис. 3 – Амплитудная огибающая сигнала на выходе фотодетектора

Так как рассматриваем случай, когда средняя обобщенная расстройка контура не совпадает со средней обобщенной расстройкой сигнала, то амплитуды составляющих попарно симметричны относительно несущих частот на выходе фотодетекторах будут в два раза больше сигнала по амплитуде и симметрично удалены по частоте от четырехчастотного входного колебания.

#### *Литература*

1. Дураев В.П. Перестраиваемые одночастотные полупроводниковые лазеры // Физика и техника полупроводников. 2014. Том 48. Вып. 1.

2. Садеев Т.С. Фотонные фильтры микроволновых на основе одночастотного лазера и амплитудного электрооптического модулятора Маха-Цендера: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2011.

3. Гаврилов А.М. Нелинейная дисперсия трехчастотного волнового пакета в бездисперсионной квадратично-нелинейной среде. Эксперимент // Техническая акустика: электронный журнал. 2005, 29.

4. МПК G01K 11/32 (2006/01). Устройство для измерения параметров физических полей / П.Е. Денисенко, В.Г. Куприянов, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Т.С. Садеев, А.М. Салихов. КНИТУ им. А.Н. Туполева. №2012124693/28(037831); Заявл. 14.06.2012

5. Морозов О.Г. Симметричная двухчастотная рефлектометрия в лазерных системах контроля параметров природной и искусственных сред: дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2004.

УДК 621.396.67

**Малых Дмитрий Вячеславович, Файзуллин Ренат Илдусович**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РФМТ 5193

Научный руководитель **Денисенко Павел Евгеньевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФИКСИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА**

*Аннотация.* В данной статье рассмотрен принцип работы оптоволоконной решётки Брегга, выявлены основные особенности и недостатки.

*Ключевые слова:* волоконно-оптический датчик, датчик на основе оптоволоконной решётки Брегга, длина волны.

*Abstract.* This report describes the working principle of a fiber Bragg grating, the main features and drawbacks.

*Keywords:* fiber-optic sensor, a sensor based on fiber Bragg grating, wavelength.

Волоконно-оптические датчики (ВОД) в настоящее время используются в различных сферах человеческой деятельности достаточно широко. Рассмотрим основные особенности и перспективы их использования.

Перестраиваемый источник зондирующего излучения перед установкой в преобразователь следует настраивать следующим образом (рис. 1):

- а) ограничивается диапазон длин волн зондирования в 1510-1590 нм;
- б) закон перестройки выбирается ступенчатым, с шагом в 4 нм.

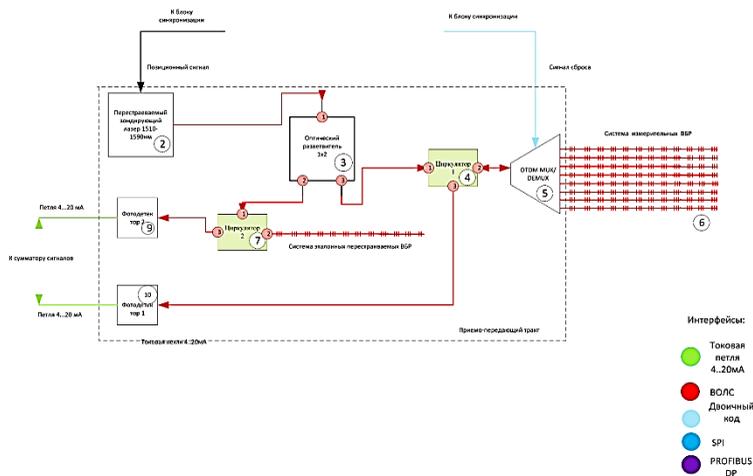


Рис. 1 – Измерительная система ВОД

Позиционные сигналы с блока синхронизации поступают на перестраиваемый лазер, который в свою очередь начинает зондирование в соответствии с назначенным шагом и синхронизируется с позиционными сигналами. Диапазон работы лазера условно разделен на 20 интервалов, они зондируются последовательно и пошагово с шириной интервала в 4нм. При окончании зондирования двадцатого интервала процесс продолжается. Лазерный луч с изменяемой длиной волны в требуемом диапазоне поступает по одномодовой оптоволоконной линии связи на порт 1 оптического разветвителя. В разветвителе происходит деление мощности сигнала строго пополам. Разделенные сигналы выходят с порта 2 и 3.

Оптический сигнал поступает на порт 1 циркулятора, но не прерывает изменений и выходит с порта 2. Сигнал, отраженный от датчиков волоконной решётки Брегга (ВРБ), поступает обратно на циркулятор, но, отражаясь, выходит с порта 3.

На OTDM MUX/ DEMUX в свою очередь поступает два типа сигналов: один электрический – сигнал сброса, а другой оптический измерительный сигнал.

Сигнал сброса указывает на переключение очередной линии мультиплексора. Измерительный сигнал, поступивший на OTDM DEMUX, выходит с определенного канала, в котором происходит зондирование. После окончания зондирования мультиплексор получает сигнал сброса и переключает следующий канал. Затем процесс повторяется.

Следует отметить, что OTDM мультиплексор необходимо использовать с одноволновым входным каналом. Так как использование двухволновых мультиплексоров приведет к добавлению новых блоков и, как следствие, – к усложнению интерфейса.

Оптический сигнал, отраженный от ВРБ, поступает обратно на мультиплексор. То есть зондирование происходит в полудуплексном режиме. Соответственно OTDM работает как в режиме мульти-, так и демультиплексирования. Так как каждый канал мультиплексора зондируется на разных частотах, необходимо учитывать возможность работы OTDM MUX/ DEMUX в требуемом диапазоне частот.

Несмотря на относительно широкий диапазон шага измерений в 4 нм, позволяющий замерять довольно широкие диапазоны воздействий, все же существует риск смещения центральной длины волны ВРБ за указанную ширину. Для этого в OTDM MUX\ DEMUX установлены транспонеры, каждый из которых настроен на конкретный диапазон длин волн с шириной интервала зондирования (4нм). В данном случае если центральная длина волны ВРБ сместится за диапазон 4нм, то отраженный сигнал с ВРБ не пройдет через OTDM DEMUX. Соответственно если датчик не среагирует, то возникнет аварийная ситуация, так же как и при выходе датчика из строя.

Волокна с нанесенными ВРБ решетками образуют матрицу решеток. Исходя из условия, что каждая решетка записывается на своей центральной длине волны, то лазерный луч, проходящий через матрицу решеток, отражается только от определенного ВРБ, на которой записана решетка. Оптический сигнал, проходящий через другие, не претерпевает изменений. Это достигается путем зондирования относительно узким спектральным составляющим.

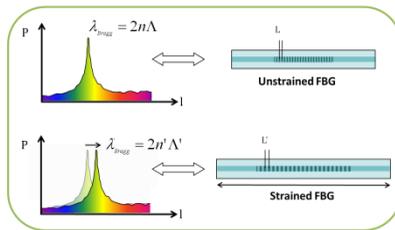


Рис. 2 – Смещение брэгговской длины волны под воздействием растяжения ВРБ

Принцип прохождения сигнала аналогичен циркулятору 4. Перестраиваемые ВРБ – система эталонных решеток, допускающие возможность

калибровки. Данные решетки записываются с теми же параметрами, которые учитываются при записи измерительных ВРБ. Главное отличие данных решеток заключается в том, что на них отсутствует внешнее воздействие, а это означает, что система решеток изолирована от внешней среды. Но данная система допускает калибровку через определенные промежутки времени эксплуатации. Оптический сигнал, пришедший с циркулятора, отражается от определенного датчика ВРБ. Данный сигнал является эталонным, соответственно необходимы дополнительные меры организации защиты ВОЛС, по которому проходит оптический сигнал, во избежание потерь и, как следствие, неточности измерений.

Фотодетекторы преобразуют оптические сигналы в электрические в требуемом диапазоне длин волн.

#### *Литература*

1. Jung E. J. Characterisation of FBG sensor interrogating based on a FDML wavelength swept laser // Opt. Express 16(21)/ 16552-16560, 2008.
2. Ezbiri A., Kanellopoulos S.E., Handerek V.A. High resolution instrumentation system for fibre-Bragg grating aerospace sensors // Opt. Commun. 150(1-6), 43-48, 1998.
3. Li G. Fiber grating sensing interrogation based on an InGaAs photodiode linear array // Appl. Optics. 46(3), 283-286, 2007.
4. Bodendofer T. Comparison of different peak detection algorithms with regards to spectrometric fiber Bragg grating interrogation systems // International Symposium on Optomechatronic Technologies, Istanbul, Turkey. PP. 122-126, IEEE Computer Society, Piscataway, NJ , 2009.

УДК 621.397.13:004.353

**Масленников Михаил Андреевич,**

направление Биотехнические системы (бакалавриат), гр. БТС-41

Научный руководитель **Батухтин Дмитрий Михайлович**, аспирант  
ФГБУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола

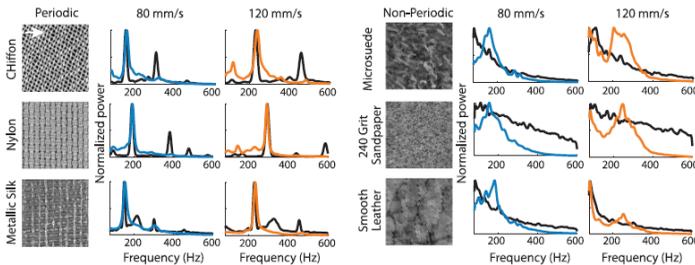
## **РАЗРАБОТКА БРАЙЛЕВСКОГО ДИСПЛЕЯ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ**

**Актуальность.** При растущем уровне информации людям с отсутствующим зрением тяжело находить информацию на ресурсах сети интернет, в том числе из-за недостаточной пропускной способности существующих для них устройств. Чтение электронных ресурсов при помощи современных средств неудобно, в отличие от классической книги,

напечатанной при помощи брайлевского кода. Одним из возможных подходов решения проблемы является разработка устройства с иным методом вывода информации в виде брайлевского кода.

Конечной **целью проекта** является создание периферийного устройства ввода и вывода информации для людей с ограниченным зрением, которое позволит удобно пользоваться электронными книгами и ресурсами сети интернет.

**Техника решения.** Мы проанализировали статью Natural scenes in tactile texture 0022-3077/14 2014 the American Physiological Society [1], где с помощью вибрметра исследовалась частота колебания кожи пальца, при сканировании им различных текстур. Один из выводов гласит, что полученные колебания не сформированы профилем поверхности кожи. Однако колебания кожи имеют тенденцию к частотным пикам между 150 и 250 Гц, которые не соответствуют пикам в микроструктуре поверхности (рис.1). Спектральные центры тяжести колебаний скорее имеют тенденцию группироваться вокруг этих частот, нежели охватывать более широкий диапазон.



**Профилометрия текстур**

Таким образом, поверхность микрогеометрия отражается в какой-то степени в вызванных колебаниях кожи, но совпадение между поверхностью и колебаниями несовершенно: предполагается, что колебания могут быть образованы частично биомеханическими свойствами кожи.

С учетом этого для создания периферийного устройства предлагается использование матрицы из пьезоэлектрических кристаллов, разрешением 256 на 192 сегмента, при размере 1-го сегмента 1,5 мм на 1,5 мм. Воздействуя на кожу кончиков пальцев, а именно подвергая точечному воздействию излучения в диапазоне от 150 до 250 Гц, тем самым добиваемся эффекта, при котором испытуемый (пользователь) воспринимает излучаемую частоту как физический объект.

**Результаты.** Применение данного метода вывода информации устройства позволит использовать его в брайлевских дисплеях. Современные косвенные аналоги имеют всего одну строку для вывода брайлевского кода. Устройство, работающее по вышеописанному методу, способно будет выводить текстовую и символьную информацию в несколько рядов, а также производить вывод простых изображений для восприятия его с помощью осязания. Всё это даст возможность удобно работать с ресурсами интернета, обеспечит больший одновременный вывод информации, удобное отображение материала, использования устройства без «экранного диктора» операционной системы ПК. Благодаря отсутствию сложной механики, данное устройство сможет стоить меньше своих косвенных аналогов.

**Заключение.** В работе предложен новый способ вывода информации в виде брайлевского кода при использовании пьезоэлектрических кристаллов. Полученные результаты могут служить для построения брайлевского дисплея, периферийного устройства ввода и вывода информации для людей с отсутствующим или ограниченным зрением.

#### *Литература*

Natural scenes in tactile texture 0022-3077/14 2014 the American Physiological Society.

УДК 621.306.67

**Матрашева Кристина Эдуардовна,**

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

Научный руководитель **Чернышев Александр Юрьевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры радиотехники и связи  
ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК НА КАЧЕСТВО ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ**

В данной статье рассматривается задача выбора оптимальной структуры построения фазированной антенной решетки (ФАР), при которой обеспечивается минимальная погрешность формирования сигнала в дальней зоне.

В передатчиках с ФАР реализуется принцип пространственного сложения мощностей колебаний, излучаемых отдельными элементами

решетки. При этом синхронное и синфазное сложение частных колебаний происходит только в определенном направлении и обеспечивается за счет временных задержек, вводимых в каждом из элементарных каналов. Величина требуемой задержки в общем случае определяется выражением

$$\tau_n(\alpha) = \frac{(x_n - x_B) \cdot \sin \alpha}{c},$$

где  $x_n$  – координата  $n$ -го излучателя ФАР,  $x_B$  – координата базового элемента ФАР,  $\alpha$  – угол поворота луча относительно нормали к оси ФАР,  $c$  – скорость распространения электромагнитных волн в свободном пространстве. И в пассивных, и в активных ФАР введение задержек с целью синхронизации колебаний может выполняться с помощью различных технических средств.

Простейшее решение основано на применении фазовращателей (ФВ) с непрерывным управлением. Такие фазовращатели имеют диапазон регулировки фазового сдвига не более  $2\pi$ , что соответствует только одному периоду несущего колебания. Вследствие этого, как показывают результаты математического моделирования и реальных измерений, происходит неполная синхронизация колебаний, если требуемые задержки превышают период. Наиболее сильно это проявляется в ФАР больших размеров и при излучении коротких радиоимпульсов.

Аналогичная ситуация имеет место при использовании ферритовых фазовращателей с дискретным управлением [1]. Следует отметить, что в данном случае даже в относительно небольших ФАР ухудшается точность синхронизации и формирования сигнала при малой разрядности управляющих комбинаций.

Альтернативное решение основано на использовании дискретно управляемых линий задержки (УЛЗ). Они в принципе не критичны к размерам фазированной антенной решетки, однако для получения высокой точности синхронизации и формирования сигнала требуется большое количество элементарных звеньев УЛЗ. Поскольку все звенья являются различными, это существенно ухудшает технологичность элементарных модулей ФАР.

Принципиально новый подход представляет совместное использование УЛЗ и ФВ с цифровым управлением. С помощью управляемой линии задержки, состоящей из ограниченного числа звеньев, производится грубая регулировка временной задержки с шагом, не превышающим периода несущего колебания. Прецизионная настройка осуществляется с помощью дискретно управляемого фазовращателя. При этом диапазон регулировки ФВ, выраженный в периодах несущего колебания, должен быть не меньше шага перестройки УЛЗ.

По итогам функционального моделирования различных вариантов построения модулей ФАР в качестве показателей точности формирования сигналов определены скалярные произведения реальных и эталонного сигналов, а также среднеквадратические погрешности (СКП) формирования сигналов. Нормированное скалярное произведение и нормированная СКП вычисляются соответственно по следующим формулам [2]:

$$R = \frac{\int_t s(t) \cdot ss(t) dt}{\int_t s(t) \cdot s(t) dt};$$

$$Q = \frac{\sqrt{\int_t (s(t) - ss(t))^2 dt}}{\sqrt{\int_t (s(t))^2 dt}},$$

где  $s(t)$  – эталонный сигнал, а  $ss(t)$  – реальный сигнал, полученный с помощью ФАР того или иного типа.

Как и ожидалось, максимум скалярного произведения и минимум СКП получены для фазированной антенной решетки с модулями комбинированного типа.

В частности, для 10-элементной ФАР с шагом между элементами, равным длине волны, при использовании УЛЗ, состоящей из 4 звеньев, и ФВ с 8-разрядным цифровым управлением, при формировании радиоимпульса с коэффициентом заполнения 10 и при угле поворота луча относительно нормали  $45^\circ$  получены следующие результаты:

- при использовании только фазовращателя нормированное скалярное произведение равно 0,73, а нормированная СКП – 0,564 (при этом наблюдается расширение длительности импульса примерно на 6 периодов несущего колебания, а также затягивание переднего и заднего фронтов на такую же величину, как показано на рис. 1);

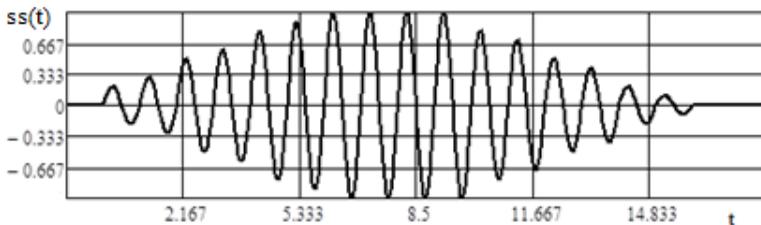


Рис. 1 – Временная диаграмма радиоимпульса при использовании ФАР на основе управляемых фазовращателей

- при использовании только УЛЗ нормированное скалярное произведение равно 0,78, а нормированная СКП – 0,225 (при этом, как видно на рис. 2, существенных искажений формы радиоимпульса нет);

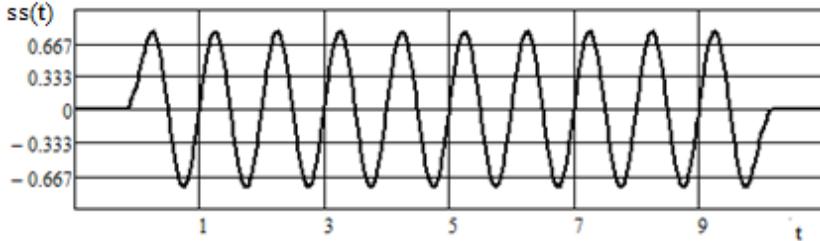


Рис. 2 – Временная диаграмма радиоимпульса при использовании ФАР на основе управляемых линий задержки

- при использовании комбинированной схемы нормированное скалярное произведение близко к 1, а нормированная СКП пренебрежимо мала и составляет примерно  $10^{-15}$ . При этом форма сигнала наиболее близка к идеальной, как показано на рис. 3.

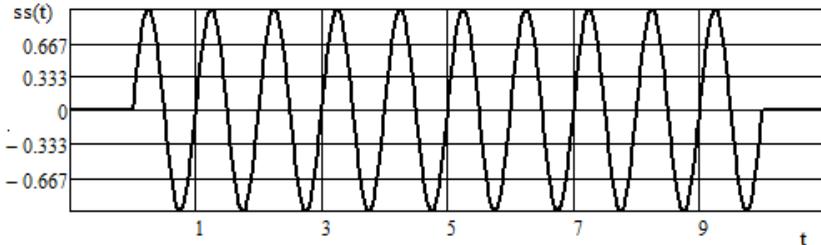


Рис. 3 – Временная диаграмма радиоимпульса при использовании ФАР на основе комбинированной схемы

**Вывод.** Таким образом, комбинированная схема формирования временных задержек в модулях ФАР позволяет даже при малых значениях параметров цифрового управления получить высокую точность синхронизации и формирования сигналов.

*Литература*

1. Алпатов Н.И. Ферриты в электронных схемах. М.: Воениздат, 1962. 112 с.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1988. 432 с.

УДК 550.388.2

**Михайлов Павел Петрович,**

направление ИТС (магистратура), гр. ИТС-21.

Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры РТиС

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

## **ПРОГРАМНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС АДАПТАЦИИ СИГНАЛА ПРИ ОЦЕНКЕ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА К ИЗМЕНЕНИЯМ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ**

**Актуальность.** Неослабевающий уже несколько десятилетий интерес к проблеме изучения ионосферных возмущений обусловлен тем, что эти исследования являются не только серьезной научной задачей, но имеют и важные прикладные аспекты. Возмущения (неоднородности) проявляются в вариациях различных параметров среды: электронной концентрации ( $N_e$ ), полного электронного содержания (ПЭС), температуры ионов и электронов ( $T_i$ ,  $T_e$ ) и др. Ионосферные возмущения являются одной из составляющих частей комплекса космической погоды в околоземном космическом пространстве (ОКП), оказывая существенное влияние на функционирование современных технологических систем связи, навигации, локации, энергетики, космической техники. Практическое использование ОКП требует новых знаний о динамическом режиме неоднородной ионосферы. При этом необходимо учитывать глобальную протяженность ионосферы, ее регулярную и случайную изменчивость, взаимодействие с атмосферными слоями, магнитосферой, солнечным ветром.

**Целью работы** является создание экспертной системы, включающей базу знаний о состоянии полного электронного содержания ионосферы при различных геомагнитных условиях с целью дальнейшей корректировки параметров передаваемых радиосигналов.



**Навигационный приемник  
NovAtelFlexPack-V2**



**Антенна NovAtel GPS**

**Техника эксперимента.** В процессе работы планируется выполнение множества экспериментов с целью составления вариаций полного электронного содержания при различных условиях [1-3].

Для проведения экспериментов планируется использовать двухсистемный двухчастотный радионавигационный приемник Novatel FlexPackV2, который позволяет измерять все основные радионавигационные параметры радиосигнала.

**Перспективы.** В дальнейшем это будет структурировано и использовано в качестве основного контента в разрабатываемой экспертной системе. В этом программном продукте планируется два режима использования: режим пользователя и режим администратора.

В режиме пользователя можно будет в качестве исходных данных вводить текущие значения, характеризующие геомагнитное состояние ионосферы (значение Kp индекса, длительности магнитных бурь, количество солнечных вспышек, их длительности и силы).

В результате программа должна показать соответствующие графики суточного хода абсолютного ПЭС и отфильтрованные вариации ПЭС, характеризующие мелкие неоднородности ионосферы. После этого программный продукт должен выдать рекомендации о более точной настройке приёмно-передающего оборудования.

В режиме администратора возможно внесение рекомендаций и обновление логических связей между входными и выходными данными.

#### *Литература*

1. Афраимович Э.Л., Первалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: Изд.во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН. 2006. 480 с.
2. Влияние геомагнитных возмущений на полное электронное содержание ионосферы / В.А. Иванов, А.Ю. Желонкин, Н.В. Рябова, А.В. Зуев // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2011. № 1. С. 24-30.
3. Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / А.А. Мильникова, В.В. Демьянов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Зуев, М.И. Рябова, А.А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2013. №3. С.18-29.
4. Первалова Н.П., Полех Н.М., Воейков С.В. Исследование связи ионосферных возмущений в Восточносибирском и Дальневосточном регионах с циклонической активностью// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сборник научных статей. М.: ООО "Азбука-2000", 2009. Вып. 6, Т. II. С. 287–295.

**Михалёва Анна Юрьевна,**  
направление БТС (бакалавриат), гр. БТС-41  
Научный руководитель **Петухов Игорь Валерьевич,** д-р техн. наук,  
профессор кафедры ПИПЭВС  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ**

**Актуальность.** Ежедневно на дорогах России происходят десятки аварий. Причины ДТП различны, однако, как показывает статистика, более половины аварий происходит по вине водителей, чей стаж вождения не превышает трех лет [1]. Сейчас ГИБДД особое внимание уделяет подготовке водителей и организации процесса обучения в автошколах: увеличивается срок обучения, внедряются новые образовательные программы, ужесточаются правила проведения экзамена [2]. В процессе обучения применяются стенды, тренажеры для тренировки начинающего водителя, однако они не применимы при движении на дороге в сложной городской или иной среде.

Помочь водителю не пропустить дорожный знак, а также сконцентрировать внимание на скоростном режиме преодолеваемого участка дороги, при этом не отвлекаясь от управления транспортным средством, – основная задача, решением которой является создание устройства для помощи водителю. **Целью** данной статьи является анализ существующих методов распознавания дорожных знаков и устройств для их осуществления.

Группой российских инженеров А. А. Симдянкиным, В. А. Симдянкиным, И. А. Успенским, Ю. Н. Паршиным и др. был разработан «способ безопасности дорожного движения», который состоит из блока обнаружения дорожных знаков и светофоров, блока обнаружения ТС, передатчика исходящего радиосигнала, узконаправленного и ограниченного по зоне действия излучения в сторону движения транспортного потока, приемника излучения, расположенного в самом ТС, для получения и распознавания сигналов, излучаемых дорожными знаками и светофорами. В устройстве предполагаются блок отображения информации, а также блок памяти и протоколирования нарушений и блок выработки рекомендаций водителю. Данная система предполагает вмонтирование во все дорожные знаки излучателя радиосигнала, содержащего информацию о знаке, а также установку приемников данного излуче-

ния в самом автомобиле. Система способна анализировать полученную от знака информацию, записывать ее и выдавать водителю в виде рекомендаций по параметрам движения [3].

Способ позволяет точно и направленно передавать сигнал от знака к приемнику в автомобиле, однако эта система предполагает усовершенствование всех дорожных знаков, что крайне не выгодно для регионов РФ, а так же предполагает дополнительные затраты со стороны всех водителей.

В автореферате к диссертации И. Г. Власенко подробно описывается микрокомпьютерная система распознавания объектов дорожного движения. Устройство основывается на микрокомпьютере Raspberry Pi и содержит в своем составе камеру и устройство вывода информации. Программа для данного устройства реализована в среде Matlab. Разработанный алгоритм распознавания дорожных знаков предполагает захват кадра камерой, локализацию участка, содержащего дорожный знак, применение бинарного и цветового фильтров, выделение связанных областей, распознавание, запись в БД, выборку знаков и устранение повтора одинаковых изображений и вывод кадра [4].

Данная система не обладает способностью к обучению и контролю за передвижением ТС.

Инженерами российского института систем обработки изображений Российской академии наук (ИСОИ РАН) разработано «Устройство анализа дорожной обстановки и выработки предупредительных сигналов водителю транспортного средства». Данный прибор состоит из индикаторного блока, блока распознавания автомобилей, блока распознавания разметки, блока видеорегистрации. Работа устройства начинается со считывания информации о дороге устройством видеорегистрации с последующей передачей ее на блок распознавания косвенных признаков, блок распознавания автомобилей и блок распознавания разметки. По распознанным косвенным признакам формируются предполагаемые элементы разметки. Если предполагаемые элементы разметки не совпадают с элементами разметки, полученными от блока распознавания разметки, то они отображаются в индикаторном блоке вместе с исходным видеоизображением от устройства видеорегистрации [5].

Данная система не позволяет оценить правильность управления ТС, а также соблюдение скоростного режима.

Разработано устройство для повышения безопасности дорожного движения, позволяющее путем визуализации дорожных знаков в салоне транспортного средства получать необходимую информацию. Устройство содержит не менее одной видеокamеры, размещенных на ТС с воз-

возможностью обзора мест расположения знаков и светофоров на дороге, блок распознавания знаков и сигналов светофоров, соединенный с видеокамерами, и блок информирования водителя, подключенный входом к блоку распознавания знаков и сигналов светофоров. При этом блок информирования водителя включает в себя установленный на входе блок выбора сообщений и связанные с ним блок управления, блок памяти, а также видеоустройства дисплейного или проекторного типа, или аудиоустройство [6].

Устройство имеет один недостаток: оно не позволяет определить нарушение правил дорожного движения.

У каждого представленного устройства есть свои сильные и слабые стороны. Анализ недостатков и достоинств существующих устройств позволяет разработать новое устройство для помощи обучающимся вождению. Прибор содержит микрокомпьютер Raspberry pi, представляющий собой микрокомпьютер на процессоре ARM с Linux в качестве ОС, имеющем разъем для подключения по шине SPI. Именно по ней осуществляется подключение камеры к микрокомпьютеру, так как она обеспечивает более быструю передачу данных. Микрокомпьютер через порт microUSB подключается к аккумулятору с напряжением 5 В. Динамик подключается в аудиоразъем, расположенный на плате Raspberry pi. TFT экран также подключается непосредственно к самому МК, именно через него осуществляются настройка и управление всем устройством. GPS-модуль для одновременного учета скорости движения и места, где эта скорость была развита, а также блок памяти, находящийся в МК. Устройство позволит считывать дорожные знаки и выводить звуковую и визуальную подсказку водителю. Система учета скорости движения даст возможность оценить правильность действий обучающегося, а также оценить сам процесс вождения.

**Выводы.** Анализ существующих методов распознавания дорожных знаков и приборов для его осуществления позволяет сделать вывод о том, что конкурирующие системы не подходят для обучения вождению и не позволяют оценить соблюдение водителем правил дорожного движения. С учетом всех недостатков, разрабатывается Устройство для помощи обучающимся вождению, позволяющее распознавать дорожные знаки, информировать водителя об их особенностях, а также запоминать нарушения и сохранять нарушения ПДД для последующей оценки движения.

#### *Литература*

1. Статистика ДТП в России [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан., 2015. Режим доступа: <http://www.1gai.ru>, свободный.

2. Правила проведения экзаменов на право управления транспортными средствами и выдачи водительских удостоверений, утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 октября 2014 г. № 1097 [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан., 2014. Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>, свободный.

3. Способ повышения безопасности дорожного движения: заявка на изобр.: 2013135675 РФ, МПК G08G 1/09, Успенский И.А., заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева». № 2013135675/11. Заявл.: 31.07.2013, опубл.: 10.02.2015 Бюл. № 4.

4. Власенко И. Г. Микрокомпьютерная система распознавания объектов дорожного движения: автореф. дис. на соиск. академ. степ. магистра. Комсомольский-на-Амуре гос. техн. универ. Комсомольск-на-Амуре, 2015. 15 с.

5. Устройство анализа дорожной обстановки и выработки предупредительных сигналов водителю транспортного средства: патент на пол. мод.: 119497 РФ, МПК G08G1/0962, Бибииков С. А., Минаев Е. Ю., Якимов П. Ю., патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ)», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем обработки изображений Российской академии наук (ИСОИ РАН). № 2012115163/11. Заявл.: 16.04.2012, опубл.: 20.08.2012.

6. Способ повышения безопасности дорожного движения путем визуализации дорожных знаков в салоне транспортного средства и устройство для его осуществления, опис. изобрет. к патенту: № 2268499 РФ, МПК G08G1/09, Никитин В. С.; патентообладатель: Никитин В. С.,: № 2003138097/11. Заявл.: 30.12.2003, опубл.: 20.01.2006.

УДК 681.586.5

**Мякшина Татьяна Александровна,**

СПО «Колледж информационных технологий», гр. 4435

**Ктомас Борис Григорьевич,** ст. преп. кафедры компьютерных систем  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань*

## **ПРЕЦИЗИОННЫЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СОСТАТЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛИ В ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЯХ**

**Актуальность.** Производственная пыль считается одним из главных факторов ухудшения здоровья работников и может явиться причиной развития смертельной болезни – силикоза, который даже при отно-

нительно успешном лечении неизбежно приводит к инвалидности; кроме того, производственная пыль может спровоцировать развитие злокачественных опухолей как в дыхательных путях и лёгких, так и в других органах, если пыль содержит канцерогенные вещества. Поэтому любое накопление пыли в производственных помещениях чревато опасными последствиями, и борьба с запылением является одной из самых главных задач экологической защиты предприятия.

Основным методом борьбы с запылённостью производственных помещений служит вентиляция как в зонах рабочих мест (местная или индивидуальная вентиляция), так и вентиляция общего объёма производственных помещений.

Строго говоря, все промышленные предприятия, помимо своего основного назначения, представляют собой *генераторы* пыли; часть её (очень малую) удаётся собрать и как-то утилизировать, а мелкодисперсная фракция, несмотря на все старания, попадает в атмосферу и загрязняет окружающую среду. Одной из главных причин попадания промышленной пыли в окружающую среду можно считать проблему измерения остаточного содержания пыли после очистки и фильтрации удаляемой в атмосферу воздушной массы, как раз и содержащей мелкодисперсную фракцию. Проблема измерения состоит прежде всего в методике и соответственно способе измерения, поскольку все современные способы измерения содержания пыли в воздухе основаны на принципе осаждения и накопления пыли на некоей поверхности в течение фиксируемого временного интервала.

Из всего вышеприведённого можно сделать следующие **выводы**:

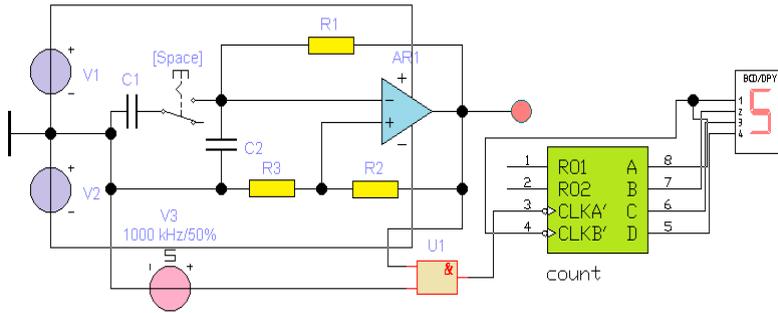
1. Измерение запылённости газоздушных смесей представляет собой весьма сложную технологическую задачу.

2. Измерения запылённости при описанной методике и указанными приборами невозможно реализовать в непрерывном, автоматическом и следящем режимах.

3. Измерения запылённости должны выполняться в лабораторных условиях высококвалифицированным специально подготовленным персоналом.

4. Основной методикой измерения содержания пыли в газе является определение массы пыли в датчике в течение калиброванного отрезка времени с последующим пересчётом полученных значений в единицы ПДК (предельно допустимых концентраций). Главной проблемой такой методики является, помимо точности, необходимость *полного удаления* «измеренной» пыли из датчика, который при этом приходится продувать или промывать в разобранном состоянии.

Все эти факторы значительно удлиняют технологический цикл, ухудшают возможности действенного контроля за качеством продукции и удорожают технологический процесс.



Электрическая схема устройства

**Новизна.** В данной работе предлагается принципиально новая *бесконтактная* методика измерения запылённости воздуха, обеспечивающая требуемую точность измерений, а также позволяющая реализовать автоматизированную следящую систему очистки промышленного воздуха на базе ёмкостного пылемера, синтезированного в среде графической программы Labview.

Методика основана на изменении рабочей электрической ёмкости датчика при изменениях запылённости продуваемой через него газозвушной смеси и в принципе исключает накопление пыли на его элементах. Кроме того, при таком способе измерений удобно производить установку нулевого отсчёта прибора, продувая через датчик чистый воздух.

Ёмкость датчика  $C_2$  включается в цепь, формирующую длительность импульса мультивибратора, выполненного на операционных усилителях с глубокой положительной обратной связью. Заряжаясь через резисторы  $R_1$  и  $R_3$ , конденсатор  $C_2$  формирует на выходе операционного усилителя AR1 импульс длительностью

$$T_{\text{и}} = C_2 K_{\text{yc}} (R_1 + R_3). \quad (1)$$

Конденсатор  $C_1$  имитирует появление пыли в воздухе, т.е. увеличение диэлектрической проницаемости среды ( $\epsilon + \Delta\epsilon$ ). Из формулы (1) очевидно, что увеличение длительности импульса пропорционально изменению ёмкости датчика, и эта зависимость имеет линейный характер, поскольку  $K_{\text{yc}}$  и резисторы не изменяют своих значений. Следовательно, шкала прибора также будет линейной.

Для реализации численного отсчёта применён метод заполнения временного интервала. Измерительный импульс с выхода мультивибратора поступает на вход конъюнктора U1 в качестве разрешающего сигнала для прохождения счётных импульсов на выход конъюнктора и с него на масштабирующий счётчик.

Точность измерений определяется в основном частотой заполняющих (т.е. счётных) импульсов, а погрешность – стабильностью параметров формирующей цепи (R1 + R3), а также стабильностью источников питания V1 и V2 и степенью воздействия внешних условий.

Нестабильность параметров реальных электрических цепей и источников электропитания, их зависимость от температурных факторов и воздействия среды приводят к увеличению системных ошибок при измерениях, что заставляет разработчиков усложнять конструкции приборов, что ведёт к удорожанию самого измерительного процесса, усложнению измерений, ужесточению требований к содержанию и эксплуатации измерительной техники. Кроме того, индивидуализация процесса измерения требует повышения квалификации работников и удорожания измерительной техники в целом, включая её содержание.

Применение виртуальной измерительной техники позволяет решить все эти проблемы, особенно в части стабилизации погрешностей, за счёт виртуальных электронных цепей, виртуальных источников питания, виртуальных преобразователей информации, сводя проблему только к стабильности показаний датчиков.

Известно, что электрическая ёмкость плоского конденсатора выражается формулой (для наглядности в системе CGSE):

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / 4\pi d,$$

где S – площадь взаимодействия пластин (постоянная величина);

d – расстояние между пластинами (постоянная величина).

**Заключение.** Таким образом, при постоянных физических размерах ёмкость конденсатора зависит только от  $\epsilon$  – диэлектрической проницаемости среды, которая изменяется пропорционально запылённости, как и в традиционном методе. Однако в данном случае пролетающая пыль также изменяет ёмкость конденсатора, и измерения проводятся в динамическом режиме *во время* продувания газо-воздушной массы, причём датчик устанавливается непосредственно на выходе трубы вентиляционной системы, фиксируя при этом *только* запыление окружающей среды.

#### *Литература*

1. Алексеев Н.Г., Прохоров В.А., Чмутов К.В. Современные электронные приборы и схемы в физико-химическом исследовании. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия, 2009. 496 с.

2. Горшков Б.И. Радиоэлектронные устройства: справочник. М.: Радио и связь, 1984. 176 с.
3. Охрана окружающей среды / С.В. Белов [и др.]; под ред. С.В. Белова. М.: Высшая школа, 2012. 319 с.
4. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П. Аналоговая и цифровая электроника: учебник для вузов. М.: Горячая линия - Телеком, 2000. 768 с.
5. Коваленко П.Н., Багдасаров К.Н. Физико-химические методы анализа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2008. 350 с.

УДК 550.34.038.8

**Нечаева Марина Александровна,**

направление РТ (магистратура), гр. РТм-21

Научный руководитель **Роженцов Алексей Аркадьевич,** д-р техн. наук,  
профессор, зав. кафедрой РТиМБМ

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

## **АКУСТИЧЕСКИЙ ГЕОРАДАР**

**Введение.** Георадар – это современный геофизический прибор, предназначенный для обнаружения различных объектов, в том числе неметаллических в различных средах. С помощью георадара получают непрерывный разрез той среды, в которой производится диагностика. Принцип действия георадара основывается на радиолокации: излучение и фиксация отраженных электромагнитных импульсов. Импульс производится самим прибором и при помощи излучателя (антенны) направляется в изучаемую среду.

**Актуальность.** Дальность действия радиолокационных георадаров может составлять от нескольких десятков сантиметров до нескольких десятков метров в зависимости от среды распространения и рабочего диапазона частот. В настоящее время такие параметры являются недостаточными для практики, в связи с этим и требуется разработка устройств с улучшенными характеристиками. В этом плане перспективным является разработка и использование акустических георадаров.

В технике наибольшее распространение в качестве излучателей (источников) получили электроакустические преобразователи. В большинстве случаев электрическая энергия преобразуется в энергию колебаний какого-либо твёрдого тела (излучающей пластинки, стержни, мембраны и т. п.), которое и излучает в окружающую среду акустические волны. Отраженные акустические волны могут приниматься каким-либо датчиком механических колебаний и отображаться индикатором.

**Цель работы** – изучение работы георадара и передачи данных, полученных с помощью акселерометра.

**Решаемые задачи** – исследование передачи данных.

**Техника решения (описание проекта).**

Акселерометр – прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением).

Акселерометр может применяться как для измерения проекций абсолютного линейного ускорения, так и для косвенных измерений проекции гравитационного ускорения. Первое свойство используется для создания инерциальных навигационных систем, где полученные с помощью акселерометров измерения интегрируются, получая инерциальную скорость и координаты носителя.

С помощью акселерометра могут проводиться измерения координат перемещения и угла наклона, после чего появляется возможность получения данных об изменении положения самого прибора относительно поверхности Земли.

**Выводы.** Данные, полученные с помощью акселерометра, представляют местоположение устройства или движение вдоль трехмерной оси, а также позволяют судить об изменении координат устройства.

#### *Литература*

Георадиолокационные исследования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nsd52.ru/georadiolokatsionnye-issledovaniya>

УДК 621.371:551.510.535

**Овчинников Владимир Викторович,**

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

Научный руководитель **Рябова Мария Игоревна**, канд. физ.-мат. наук,  
доцент кафедры высшей математики

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

## **ОБРАБОТКА ИОНОГРАММ НАЗЕМНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРНОГО ВЧ-РАДИОКАНАЛА В СРЕДЕ LabVIEW**

**Введение.** КВ радиосвязь, радиолокация, позиционирование объектов по-прежнему играют важную роль в решении задач исследования ионосферы. Главной проблемой здесь является анизотропный, турбу-

лентный, характер ионосферного фона, пронизанного различными случайными неоднородностями. Вследствие этого, при наклонном зондировании ионосферы ВЧ-канал подвергается как детерминированному, так и стохастическому воздействию. Для эффективного управления частотным ресурсом радиолинии в условиях нестационарности канала необходимо постоянно осуществлять мониторинг текущей ионосферной обстановки.

**Актуальность.** Осуществление диагностики ионосферного канала предполагает обработку текущих данных, получаемых в виде ионограмм, которые поступают постоянно и в большом объёме. В связи с этим особенно важным представляется реализация в ионозонадах процедуры автоматической цифровой обработки ионограмм [1-3].

**Техника эксперимента.** Ионограмма, полученная с ионозонда, помимо полезного сигнала содержит фоновый шум (основной фон), сосредоточенные помехи (вертикальные линии) и одиночные выбросы. Поэтому первым шагом в обработке ионограмм является фильтрация. Она заключается в очистке ионограммы от шумовых составляющих с целью выделения полезного сигнала на фоне фонового шума и помех, а также удаления одиночных выбросов, которые имеют интенсивность, сравнимую с полезным сигналом, и могут приводить к сбоям в работе алгоритмов определения параметров ионосферы. На рисунке 1 приведён пример зашумлённой ионограммы.

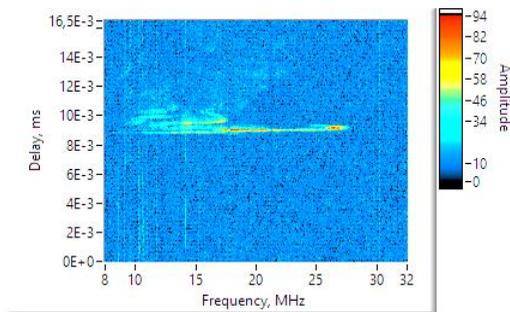


Рисунок 1

В современных ЛЧМ-ионозонадах применяется несколько методов выделения полезного сигнала на фоне шумов: с фиксированным порогом, с динамическим порогом, медианной фильтрации, распознавания изображений и др. Для очистки ионограммы от шумовых составляющих, нами был реализован комплексный алгоритм, включающий в себя несколько этапов. Сначала ионограмма очищалась методом динамиче-

ского порога, который подавляет фоновый шум и мощные стационарные помехи. Для удаления одиночных выбросов с ионограммы нами применялся оконный фильтр, анализирующий количество ненулевых точек в пределах своей апертуры [4,5].

Диагностика ионосферного ВЧ-канала ставит задачи, требующие помимо дискретной дисперсионной характеристики (ДХ), определяемой множеством точек с координатами  $(f_j, \tau_j)$ , иметь и непрерывную модель ДХ. Для определения непрерывной модели ДХ использовалась аппроксимация дискретных значений искомой функции полиномом третьей степени.

Для решения поставленной задачи использовалась следующая методика:

- 1) выделяется область нижнего мода ионограммы (рисунок 2);
- 2) определяются координаты точек  $(f_j, \tau_j)$  нижнего мода, соответствующие приходу сигнала с наибольшим отношением сигнал/шум;
- 3) полученные значения аппроксимируются полиномом третьей степени (рисунок 3).

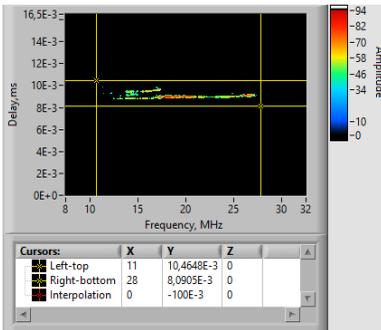


Рисунок 2



Рисунок 3

Задача построения сглаживающей функции  $t = t(f)$  решалась на основе экспериментальных данных, путём минимизации функционала  $\min_{t \in T(f)} J(t)$ :

$$J(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} p_i |t(f_i) - \tau(f_k)|^2, \quad (1)$$

где  $\tau(f_k)$  – частотная зависимость времени группового запаздывания (ионограмма);  $t$  – искомая непрерывная функция;  $p_i$  – весовой коэффи-

циент, который выбирался нами равным 1;  $N$  – количество точек в дискретной модели ионограммы.

**Заключение.** Получив регулярную составляющую ионограммы (рисунок 3), мы решали задачу определения параметров дисперсии второго и третьего порядков (соответственно наклон  $s_k$  и параметр нелинейности  $v_k$ ). По полученным данным исследовалось влияние регулярной составляющей частотной дисперсии на импульсные характеристики (ИХ) широкополосных радиоканалов. На рисунке 4 представлены ИХ радиоканалов для трассы Кипр-Йошкар-Ола.

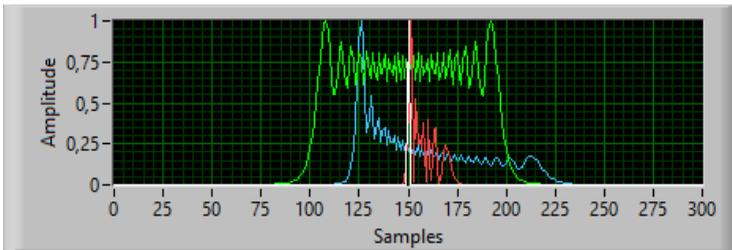


Рисунок 4

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: проекты № 13-07-00371; 13-02-00524; 15-07-05280; 15-07-05294; а также грантов Минобрнауки РФ № 3.2695.2014/К, № 8.2697.2014/К, № 2276, № 2247; РНФ № 15-19-10053*

#### *Литература*

1. Иванов В.А., Катков Е.В. Многочастотное наклонное зондирование ионосферы для загоризонтного позиционирования: монография. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. 218 с.
2. Zhou C., Zhao Z., Deng F., Ni B., Chen G. Midlatitude ionospheric HF channel reciprocity: Evidence from the ionospheric oblique incidence sounding experiments, 2010. Radio Sci., 45, RS6017, doi:10.1029/2010RS004477.
3. Автоматическая интерпретация ионограмм вертикального зондирования / Е.Ю. Зыков, А.Д. Акчурин, А.Н. Сапаев, О.Н. Шерстюков // Исследовано в России: Электронный научный журнал. Вып. 5. 2007. С. 52-64
4. Комплексный адаптивный алгоритм обработки ионограмм вертикально-наклонного зондирования ионосферы / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // Гелиогеофизические исследования. Вып. 4. 2013. С. 11-23.
5. SDR-иозонд с непрерывным ЛЧМ-сигналом на платформе USRP / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Елсуков и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2013. № 3 (19). С. 80-93.

УДК 621.371:551.510.535

**Одинцова Мария Евгеньевна,**

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

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

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ НАД ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТЬЮ РОССИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ GPS/ГЛОНАСС**

**Введение.** В настоящее время системы радионавигации широко используются во всех сферах жизни. Для улучшения качества навигации необходимо проводить исследования в данной сфере.

Существующие данные о влиянии ионосферы на изменение показаний GPS/ГЛОНАСС приведены в многочисленных работах как отечественных, так и зарубежных авторов. Во всех этих работах исследуется только система GPS. Высокоточных радионавигационных приемников ГЛОНАСС и в России, и в мире еще очень мало. В нашем вузе есть несколько приемников. Это NovatelFlexPackV2 и JavadDeltaG3T. Они позволяют работать с радионавигационными сигналами и системы GPS и системы ГЛОНАСС. Для нашего государства принципиально важно проводить исследования повышения точности получения радионавигационных сигналов в разных условиях для системы ГЛОНАСС.

**Цель работы:** 1) исследовать, насколько сильно влияет ионосфера в европейской части России на изменение радионавигационного сигнала; 2) определить систему мониторинга влияния ионосферы над европейской частью России на изменение радионавигационных сигналов GPS/ГЛОНАСС.

**Решаемые задачи:** 1) измерение радионавигационных параметров при разных сезонах и в различных городах европейской части России; 2) разработка методики и алгоритмов анализа полученных данных.

**Актуальность исследования** обуславливается необходимостью повышения точности как сигналов GPS, так и ГЛОНАСС. Для этого необходимо качественно оценивать ионосферную погрешность сигналов. Это можно попытаться сделать, используя одновременно ПЭС (полное электронное содержание) и ионограммы.

**Техника решения.** Предполагается для создания конечного продукта использовать полное электронное содержание ионосферы и ионограммы над различными населенными пунктами европейской части России.

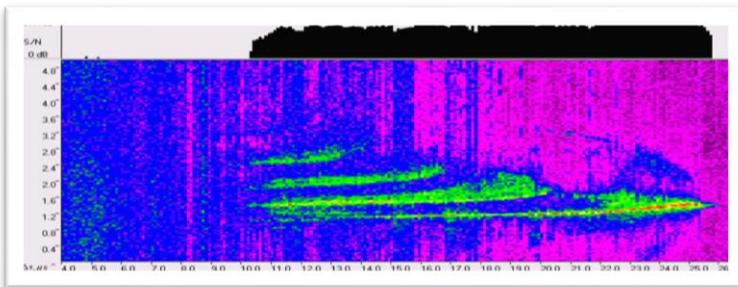
Радионавигационный приемник *NovatelFlexPakV2* является одним из самых точных приемников в мире. Помимо отношения сигнал/шум с

его помощью можно определять такие параметры, как псевдодальность, фазу, частоту, азимут спутника, угол возвышения спутника, координаты спутника и некоторые другие.

Данный высокопроизводительный ГНСС-приемник способен получать и отслеживать различные комбинации кода и базовых частот L1 C/A, L2 C, L2 P(Y), L5 системы GPS, L1 и L2 системы ГЛОНАСС. Встроена система подавления многолучевости. Высокие показатели времени поиска и восстановления захвата сигнала позволяют использовать приемник с ожидаемой высокой частотой потери сигнала.

Приемники *JavadDelta G3T* осуществляют непрерывный прием и обработку сигналов со спутников космических навигационных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия). Данные съемки накапливаются во внутренней памяти. Связь с внешними устройствами осуществляется через USB и последовательные порты. Есть возможность подключать внешнюю антенну и внешний источник электропитания.

Ионозонд измеряется мобильным цифровым многофункциональным ЛЧМ комплексом ЗОНД. Пример результатов приведен на рисунке.



**Заключение.** На рынке имеется широкий круг профессиональных радионавигационных приемников, с помощью которых можно получать данные для расчета ПЭС, есть также в продаже ионозонды. Предлагаемая система предполагает, с одной стороны – возможность учета данных с этих двух приборов, с другой – использование географического фактора.

#### *Литература*

1. ЛЧМ-ионозонд и его применение в ионосферных исследованиях / В.А. Иванов, В.И. Куркин, В.Е. Носов и др. Йошкар-Ола, 2003.
2. Трансконтинентальная радиотомографическая система / В.Е. Куницын, Е.Д. Терещенко, Е.С. Андреева, В.Ф., Григорьев Н.Ю. Романова, М.О. Назаренко, Ю.М. Вапиров, И.И. Иванов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2009. № 6.

3. Афраймович Э.А. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: ГУ НЦ ВВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. 480 с.

4. Иванов И.И., Журавлев С.В. Пространственное разрешение при спутниковом ионосферном зондировании // Электромагнитные волны и электронные системы. Радиотехника, 2013. №2.

УДК 621

**Павлова Ангелина Алексеевна,**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТМ – 11

Научный руководитель **Смирнова Галина Ивановна**, канд. техн. наук, доцент  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В СРЕДЕ LabVIEW**

Рассматривается задача моделирования виртуального прибора генерации электромиографического сигнала в среде LabVIEW.

**Актуальность.** Сегодня уровень интеллектуализации общества определяется эффективностью использования перспективных технологий [1]. Поэтому для подготовки молодых специалистов и возникает необходимость в создании виртуальных приборов.

Данные программы-симуляторы могут быть разработаны в различных средах программирования.

Одна из них – LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench – Среда Разработки Лабораторных Виртуальных Приборов). Является средой программирования, с помощью которой можно создавать приложения, используя графическое представление всех элементов алгоритма, что отличает ее от обычных языков программирования, таких как С, С++ или Java, где используют текстово-ориентированные языки, для создания строк исходного кода программ, в то время как LabVIEW использует графический язык программирования под кодовым названием «G», для создания программ в форме блок-схемы [2].

Приложения, написанные в LabVIEW, находят применение во всем мире в различных сферах человеческой деятельности и в разнообразных отраслях промышленности. Здесь прежде всего следует назвать:

- автомобильную промышленность;
- телекоммуникации;
- аэрокосмическую промышленность;
- полупроводниковую промышленность;

- разработку и производство электроники;
- управление технологическими процессами;
- биомедицину.

Благодаря своей гибкости и масштабируемости, LabVIEW может использоваться на всех этапах технологического процесса: от моделирования и разработки прототипов продуктов до широкомасштабных производственных испытаний [3].

**Цель исследовательской работы** – смоделировать виртуальный прибор в среде LabVIEW, генерирующий электромиографический сигнал.

**Задачи исследовательской работы:**

- 1) определить параметры и элементы идеального электромиографического сигнала (ЭМС);
- 2) изучить существующие математические модели ЭМС;
- 3) разработать виртуальный стенд в среде LabVIEW, позволяющий сгенерировать идеальный электромиографический сигнал.

**Областью исследования** является моделирование сложных сигналов, а **предметом** – моделирование электромиографических сигналов.

Проведен поиск известных существующих математических моделей генерации ЭМС, в результате которого найдены две модели: 1) К.Г. Селивановой, О.Г. Аврунина, А.А. Гелетка и 2) А.М. Шайдука, С.А. Останина.

На основе анализа литературы [4,5] были получены диапазоны значений параметров идеального ЭМС:

- амплитуда –  $0,3 \div 1,5$  (мВ);
- длительность –  $3 \div 12$  (мс);
- частота следования –  $5 \div 60$  (Гц);
- форма сигнала (количество фаз –  $2 \div 4$  шт.).

Для того чтобы смоделировать сигнал, необходимо потенциал одного мышечного волокна разбить на три фазы. В результате выяснилось, что для описания каждой фазы удобнее использовать Гауссову функцию. Именно она и была положена в основу модели.

Программа виртуального стенда была разбита на три подпрограммы:

- первая – получение одной фазы потенциала мышечного волокна;
- вторая – получение потенциала двигательной единицы;
- третья – получение ЭМС.

Функциональная схема первой подпрограммы показана на рисунке 1. Представленный ВП позволяет генерировать фазу одного мышечного волокна с помощью формул, записанных в узле Formula Node. Результат работы устройства в виде Гауссовой функции отображается на графическом индикаторе Двухкоординатный график (XY Graph).

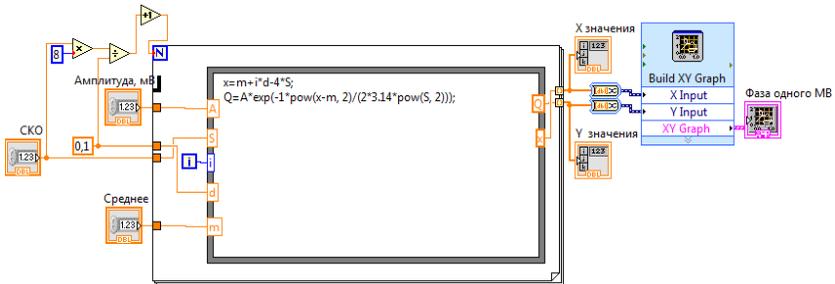


Рис. 1 – Функциональная схема ВП получения одной фазы потенциала мышечного волокна

Лицевая панель разработанного виртуального стенда генерации ЭМС представлена на рисунке 2. Лицевая панель ВП позволяет графически проиллюстрировать сгенерированный сигнал зависимости амплитуды от времени, меню выбора параметров сигнала.

При работе с виртуальным стендом пользователем задаются количество мышечных волокон и двигательных единиц, а также задержка для задания интервала между импульсами. Для определенного мышечного волокна задаются амплитуды каждой фазы.



Рис. 2 – Передняя панель виртуального стенда генерации ЭМС

**Выводы.** Таким образом, реализован виртуальный стенд генерации ЭМС в среде LabVIEW. Работоспособность виртуального стенда проверена на практике, для этого были заданы основные параметры сигнала и осуществлен запуск программы. Полученный результат соответ-

ствуется идеальному ЭМС. Виртуальный прибор может быть использован в системе подготовки медицинских кадров.

**Новизна** проделанной работы и полученного результата определяется прежде всего применением Гауссовой функции для электромиографического сигнала в среде LabVIEW.

Разработанный лабораторный стенд позволяет оперативно изучать информацию, получать и закреплять не только теоретические, но и практические знания.

#### *Литература*

1. Синюков А.В., Семизаров Д.В., Вакунин Е.И. Программное обеспечение виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» // Безопасность жизнедеятельности. 2005. №9. С. 56-62.
2. Климентьев К.Е. Основы графического программирования в среде LabVIEW: учебное пособие. Самара, 2003. 69 с.
3. Смирнова Г.И., Тораев В.И., Кидалашев А.Н. Измерительный стенд для проверки генераторов на LabVIEW // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: сборник научных статей международной конференции (20-24 октября 2015). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. С. 2450-2452.
4. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. СПб.: Питер, 2003. 528 с.
5. Команцев, В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии: руководство для врачей. Санкт-Петербург, 2006.355 с.

УДК 004.94

**Петухов Олег Геннадьевич,**

направление ИТС (бакалавриат), гр. ИТС-41

Научный руководитель **Зувев Алексей Валерьевич**, канд. техн. наук,

доцент кафедры радиотехники и связи

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,*

*г. Йошкар-Ола*

### **РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ИМИТАТОРА РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС, GPS В СРЕДЕ LabVIEW**

Рассматривается задача создания в среде LabVIEW генератора – имитатора радионавигационных сигналов Глонасс и GPS, с возможностью отображения их внешнего вида, подключения информационного наполнения и имитации помех на сигналы.

**Преимуществом** предлагаемой разработки является возможность исследования с помощью виртуального прибора влияния помех различного рода на радионавигационный сигнал.

**Предполагаемыми возможностями проекта** являются:

- генерирование сигналов в реальном времени со спутников, частоты которых лежат в области диапазона L1 и L 2;
- автоматическое моделирование радионавигационных сигналов;
- возможность наложения помех на генерированные сигналы и их исследование.

Сигналы, передаваемые спутниками GPS, исключительно сложные. Система GPS предназначена:

- работать с однонаправленными измерениями (только прием);
- обслуживать неограниченное количество как военных, так и гражданских пользователей, обеспечивать точные, однозначные измерения дальностей в реальном времени;
  - обеспечивать точные измерения доплеровского сдвига;
  - обеспечивать точные измерения фазы несущей;
  - обеспечивать передачу сообщения;
  - обеспечивать исправление ионосферной задержки;
  - допускать одновременные измерения от многих спутников;
  - иметь защиту от интерференции;
  - иметь допустимую многопутность.

Чтобы отвечать этим требованиям, сигналы GPS содержат несколько компонент.

Имитация – это полезный метод при создании и работе оборудования, используемого системами глобальной спутниковой навигации. С помощью радиочастотного имитатора мы можем имитировать радиосигналы, генерируемые спутниками. Эти устройства позволяют определять сценарии, в том числе траектории приемников, и проигрывать их, изменяя рабочие параметры приемника. Некоторые имитаторы дают возможность записывать реальные сигналы и проигрывать их при различных заданных условиях.

На сегодняшний день существуют различные имитаторы радионавигационных сигналов. Серийные ИРНС формируют навигационный сигнал для приемников, находящихся в навигационном поле на высоте не более 100 км. Это не дает возможность использовать их для отладки и испытаний орбитальной АРН. Необходима разработка специального ИРНС, возможность перепрограммирования которого позволяет широко использовать его для разных типов летательных и космических аппаратов.

Информационная составляющая GPS-сигнала в основной полосе передается со скоростью 1.5 МВыв/с (комплексный тип данных). Каждая

выборка содержит в себе два П6 значения, представляющих собой мнимую и реальную составляющую сигнала, которые преобразуются в поток, передаваемый со скоростью 6 МБ/с. Данные хранятся в двоичном формате и имеют максимальный размер файла порядка 3 ТБ. Программное обеспечение позволяет воспроизводить созданные GPS-сигналы в режиме реального времени или из предварительно созданного файла. Возможно использование одного режима воспроизведения для генерации сигналов как с одного, так и с нескольких спутников.

Все это позволяет легко проводить измерения таких параметров, как чувствительность приемника, время выхода в рабочий режим (TTFF), а также погрешность определения местоположения в стационарном и динамическом режимах.

#### *Литература*

1. Леонтьев Б.К. GPS: все, что Вы хотели знать, но боялись спросить. М.: Изд-во «Бук-Пресс», 2006. 352 с.
2. LabVIEW [Электронный ресурс]. 1976-2015. URL: <http://www.labview.ru>. (дата обращения: 11.11.2015).
3. Богданов М.Р. Применения GPS/ГЛОНАСС. М.: Интеллект, 2012. 136 с.
4. Перов А.И., Харисов В.Н. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. М.: Радиотехника, 2010. 800 с.
5. Синякин А.К., Кошелев А.В. Физические принципы работы GPS-ГЛОНАСС. Новосибирск: Изд-во СГГА, 2009. 110 с.

УДК 608.4

**Пивоваров Иван Дмитриевич,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель **Дедов Андрей Николаевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры радиотехники и связи

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

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ К КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID**

**Актуальность.** В данной работе решаются задачи повышения скорости идентификации и авторизации пользователей.

Основной **целью** является проектирование системы, позволяющей предоставлять доступ к компьютерной сети посредством электронной карты-пропуска, имеющейся у каждого сотрудника, студента универси-

тета. При этом отпадает необходимость проводить авторизацию вручную.

Серьезной задачей является преобразование информации из одной формы в другую, из физической в виртуальную. Типичный способ решения этой проблемы предполагает использование ручного труда – наблюдать и записывать информацию. Данный способ неэффективен и зачастую приводит к ошибкам.

Одним из возможных решений этой проблемы является использование технологии RFID (радиочастотная идентификация)[1]. При этом информация в физической форме получается за счет бесконтактного считывания данных, которые записаны в метках или тегах. Одна из разновидностей систем RFID – пассивные системы, позволяющие функционировать меткам без встроенного источника питания [2]. Соединение и скорость считывания любой метки считывателем составляет микросекунды, что делает данную технологию незаменимой в системах контроля и управления доступом.

Спроектированная система предназначена для осуществления идентификации и аутентификации пользователей в локальной сети университета, не используя при этом ввод идентификатора в соответствующую форму. То есть, она позволяет получить доступ к сети практически мгновенно, при этом нет необходимости запоминать сложные идентификаторы.

Система RFID состоит из четырех основных составляющих: система сбора информации (сервер), объект доступа к сети (ПК), непосредственно считыватель и метка (персональная карта сотрудников и студентов университета). Работает система следующим образом. Метка обеспечивает прием энергии, а также обработку информационных и синхронизирующих сигналов, передаваемых считывателем. После внутренней обработки принятой информации метка может передать считывателю информацию в виде полного идентификационного кода или его части.

В пассивных системах RFID процесс передачи информации осуществляется за счет модуляции сигнала считывателя [3]. Считыватель, в свою очередь, должен принять информацию и передать ее на ПК, который с помощью специального программного обеспечения по локальной сети взаимодействует с сервером, где в базе данных ищет совпадение идентификатора. В случае наличия такового, устройство подает сигнал об успешной авторизации, и пользователь получает доступ к сети. В системе предполагается взаимодействие между считывателем и меткой посредством электромагнитного поля.

**Заключение.** Таким образом, формируется работоспособная система обмена информации на основе технологии RFID. Внедрение даст возможность экономить и время, и нервы, а также позволит беспроводным технологиям захватить еще один сегмент в университете.

#### *Литература*

1. Гладких А.А., Дементьев В.Е. Базовые принципы информационной безопасности вычислительных сетей: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 08050565, 22050165, 23040165. Ульяновск: УлГТУ, 2009. 156 с.
2. RFID-технологии радиочастотной идентификации: сайт «Технологии RFID идентификации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.isbc-rfid.ru/rfid-technology> (дата обращения 02.04.2015).
3. Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости. М.: Высшая школа, 2006. 197 с.

УДК 62-519

**Полушина Ирина Андреевна,**

направление Инженерия (бакалавриат), гр. УиТС-31

Научный руководитель **Белова Надежда Вячеславовна**, канд. техн. наук,

доцент кафедры проектирования и производства

электронно-вычислительных средств

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

## **РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА**

**Актуальность.** Система городского транспорта играет значительную роль в жизни каждого города. Городской общественный транспорт обеспечивает, в первую очередь, транспортную подвижность основной части населения, а также способствует значительному повышению безопасности движения. Он сохраняет природные и финансовые ресурсы как города в целом, так и каждого человека в отдельности. С ростом городов и численности городского населения увеличивается и нагрузка на систему городского пассажирского транспорта, особенно в час «пик». В связи с этим возникает сложная задача обеспечения беспрепятственного перемещения населения на общественном транспорте.

Проблема перенасыщения пассажиропотоков особенно актуальна в определенные временные промежутки. В связи с этим возникает необходимость решения **задач оптимизации пассажиропотока** в часы «пик» с целью улучшения качества обслуживания населения транспорт-

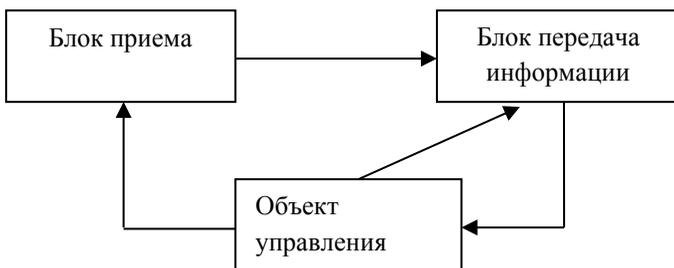
ными компаниями и обеспечения комфортного перемещения по городу населению.

Задачи оптимизации распределения транспортных потоков при пассажироперевозках рассматривались в работах И.И. Пугачева [1]. Кроме того, учеными проводились исследования влияния на психофизиологическое состояние человека после проезда в перегруженном транспорте. Было установлено, что каждые 10 мин., проведенные в таком общественном транспорте, приводят к снижению производительности труда рабочих в среднем на 4 %. У лиц с повременной системой оплаты производительность труда снижается еще больше [2].

**Техника решения.** Для решения задачи оптимизации предлагается рассмотреть систему управления движения транспортом на примере троллейбуса в час «пик» в городе Йошкар-Оле. С учетом статистических данных приняты следующие интервалы час «пик»: с 7.00 до 8.30 и с 16.30 до 18.00 часов.

При решении задач оптимизации важным вопросом является перераспределение транспорта с одного направления движения на другое в зависимости от количества пассажиропотока.

Система управления потоками зависит от временного интервала, количество троллейбусов, и их вместимости. Система включает в себя «блок приема», «блок передачи информации», «объект управления» (см. рисунок).



**Распределенная система управления движением транспортным средством**

«Блок приема», который оснащен контролером, датчиками, преобразователем, должен принимать информацию и передавать ее в «Блок передачи информации», включающий в себя датчик массы, датчик сигнала, канал связи (GPS, wi-fi), который передает обработанную информацию, где содержатся данные о перегрузе троллейбуса по весу, в «Объект управления», который состоит из троллейбуса с заложенным маршрутом. «Объект управления», в свою очередь, отправляет сигнал о полу-

чении информации о перегрузе в «Блок приема» и «Блок передачи информации». Таким образом происходит перераспределение транспорта со свободной полосы на перегруженную.

#### *Литература*

1. Защита персональных данных пользователей и сотрудников библиотеки [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/2012/11/16/statja11.pdf](http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2012/11/16/statja11.pdf). (дата обращения: 10.11.2015).
2. Защита персональных данных пользователей и сотрудников библиотеки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.transportall.ru/info/perevozki/282/2101.html>. (дата обращения: 10.11.2015).

УДК 621.383.814

**Полякова Ксения Дмитриевна**

направление Конструирование и технология ЭС (бакалавриат), гр. ЭВСб-41

Научный руководитель **Алиев Марат Туфикович**, канд. техн. наук,

доцент кафедры ПиП ЭВС

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,*

*г. Йошкар-Ола*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Визуальная оценка состояния природной среды – основа наблюдения за окружающим миром. Информация, считываемая и обрабатываемая органами зрения человека, – это первичный контроль на страже безопасности и комфорта человека.

С ее помощью человек может оценить, существует ли опасность нападения, нет ли посторонних объектов в непосредственной близости, и многие другие факторы, представляющие опасность или, наоборот, несущие в себе информацию, полезную для человека. Соответственно сделать максимально безопасным процесс наблюдения, расширить возможности анализа полученных изображений – главные задачи системы формирования изображения для оценки состояния природной среды.

Компьютерное зрение – одна из самых востребованных областей на современном этапе развития цифровых компьютерных технологий. Оно используется на производстве, при управлении техникой, при автоматизации процессов, на подвижных автоматических объектах и в робототехнике.

Информационно-измерительная система предназначена для сбора, обработки и преобразования сенсорной информации в сигналы, удоб-

ные для использования в системе управления робота. В данном роботе видеоизображение, полученное с телекамеры, преобразуется в набор параметров, на основе которых другие подсистемы принимают те или иные решения.

Информационно-измерительная система состоит из двух основных частей: системы технического зрения (СТЗ) и системы обобщения сенсорной информации. Для мобильного робота структурная схема информационно-измерительной системы представлена на рисунке 1.

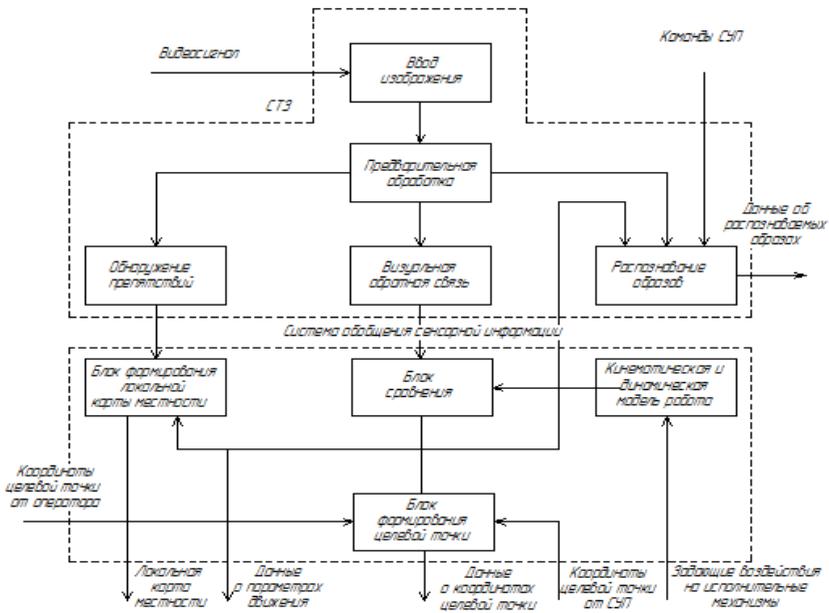


Рис. 1 – Структура информационно-измерительной системы

Для планирования движения робота в среде с препятствиями необходима информация о препятствиях не только в видимой с телекамеры зоне, но и за ее пределами (например, сбоку от робота). Поэтому возникает необходимость составления карты местности в некоторой небольшой окрестности вокруг робота.

Для этого определим границы видимой зоны, изображенной на рисунке 2. Вычислим величину «мертвой зоны»  $Y_{min}$ . Из треугольника АОС выразим величину  $D$ :

$$D = \frac{Z_C}{\operatorname{tg}\left(\frac{\operatorname{FOV}_y}{2} + \beta_C\right)}, \quad (1)$$

Тогда

$$Y_{\min} = Y_C + \frac{Z_C}{\operatorname{tg}\left(\frac{\operatorname{FOV}_y}{2} + \beta_C\right)}. \quad (2)$$

Здесь  $X_C$ ,  $Y_C$ ,  $Z_C$  – положение камеры относительно центра координат робота;  $\operatorname{FOV}_x$ ,  $\operatorname{FOV}_y$  – углы обзора камеры по горизонтали и вертикали соответственно.

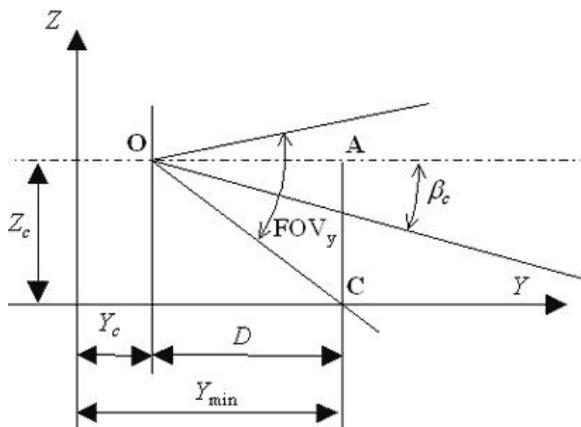


Рис. 2 – «Мертвая зона» камеры [2]

Для каждой  $i$ -ой дискреты локальной карты местности совершим следующие действия:

ЕСЛИ  $M_{i,Y} > Y_{\min}$ , рассчитаем для этой точки граничное значение  $X_m$ :

$$X_m = (M_{i,Y} - Y_C) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\operatorname{FOV}_x}{2}\right) = (M_{i,Y} - Y_C) \cdot K. \quad (3)$$

Значение  $K = \operatorname{tg}(\operatorname{FOV}_x/2)$  следует вычислить перед началом цикла.

ЕСЛИ  $|M_{i,X} - X_C| < X_m$ , то точка локальной карты попадает в видимую зону и ее следует удалить.

Устройство обработки информации обычно представляет собой совокупность аналоговых или аналого-цифровых преобразователей,

встроенных в прибор микропроцессоров или отдельно расположенных компьютеров [1].

Структурная схема информационно-измерительного модуля показана на рисунке 3. Микроконтроллер занимает центральное место в системе – на него возложены функция приема информации от оператора ЭВМ, ее обработка по заданному алгоритму и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

На микроконтроллер поступает информация с камеры и датчиков. Для подключения камеры и дальномера использован интерфейс Ethernet, для подключения остальных датчиков использован CAN интерфейс.

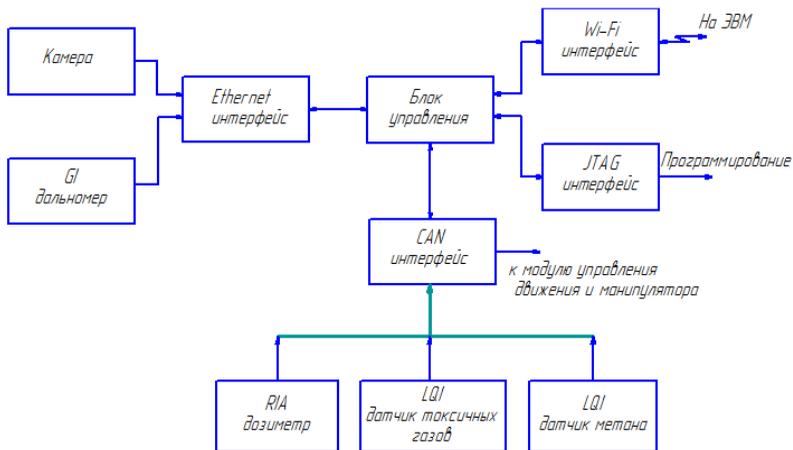


Рис. 3 – Структурная схема информационно-измерительного модуля

В выбранной сфере разработки уже существует ряд мобильных роботов, применение которых широко распространено, особенно в спасательных мероприятиях.

#### Литература

1. Алиев М.Т., Буканова Т.С. Метод формирования изображения в режиме реального времени // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 5.
2. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход / М.: Вильямс, 2004. 926 с.
3. Стокхэм Т. мл. Обработка изображений в контексте модели зрения // ТИИЭР. 1972. Т. 60, № 7.

УДК 621.396.67

**Полянина Палина Федоровна,**

направление ИТС (бакалавриат), гр. ИТСб-41.

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры РТ и С

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ДИРЕКТОРНЫХ АНТЕНН С ОДИНАКОВЫМИ РАЗМЕРАМИ РЕФЛЕКТОРА И АКТИВНОГО ВИБРАТОРА И УМЕНЬШЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА 4 % В ДЛИНАХ ВОЛН ОТНОСИТЕЛЬНО АКТИВНОГО ВИБРАТОРА**

Приведены результаты исследований трехэлементных директорных антенн указанных конструкций при расстоянии от активного вибратора до рефлектора 0,25 длины волны и от активного вибратора до директора от 0,04 до 1,03 длины волны с шагом 0,01 длины волны, промоделированные в программе MMANA GAL Pro. Параметры антенн рассчитаны в табличном процессоре MS Excel, и выявлены конструкции, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад, КСВ в полосе рабочих частот.

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

**Цель работы** – выявление конструкций трехэлементных директорных антенн с одинаковыми размерами рефлектора и активного вибратора и уменьшенным директором на 4% в длинах волн относительно активного вибратора, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад, КСВ в полосе рабочих частот.

### Решаемые задачи:

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

### Техника решения

Ввиду необходимости исследований большого количества конструкций антенн использованы возможности программы *Tropan Masto Machine* для создания моделей антенн и получения частотнозависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн с помощью макроса, аналогичного созданному ранее [1]. Использована методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн [2].

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

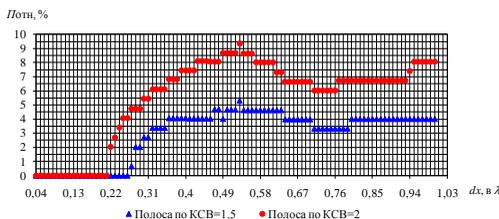


Рис. 1 – Зависимости относительной полосы рабочих частот  $P_{отн}$  от расстояния между активным вибратором и директором

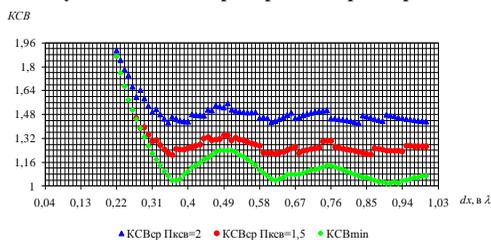


Рис. 2 – Зависимости средних значений *KCB* в полосе рабочих частот и минимального значения *KCB* от расстояния между активным вибратором и директором

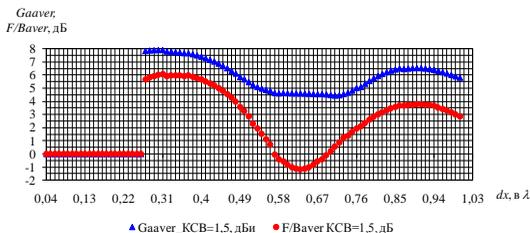


Рис. 3 – Зависимости средних значений коэффициента усиления  $G_{aver}$  и значений отношения излучения вперед/назад  $F/B_{aver}$  в полосе рабочих частот от расстояния между активным вибратором и директором по уровню  $KCB = 1,5$

**Выводы.** Трехэлементные директорные антенны с одинаковыми размерами рефлектора и активного вибратора и уменьшенным директором на 4% в длинах волн относительно активного вибратора с радиусом проводников  $0,002 \cdot \lambda$  при расстоянии от активного вибратора до рефлектора  $0,25 \cdot \lambda$  и от активного вибратора до директора от  $0,04 \cdot \lambda$  до  $1,03 \cdot \lambda$  с шагом  $0,01 \cdot \lambda$  обеспечивают следующие предельно достижимые параметры:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $P_{OTH} = 5,33 \%$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,53 \cdot \lambda$ );  $G_{AVER} = 7,93$  дБи и  $F/B_{AVER} = 6,09$  дБ ( $d_{AB-ДИР} = 0,31 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,21$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,36 \cdot \lambda$ );

- по уровню  $KCB = 2$ :  $P_{OTH} = 8,64 \%$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,56 \cdot \lambda$ );  $G_{AVER} = 7,72$  дБи и  $F/B_{AVER} = 5,89$  дБ ( $d_{AB-ДИР} = 0,34 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,46$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,86 \cdot \lambda$ );

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

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $P_{OTH} = 4,08 \%$ ,  $G_{AVER} = 7,68$  дБи и  $F/B_{AVER} = 5,93$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,21$  при расстоянии  $d_{AB-ДИР} = 0,36 \cdot \lambda$ ;

- по уровню  $KCB = 2$ :  $P_{OTH} = 7,46 \%$ ,  $G_{AVER} = 7,11$  дБи и  $F/B_{AVER} = 5,25$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,48$  при расстоянии  $d_{AB-ДИР} = 0,42 \cdot \lambda$ .

#### Литература

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

2. Полянина П.Ф., Павлов В.В. Методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн с изолированной траверсой

// Научному прогрессу – творчество молодых: материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 17-18 апреля 2015 г.): в 2 ч. / редкол.: Д.В. Иванов [и др.]. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. Ч. 2. С. 52-54.

УДК 539

**Рыжова Е.А.**

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕАКТИВНЫХ ГАЗОВ В ПРОЦЕССЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ НА УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЛЕНКИ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

Исследованы технологические возможности формирования магнетронным распылением резистивных пленок из элементов нержавеющей стали. Представлены зависимости между содержанием реактивных газов и удельным поверхностным сопротивлением пленок. Показана возможность управления свойствами пленок на основе оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали во время их роста за счет изменения газового состава в камере.

*Ключевые слова:* устройство, тонкопленочные резисторы, сопротивление, ТКР, магнетронное распыление, нержавеющая сталь.

The technological features of formation of the resistive film by reactive magnetron sputtering of stainless steel. Relationships between the concentration of reactive gas and the surface resistivity of the films are founded. The possibility of controlling the resistance of the films due to changes in the concentration of reactive gases is shown.

*Key words:* device, thin-film resistors, resistance, TCR, magnetron sputtering, stainless steel.

**Введение.** В настоящее время имеет место тенденция микроминиатюризации микросхем, что приводит к поиску всё более технологичных материалов. И ни одна интегральная схема не может обойтись без резисторов.

Исследование направлено на изучение резистивных свойств тонких плёнок из оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали. Такие плёнки достаточно просты в использовании. Кроме того, из одного и того же материала можно изготовить также набор плёнок с достаточно широким диапазоном удельных сопротивлений, просто изменяя концентрацию реактивных газов.

Аналогом является линейка РС сплавов, разработанная для изготовления резисторов с широким диапазоном удельных сопротивлений. Каждый сплав из этой серии имеет собственные характеристики по температурному коэффициенту сопротивления (ТКС), удельному сопротивлению, температуре работы и временной стабильности резисторов [1].

Технические условия (ТУ) для резистивных сплавов РС предназначены для формирования тонкопленочных резисторов методом термического испарения. Но он повсеместно заменяется на более технологичный метод магнетронного распыления [2]. И применяя аналогичные сплавы в этом методе, мы сталкиваемся с трудоемким процессом обеспечения стехиометрического состава пленки и исходного материала.

**Цель работы** заключается в исследовании влияния реактивных газов на удельное сопротивление плёнки из элементов нержавеющей стали.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

- 1) изготовлены методом магнетронного распыления наборы плёнок, при различных концентрациях реактивных газов;
- 2) с помощью четырёхзондового метода измерили удельное сопротивление всех получившихся плёнок;
- 3) сравнили с имеющимися аналогами.

На автоматизированной установке магнетронного распыления [3] были получены пленки нитридов и оксидов элементов нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т1. Магнетронный метод был выбран как наиболее точный и быстрый.

Формирование плёнок велось в течение одной минуты при разных концентрациях реактивных газов в рабочей камере.

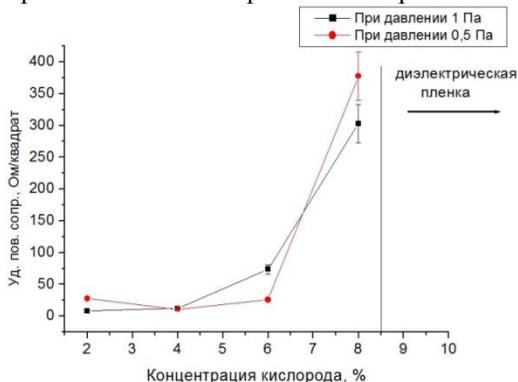


Рис. 1 – Зависимость удельного поверхностного сопротивления пленок от концентрации кислорода при их формировании

С помощью четырёхзондового метода были измерены удельные сопротивления плёнок. Графики зависимости удельного сопротивления от концентрации реактивных газов представлены на рисунках 1, 2.

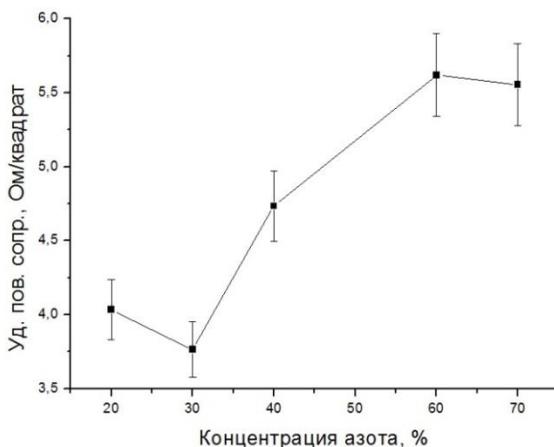


Рис. 2 – Зависимость удельного поверхностного сопротивления пленок от концентрации азота при их формировании

**Результаты и перспективы исследования.** Анализ полученных результатов показывает, что полученные сопротивления сопоставимы с сопротивлениями сплавов РС-5402 (5-100 Ом/квадрат) и РС-1714 (300-500 Ом/квадрат). Наибольший интерес представляет участок с концентрациями кислорода от 2 до 9%, где наблюдается сильный скачок значений удельного сопротивления.

В заключение стоит отметить, что данным исследованием была подтверждена возможность использования оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали в качестве резистивных плёнок. Из одной мишени нержавеющей стали, в зависимости от концентрации реактивных газов, были получены плёнки с широким диапазоном удельных сопротивлений, а при концентрации кислорода более 20% – диэлектрические плёнки. Всё это подтверждает перспективность как проведённых, так и последующих исследований.

#### *Литература*

1. Дмитриев В.Д., Пиганов М.Н., Тюлевин С.В. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]. Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (1,2 Мбайт). Самара, 2012. 1 эл. опт. диск (CD-RW).

2. Берлин Е.В., С Двинин.А., Сейдман Л.А. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. М.: Техносфера, 2007.176 с.
3. Автоматизированная установка магнетронного распыления для получения наноструктурированных пленок / Н.И. Сушенцов, Д.А. Двоглазов, А.В. Мороз [и др.] // Сборник тезисов докладов научно-технологических секций «Международного форума по нанотехнологиям 09». М., 2009. С. 51–52.

УДК 632.08

**Рябцев Сергей Александрович**

направление Радиоэлектронные системы и комплексы (специалитет), гр. РСК-51  
Научный руководитель **Роженцов Алексей Аркадьевич**, д-р техн. наук,  
профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола*

## **ИЗБАВЛЕНИЕ ОТ ДРЕВЕСНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СВЧ-КОЛЕБАНИЙ**

Рассматривается задача изучения влияния СВЧ-колебаний на древесных вредителей и оценки актуальности применения данного метода для борьбы с ними.

**Введение.** Борьба с короедами, древоточцами и прочими вредителями – это один из главных вопросов, весьма актуальных как для садоводов, так и владельцев деревянных построек. Данные вредители питаются и живыми деревьями, и срубами.

Обычно от вредителей избавляются при помощи сильнейших инсектицидов. Инсектициды подразделяются на препараты медленного и мгновенного действия. В первом случае жуки гибнут не сразу же, а через некоторое время. Кроме того, человеку безопасно находиться в обработанном помещении. Во втором случае жуки гибнут мгновенно, но людям и любым живым существам находиться в обработанном помещении строго запрещено.

Стоит отметить, что если данные вредители уже долгое время пребывают в древесине, то избавиться от них с помощью химических препаратов и без участия специалистов крайне сложно. Ведь древесина должна полностью пропитаться химическим средством, а это означает, что инсектицидов должно быть очень и очень много, что не может не сказаться на дальнейшем здоровье человека [1].

В последнее время стал популярен метод борьбы с вредителями при помощи СВЧ-колебаний. СВЧ – сверхвысокочастотное колебание. СВЧ-колебание большой интенсивности – это электромагнитное излучение, которое используется для неинвазивного нагрева тел.

Обычно источником СВЧ является магнетрон [2].

Древесные вредители при воздействии на них СВЧ-колебаний в течение некоторого времени начинают поджариваться. Обычно температура, при которой белок сворачивается, составляет порядка 60 °С.

В результате исследования данной темы было найдено несколько нестандартных примеров реализации устройства, которое генерировало бы СВЧ колебания, с помощью которых можно бороться с древесными вредителями. Обычно для этого используют старую микроволновую печь и в домашних условиях переделывают под свои нужды [3].

Данный метод является весьма опасным, так как не все являются специалистами в области радиотехники, а использование инструкций по переделке из интернета – большой риск навредить своему здоровью.

Помимо использования обычной микроволновой печи, существует специальное устройство, которое состоит из блока питания и излучателя. Как и в случае с переделанной СВЧ-печкой, данный прибор не имеет разрешения Роспотребнадзора и Санэпиднадзора на право эксплуатации на территории РФ.

Описанные выше устройства работают по следующему принципу. Прибор устанавливается излучающей стороной в том направлении, где предположительно находятся вредители. Расстояние от излучателя до поверхности древесины составляет порядка 50 см. Человек и любое другое живое существо в целях безопасности должны находиться от устройства на расстоянии не менее 15 м. Для включения устройства необходимы кабель соответствующей длины и источник питания.

**Цель.** В связи с трудностью реализации в домашних условиях данного устройства, а также «гаражным» исполнением и незаконным использованием подобных устройств было решено разработать собственную конструкцию прибора для борьбы с древесными вредителями, более безопасную и общедоступную.

**Техника решения.** Предлагается следующая конструкция прибора. В качестве генератора СВЧ-колебаний будет использован магнетрон, а излучающим элементом является рупорная антенна, которая приведена на рисунке 1. В качестве эксперимента в программе HFSS 13.0 был смоделирован процесс излучения СВЧ-колебания частотой 10 ГГц [4]. Модель рупорной антенны представлена на рисунке 2. На рисунках 3 и 4 приведены характеристики антенны.

Использование рупорной антенны позволит направить мощные (порядка 1 кВт) СВЧ-колебания в нужную сторону. Хоть рупорная антенна и имеет малый уровень задних лепестков, для полной безопасности антенну можно поместить в экранированную коробку либо в коробку с поглощающим материалом.



Рис. 1 – Рупорная антенна

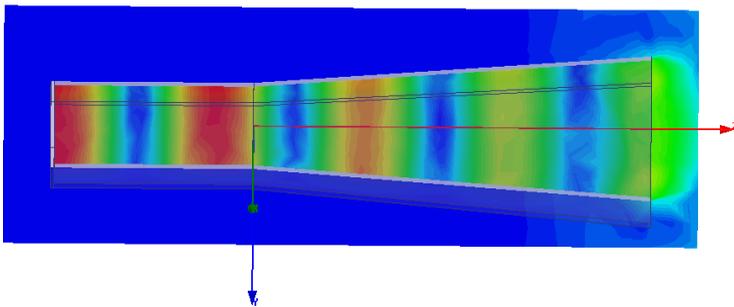


Рис. 2 – Распространение волны в рупорной антенне

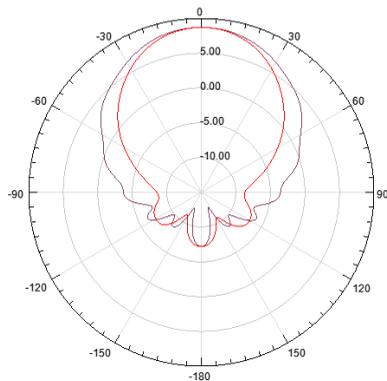


Рис. 3 – Угловая диаграмма направленности рупорной антенны

**Преимущества и перспективы разработки.** При использовании данного прибора потребителю не понадобится удаляться на 15 и более

метров и использовать множество удлинителей. Достаточно будет просто включить прибор и удалиться из помещения на 15-20 минут.

Кроме того, рассматривается вариант использования унификации. Она состоит в том, что можно будет использовать другие виды антенн с различным раскрывом и сечением. Эта оптимизация позволит либо расширять зону обработки, либо наоборот, сужать диапазон. Также планируется установить в приборе СВЧ-индикатор, который будет контролировать зону излучения. В случае, если СВЧ-колебания будут просачиваться назад, то прибор автоматически выключится.

Время работы прибора практически неограниченно, так как для охлаждения магнетрона используются радиатор и вентилятор.

**Вывод.** В итоге можно сказать, что разрабатываемый прибор значительно упростит борьбу с древесными вредителями. Это экологичный и, по сравнению с другими разработками, безопасный прибор, который сможет пройти проверку и получить разрешение на использование, по крайней мере, специализированными фирмами по борьбе с вредителями.

#### *Литература*

1. Методы борьбы с короедом [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sad-dizayn.ru/metody-borby-s-koroedom.html>
2. Панин И.С., Панченко Л.В. Импульсные магнетроны / под ред. Л.В. Голованова. М.: Советское радио, 1966. 72 с.
3. Сапунов Г.С. Ремонт микроволновых печей. М.: СОЛОН, 1998. 267 с.
4. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft. М.: ЗАО «НПП» РОДНИК», 2009. 256 с.

УДК 621.396.029.64

**Секретарёв Андрей Михайлович,**

направление Антенные системы и комплексы, СВЧ-устройства  
(магистратура), гр. ИТС(м)-11

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры радиотехники и связи

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

## **ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФАР НА ОСНОВЕ ПРОВОЛОЧНЫХ СТРУКТУР**

Фазированные антенные решетки (ФАР) являются важнейшим элементом радиолокационной системы – это своеобразные «глаза радиотехнической системы» [1]. ФАР метрового диапазона и длинноволновой

части дециметрового диапазонов обычно строятся на основе проволочных излучателей различного типа. Простейшим из них является вибраторная антенна – классический, хорошо изученный излучатель [2]. Геометрия излучателя показана на рис. 1,а. Смысл обозначений ясен из рисунка, отметим лишь, что все проводники расположены в одной плоскости. Дельтаобразный генератор напряжения размещен в середине перемычки, соединяющей плечи. Излучатели находятся надбесконечным идеально проводящим экраном.

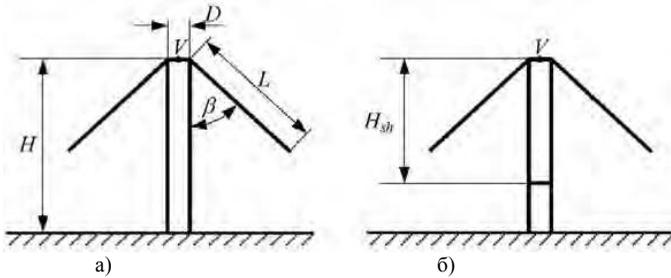


Рис. 1 – Геометрия вибраторов: а) базового; б) с шунтом

Первоначально проводились исследования одиночной антенны, целью которых было определить варианты геометрий, пригодных для последующего анализа и оптимизации в составе решетки.

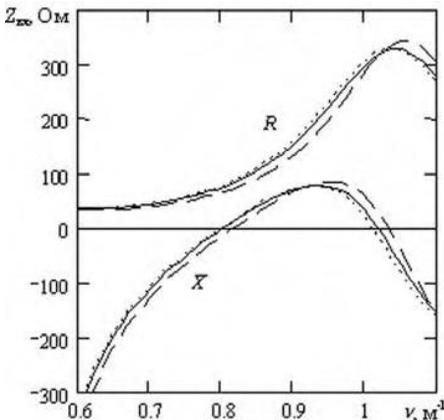


Рис. 2 – Частотные зависимости входного импеданса одиночной вибраторной антенны с параметрами:  $L=0,27$  м;  $H=0,33$  м;  $D=0,05$  м;  $\beta=40^\circ$

Частотные зависимости входного импеданса одиночной антенны представлены на рисунке 2. Здесь и в дальнейшем антенна имеет следующие параметры:  $L=0,27$  м,  $H=0,33$  м,  $D=0,05$  м,  $\beta=40^\circ$ , а диаметры всех проводников одинаковы и равны 16 мм. По горизонтальной оси откладывается нормированная частота  $\nu=1/\lambda$ . Штриховой, сплошной и пунктирной линиями показаны данные для числа сегментов один, два и три соответственно.

Подробный анализ свидетельствует, что различие результатов, полученных при количестве сегментов два и три в целом незначительно с практической точки зрения.

Похожая картина наблюдается и в решетке за исключением отдельных случаев, например, точек появления побочных главных максимумов, когда сходимость ухудшается. Поэтому в дальнейшем, если не оговорено иное, приводятся результаты, полученные при числе сегментов два.

#### *Литература*

1. Вендик О.Г., Парнес М.Д. Антенны с электрическим сканированием (Введение в теорию) / под ред. Л.Д. Бахраха. М., 2002.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. М., 1988.

УДК 551.435.13

**Смышляев Павел Николаевич**

направление УИТС (бакалавриат), гр. УИТС-41

Научный руководитель **Петухов Игорь Валерьевич**, д-р техн. наук,

проректор по развитию и внешним связям

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»*,

*г. Йошкар-Ола*

## **СРЕДСТВА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГИДРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**Актуальность.** Автоматизированный гидрометрический комплекс призван помочь потребителям в определении некоторых величин водных ресурсов, таких как глубина, скорость и направление течений, рельеф дна.

Одной из самых основных задач является позиционирование комплекса на поверхности водоема, то есть необходимо автоматическое определение положения аппарата с целью расчета дальнейшего положения, исходя из начального. Для решения данной задачи рассматриваются *два метода*. Первый из них – это позиционирование с помощью веб-камеры, второй – использование GPS модуля для определения глобальных координат объекта.

**Позиционирование с помощью веб-камеры** должно осуществляться путем нанесения определенной яркой метки на корпус аппарата, а затем программное обеспечение на персональном компьютере должно распо-

знать ее, определить положение комплекса путем построения геометрической проекции на плоскость водоема.

Данная проблема решается цифровой обработкой изображений – обработкой цифровых изображений с помощью компьютера и соответствующего программного обеспечения.

Для решения этой задачи последовательно выполняются определенные действия. Сначала фильтрация, в ходе которой необходимо из большого количества объектов пространства выделить нужный. Для этого метка будет выкрашена в красный цвет, так как он будет резко контрастировать с остальными цветами пейзажа. Только цветового признака для определения принадлежности объекта из области интереса к классу метки недостаточно, так как помимо ее на изображении могут находиться другие объекты красного цвета. Второй признак, который можно выделить для всех меток – форма эллипса очень близкого к кругу. Для этого воспользуемся преобразованиями Хафа для поиска окружностей, которые позволяют также обнаружить окружность произвольного радиуса.

Последовательное выполнение задач обработки изображения показано на рисунке 1.

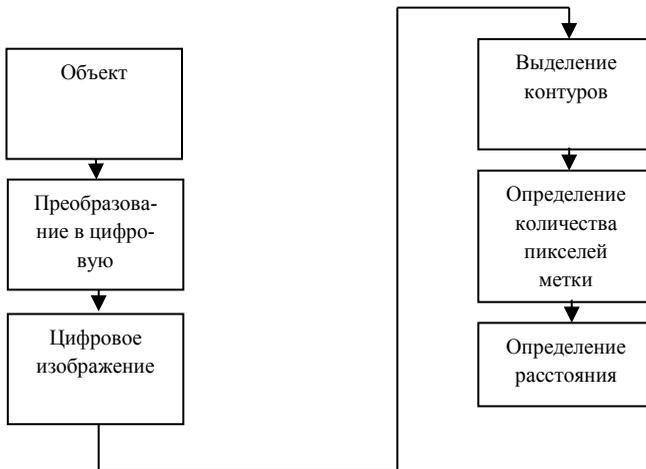


Рис. 1 – Алгоритм определения расстояния до объекта

Для выполнения задач обработки, представленных на рисунке 1, существуют специальные библиотеки компьютерного зрения: OpenCV, BoofCV, SimpleCV. Они все выполняют специальные функции обработ-

ки изображений с веб-камер: фильтрация, бинаризация, выделение границ. Но для выполнения задачи позиционирования гидрометрического комплекса решено использовать библиотеку OpenCV, так как она имеет чуть большие функциональные возможности, а также повышенную производительность. То есть, в целом (при равных условиях) обработка изображений проходит в среднем быстрее. Более того, несомненным плюсом является возможность свободного использования в академических и коммерческих целях.

Для выполнения съемки комплекса в движении необходимо выбрать веб-камеру высокого разрешения, так как она позволяет получать большее количество пикселей в процессе поиска метки на изображении, что повышает точность определения.

После того как получено цифровое изображение, первые шаги предпроцессорной пиксельной обработки включают два класса операций – точечные операции и геометрические. Они необходимы для точного определения нашей метки. *Точечные операции* изменяют уровни яркости в отдельных пикселях, в зависимости от этого уровня и положения точек. *Геометрические* – изменяют только положение пикселя. Такие операции применимы для коррекции элементарных искажений процесса формирования изображения.

Задача выделения контуров требует использования операторов над соседними элементами, которые чувствительны к изменениям и подавляют области постоянной яркости. Таким образом, формируется изображение признака, в котором те части изображения, где возникают изменения, становятся светлыми, в то время как все остальные части остаются темными. Тогда окружность метки будет хорошо различима на всем снимке веб-камеры.

Также важной задачей является представление и анализ формы, так как наша метка в некоторых случаях будет проецироваться в виде эллипса. Параметры формы выделяются из объекта для описания их формы, сравнения ее с формой эталонных объектов или разделения объектов по классам различных форм. Чаще всего задачу определения формы решают с помощью площади. То есть количества пикселей, занимаемых нашей меткой. При значении ниже критического метка не будет различимой, то есть окажется невозможно ее использование.

Задача определения расстояния решается с помощью проецирования изображения на плоскость. То есть, зная угол наклона веб-камеры и расстояние до объекта, которое мы определили по количеству пикселей метки, мы легко просчитаем расстояние до объекта. Схема выполнения задачи представлена на рисунке 2.

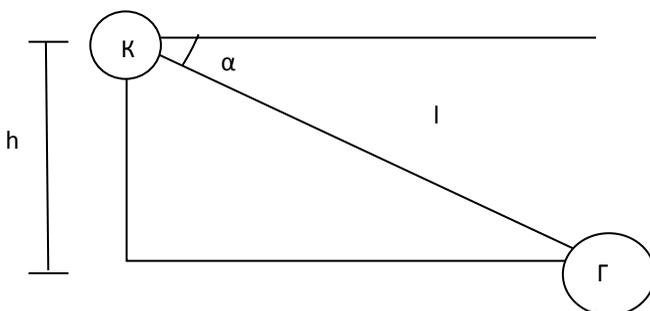


Рис. 2 – Схема определения расстояния до комплекса:  
 $\alpha$  – угол наклона камеры; К – камера; ГК – гидрометрический комплекс;  
 $h$  – высота штанги;  $l$  – расстояние до комплекса

Для этого аппарат может использовать второй *способ позиционирования – с помощью GPS модуля*. Такой метод дает точность позиционирования до 2 метров, что является достаточным на широких водоемах, но может оказаться существенной погрешностью на малых. GPS-модуль поучает координаты и сверяет их с загруженной в него картой местности с указанием широты и долготы. Здесь расстояние ограничивается только возможностями связи аппарата с персональным компьютером, то есть возможно использование на расстоянии до одного километра.

### **Выводы.**

Таким образом, в ходе экспериментов по распознаванию метки мы получили положительный результат на расстоянии до 50 метров.

Опыт с GPS-модулем показал, что необходимую точность могут обеспечивать 8-9 спутников.

Результаты применения данного метода будут зависеть от типа водоема, типа местности и определенных метеоусловий.

### *Литература*

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера. 2005. 1072 с.
2. Путятин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
3. Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера. 2007. 584 с.

**Соловьева Ксения Николаевна,**  
направление ИТС (бакалавриат), гр. ИТС-41  
Научный руководитель **Рябова Мария Игоревна,**  
канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры высшей математики  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖМОДОВОЙ ЗАДЕРЖКИ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАДИОКАНАЛА СЛОЖНЫМИ СИГНАЛАМИ**

Коротковолновые (КВ) ионосферные радиолнии большой протяженности характеризуются многолучевостью распространения, что приводит к замираниям принимаемого сигнала вследствие интерференции лучей. Одной из важнейших характеристик любого канала связи является его комплексная передаточная функция [1, 2].

В приемнике ЛЧМ-ионозонда происходит сжатие принятого сигнала в частотной области, состоящее в его умножении на сигнал гетеродина, комплексно-сопряженный излучаемому сигналу и дальнейшему спектральному анализу сигнала разностной частоты, в результате чего разделяются дискретные моды распространения сигнала. Результатом работы ионозонда является ионограмма, характеризующая зависимость амплитуды сигнала от частоты и времени группового запаздывания.

**Цель работы** – исследование межмодовой задержки при зондировании высокочастотного радиоканала сложными сигналами.

Измерение межмодовой задержки производится в программном обеспечении (ПО), разработанном в среде Labview [3]. Лицевая панель программы представлена на рисунке 1.

Данное ПО производит очистку ионограмм с помощью методов динамического порога и одиночных выбросов. Затем в окне очищенной ионограммы оператор ПО может выделить необходимые треки мод распространения КВ-радиосигнала, в результате чего автоматически рассчитывается расстояние между треками – межмодовая задержка.

**Техника и результаты эксперимента.** Автором работы был проведен натурный эксперимент с использованием программно-аппаратного комплекса Поволжского государственного технологического университета, реализующего зондирование ионосферного радиоканала сложным ЛЧМ-сигналом. Эксперимент проводился 10.01.2015 на радиолнии Кипр – Йошкар-Ола, протяженностью 2630 км.

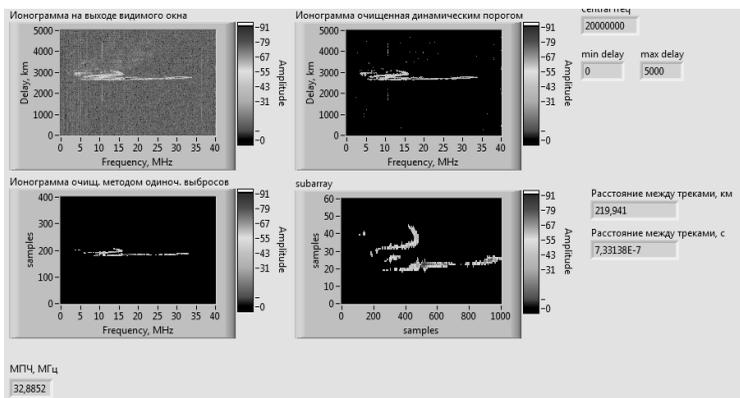


Рис. 1 – Лицевая панель ПО

Использование разработанного программного обеспечения позволило в автоматическом режиме определить расстояние между треками в километрах и секундах, а также МПЧ. Результаты вычислений представлены на рисунке 2.

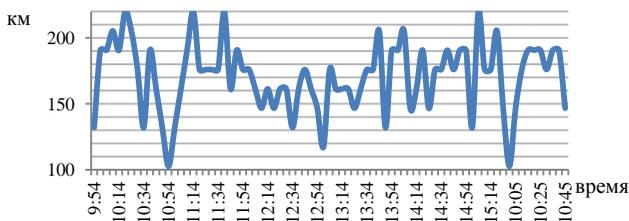


Рис. 2 – Результат натурального эксперимента

**Вывод.** Разработано программное обеспечение, позволяющее производить оценку межмодовой задержки при зондировании высокочастотного радиоканала сложными сигналами. Проведен натуральный эксперимент и получены результаты измерений межмодовой задержки.

#### Литература

1. Иванов Д.В. Методы и математические модели исследования распространения в ионосфере сложных декаметровых сигналов и коррекции их дисперсионных искажений: монография. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 268 с.

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

3. Первичная обработка ионограмм наклонного зондирования ионосферы / Иванов В.А., Иванов Д.В., Рябова Н.В., Рябова М.И., Чернов А.А., Овчинников В.В. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2015. № 2 (26). С. 19-26.

УДК 681.5.08

**Сорокин Александр Георгиевич,**

выпускник радиотехнического факультета ПГТУ

**Курасов Павел Александрович,**

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

Научный руководитель **Петухов Игорь Валерьевич**, д-р техн. наук,  
проректор по развитию и внешним связям

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

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО АУДИТА НА БАЗЕ МУЛЬТИКОПТЕРА**

**Введение.** Тепловизионный аудит – это новое направление в области строительства, диагностики (неразрушающий контроль) и эксплуатации промышленных объектов, позволяющее дистанционно и наглядно с высокой точностью получить объективную информацию об объекте и состоянии его внутренних и внешних систем. Метод основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур поверхностей ограждающих конструкций, между внутренними и наружными поверхностями которых создан перепад температур, и вычислении относительных сопротивлений теплопередаче участков конструкции, значения которых, наряду с температурой внутренней поверхности, принимают за показатели качества их теплозащитных свойств.

Тепловизионному контролю подвергают наружные и внутренние поверхности ограждающих конструкций. По обзорной термограмме наружной поверхности ограждающих конструкций выявляют участки с нарушенными теплозащитными свойствами, которые затем подвергают детальному термографированию с внутренней стороны ограждающих конструкций.

Воздушная съемка тепловизором с помощью беспилотных устройств является очень доступным и производительным методом проведения тепловизионных обследований.

Чтобы провести съемку, тепловизор закрепляют на гиросtabilизированной платформе внизу выбранного летательного аппарата. При этом сигнал с видеовыхода тепловизора передается по радиоканалу на удобное оператору устройство записи. Полетом мультикоптера, оснащенного тепловизором, оператор управляет с земли за счет пульта.

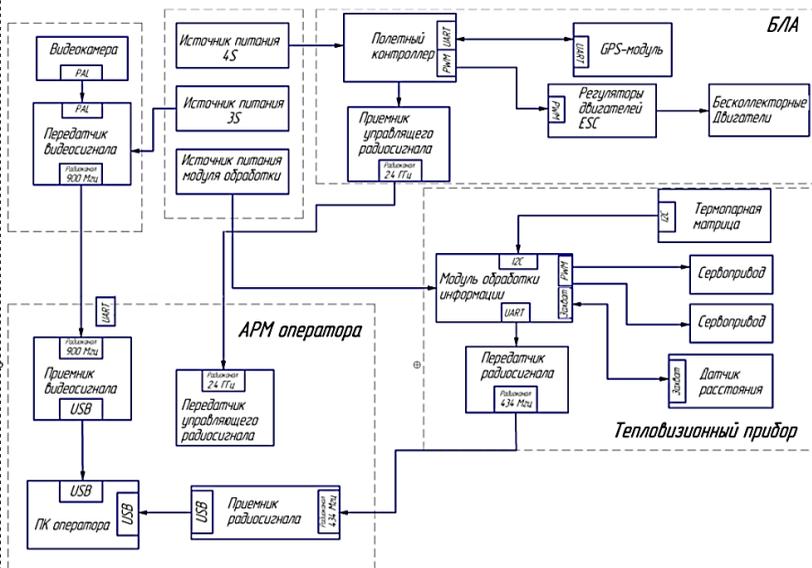
**Цель работы.** Для решения проблем теплового обследования и обеспечения качественных измерений предлагается разработка тепловизионного устройства, основанного на более дешевой элементной базе, установленного на мультикоптер для обеспечения наилучшего детального исследования высотных объектов.

**Техника решения.** Для получения термограмм было разработано миниатюрное устройство на основе термопарной матрицы, выполненной с разрешением  $8 \times 8$  точек, которая выполняет основную функцию – функцию тепловизора. Матрица устанавливается на подвижную систему мультикоптера, состоящую из двух приводов, благодаря чему возможно движение матрицы вокруг двух осей: влево-вправо и вверх-вниз. Перемещаясь, матрица сканирует пространство. Данные с матрицы передаются на ПК, где они обрабатываются программным обеспечением и сопоставляются в соответствии с изображением самого объекта.

Информационный поток БЛА представлен в виде обмена информации полетного контроллера с GPS-модулем по интерфейсу UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) и регуляторами оборотов ШИМ-сигналом (PWM – англ. pulse-width modulation) различной скважности. Управление происходит по радиоканалу с частотой 2,4 ГГц.

Поток информации с видеокамеры представлен в формате PAL с дальнейшей передачей радиосигналом 900 МГц.

Информационный поток тепловизионного устройства представляет собой поток двоичных для обмена с модулем обработки информации. Термопарная матрица обменивается с модулем обработки по интерфейсу I2C. Поворот матрицы выполняют сервоприводы, управляемые ШИМ-сигналами. Различной скважности управляющего ШИМ-сигнала соответствует различный угол поворота роторов сервоприводов. Сервоприводы образуют подвижную систему, способную двигаться вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Расстояние до объекта получаем с помощью ультразвукового датчика расстояния. Первичные данные с модуля обработки передаются по интерфейсу UART на передатчик радиосигнала, который связан радиоканалом 424 МГц с АРМ.



**Функциональная схема устройства**

Четвертый поток информации представляет собой обмен информацией со всеми модулями на АРМ оператора с помощью интерфейса USB (Universal Serial Bus) и радиосигналами.

**Вывод.** В ходе данного этапа работы была создана функциональная схема комплекса, а также подобраны основные информационные потоки в системе и их характеристики.

### Литература

1. Алиев М. Т. Микропроцессоры в системах управления: учебное пособие для студентов очной формы обучения направлений подготовки бакалавров 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» и 220400.62 «Управление в технических системах». Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. 247 с.
2. Кузин А.В., Жаворонков М.А. Микропроцессорная техника: учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования по группе специальностей 2200 «Информатика и вычисл. техника», 1800 «Электротехника». 5-е изд., стер. М.: Академия, 2010. 303 с.
3. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы «ATMEL». М.: Додэка-XXI, 2002. 285 с.

УДК 621.371:551.510.535

**Столяров Денис Сергеевич, Сушенцов Роман Александрович**  
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. ИТСм-21

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

## **МОДЕЛЬ ВАТТЕРСОНА ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ**

Модели сигнальных искажений, вызванных ионосферой, важны, поскольку они облегчают разработку и испытание новых модемов и радиоприемников путем их объединения в каналные имитаторы. Заданный входной сигнал  $x(t)$ , выходной сигнал  $y(t)$ , после прохода по радиоканалу с импульсной характеристикой  $h(t, \tau)$ , часто представляется в виде:

$$y(t) = x(t) * h(t, \tau) + n(t), \quad (1)$$

где  $t$  – время,  $\tau$  – время запаздывания,  $n(t)$  – сигнал шума, знак \* означает свертку.

Следовательно, если изменяющаяся во времени импульсная характеристика канала доступна (измеренная или смоделированная), она может свертываться с входным сигналом, давая тем самым канално-модулированный выходной сигнал. Этот процесс может быть хорошо представлен в виде дискретной линии задержки с изменяющимися во времени функциями увеличения отвода.

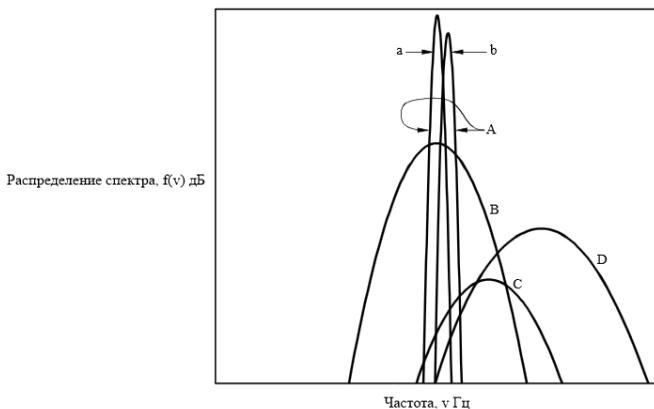
Модель Ваттерсона была типовым изображением КВ канала, используемого в имитаторах в течение многих лет [1].

Эта модель первоначально была проверена данными на средней широте с точностью до 36 минут, взятыми 1300 км в качестве маршрута в течение ионосферного спокойствия в единственном дне ноября 1967 года. Модель предполагает, что замирание канала описывается релеевским распределением амплитуды и что доплеровский сдвиг каждой моды распространения имеет гауссовскую спектральную функцию. Следует отметить, что модель не определяет порядок для запаздывания при распространении и большинство практических реализаций предполагает, что каждая мода не показывает никакого запаздывания.

Модель Ваттерсона рассматривает канал как идеальную дискретную линию задержки, где на каждом отводе задержанный сигнал модулируется функцией увеличения отвода  $G_i(t)$ . Вообще всякая функция увеличения отвода определяется как

$$G_i(t) = \tilde{G}_{ia}(t) \exp(j2\pi\nu_{ia}t) + \tilde{G}_{ib}(t) \exp(j2\pi\nu_{ib}t) \quad (2)$$

Нижние индексы  $a$  и  $b$  означают два возможных магнитоионных компонента, экспоненциалы допускают доплеровские сдвиги, которые добавляются к сигналу, а тильды указывают на то, что  $G$ -термы – дискретные функции совокупности двух независимых гауссовских произвольных эргодических процессов, каждый с нулевыми средними величинами и независимыми действительными и мнимыми составляющими с равными среднеквадратическими величинами. Такая совокупность числовых последовательностей представляет собой релеевское замирание. Функции увеличения отвода тоже фильтруются для того, чтобы создать гауссово-доплеровское распространение в энергетическом спектре сигнала. Обычно первый отвод используется для каждой моды распространения. На практике имитируется только одиночный магнитоионный компонент и допускается лишь ограниченное число (обычно четыре или пять) мод распространения (отводов). Кроме того, обычно предусматривается возможность включения моды отражения, которая может быть использована для имитации линии прямой видимости или поверхностной волны [2].



**Распределение спектра многолучевых компонентов сигнала**

### *Литература*

1. Clark C. Watterson, John R. Juroshek, and William D. Bensema [1970], «Experimental Confirmation of an HF Channel "Model"» IEEE Transactions on Communication Technology, vol. com-18, no.6, Nottingham, UK, CP441 (available from IEE, London, UK).
2. Angling M.J., Cannon P.S., Arthur P.C., and Cotterill P.L. and Davies N.C. [2002], «New Approaches to Time Varying Narrow Band HF Simulations», submitted to IEEE Transactions on Communications.

**Стрелков Иван Алексеевич,**

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

Научный руководитель **Леухин Владимир Николаевич**, канд. техн. наук,

доцент кафедры КиПР

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»*

*г. Йошкар-Ола*

## ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИБОРА АСК 4106

**Введение.** В энергетических сетях страны, на 90% по протяженности состоящих из распределительной сети 10-35 кВ, самым важным и сложным звеном являются трансформаторы. Общее число трансформаторов 10-35 кВ в целом по стране составляет более миллиона, по Республике Марий Эл – более 7 тысяч. Частота отказов трансформаторов в значительной степени зависит от габаритов, класса напряжения и условий эксплуатации. Одной из основных причин отказа трансформатора являются старение и изменение свойств диэлектрика, в том числе и трансформаторного масла.

Для оценки состояния изоляции трансформатора разработан метод, основанный на снятии амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) трансформатора при подаче на него испытательных сигналов в диапазоне частот 30-200 кГц [1]. Обмотки трансформатора совместно с твердой и жидкой изоляцией (трансформаторным маслом) создают резонансный контур с ярко выраженным пиком (рис. 1).

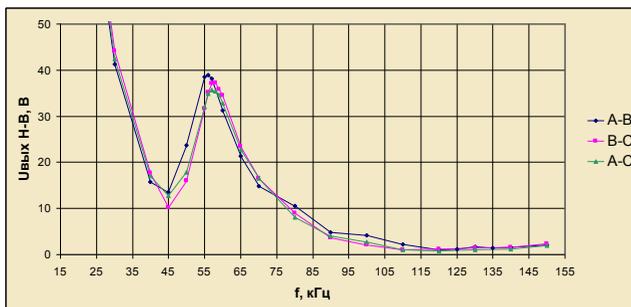


Рис. 1 – Вид АЧХ трансформатора 10 кВ, 100 кВА

При изменении диэлектрических свойств масла (его старении) АЧХ трансформатора изменяется, в результате чего можно делать выводы о техническом состоянии трансформатора. Для получения АЧХ необходимо произвести замер в указанном диапазоне с кратностью не менее 0,5-1 кГц. Ранее разработанные средства [2] требовали ручной перестройки частоты и фиксация результатов производилась также вручную, что является трудоемкой операцией.

**Постановка задачи.** Для снятия АЧХ трансформатора требуется создание технических средств, обеспечивающих изменение частоты испытательных сигналов с определенным шагом при соблюдении постоянства амплитуды и фиксацию сигналов, прошедших через трансформатор.

Было рассмотрено множество вариантов решения задачи. Классификация традиционных методов диагностирования состояния изоляции трансформаторов велика. Существующие методы определяют состояние только части объема изоляции и не могут характеризовать состояние изоляции по всему объему.

Применение многообразия методов диагностирования вызывает противоречивые суждения о состоянии изоляции.

**Актуальность.** Опыт профилактических проверок состояния изоляции свидетельствует о том, что методы, используемые в настоящее время, еще недостаточно эффективны и не удовлетворяют требованиям эксплуатации. Существующие методы проверки изоляции (измерение  $\tan\delta$ ,  $C2/C50$  и др.) не обнаруживают опасных ухудшений состояния изоляции, не чувствительны к ее старению, а в некоторых случаях ошибочно оценивают состояние изоляции. Они могут оказаться слишком сложны и трудоемки, требуют привлечения к измерениям высококвалифицированных специалистов, а также отключения оборудования на период проверки. Все эти аргументы еще раз подтверждают необходимость разработки новых средств технического диагностирования.

**Техника решения.** На этапе проектирования технических средств диагностирования было предложено использовать мультиметр. Мультиметр – комбинированный электроизмерительный прибор, объединяющий в себе несколько функций. В минимальном наборе это вольтметр, амперметр и омметр.

Для пригодности к проведению диагностики силовых трансформаторов отбирались те модели, которые содержат функцию измерения напряжения, частоты, встроенный генератор ВЧ сигналов (в диапазоне 20-200 кГц), память для сохранения результатов измерений (не менее 100 замеров) и связь с ПК. Среди всех моделей, отвечающих этим требованиям, были выбраны несколько, в частности U1251A. Особенности мультиметра U1251A:

- основная погрешность измерения напряжения – 0,025%;
- возможность регистрации данных с помощью кабеля для связи с ПК;
- частотомер до 20 МГц;
- программируемый генератор прямоугольных импульсов.

Мультиметр – прибор очень универсальный и многофункциональный, однако в плане удобства подключения к электроустановке, наглядности отображаемого результата и автоматизации процесса измерения он не сильно превосходит уже существующие устройства диагностирования изоляции трансформаторов ПСДИ.

Наиболее приемлемым можно считать использование в качестве основного диагностирующего средства двухканального генератора-осциллографа АСК-4106. Он совмещает в одном приборе источник испытательных сигналов и прибор для наблюдения и измерения выходных параметров проверяемого устройства. Модуль двухканального цифрового запоминающего осциллографа предназначен для изучения сигналов от внешних устройств, их отображения на мониторе компьютера, измерения параметров сигналов и математической обработки с помощью программного обеспечения. Модуль генератора предназначен для выдачи сигналов произвольной формы, включая стандартные, а также задаваемые пользователем с помощью математических выражений или графически.

Для решения задачи диагностирования дополнительно требуется блок сопряжения, включающий в себя усилитель мощности, блок питания, преобразователь переменного напряжения в постоянное. Структурная схема диагностирования с его применением дана на рисунке 2.



Рис. 2 – Структурная схема измерительного комплекса

Пример снятия характеристики с использованием предложенного комплекса представлен на рисунке 3.

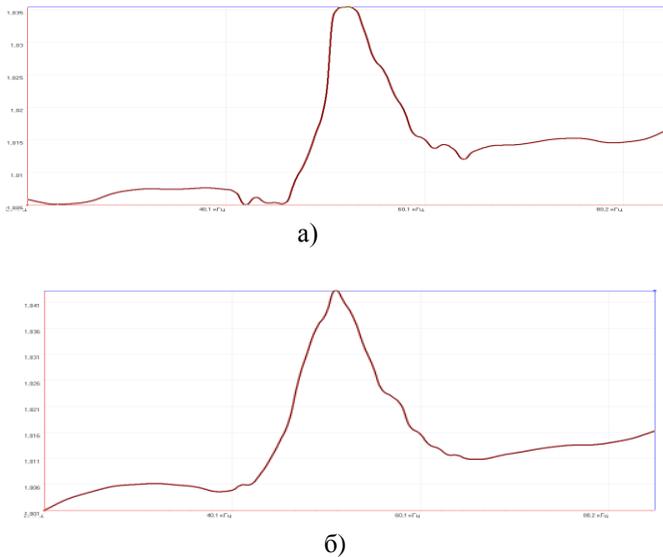


Рис. 3 – АЧХ трансформатора ТМ-100-10/0,4 кВ:  
а) [В(С-с) А(А-а)]; б) [В(С-с) А(В-в)]

**Выводы.** Использование предложенной системы диагностирования позволяет автоматизировать процесс снятия АЧХ, повысить достоверность данных, накапливать и обрабатывать полученную информацию с использованием ПК.

#### *Литература*

1. Ахметшин Р.С., Рыбаков Л.М. Разработка средств диагностирования изоляции трансформаторов 1-х габаритов по изменению их частотных характеристик // Проблемы энергетики. 2002. № 11-12. С. 49-55.
2. Леухин В.Н., Леухин П.В., Музуров А. К. Генератор для диагностирования силовых трансформаторов высокочастотным зондированием // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. №2. С.13-15.

**Торопов Павел Андреевич,**

направление ИТС (магистратура), гр. ИТСм-22

Научный руководитель **Павлов Вячеслав Владимирович**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры РТ и С

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН С УДЛИНЕННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ И УКРОЧЕННЫМ ДИРЕКТОРОМ НА 4 % ОТНОСИТЕЛЬНО ДЛИНЫ ВОЛНЫ ПРИ ДИАМЕТРЕ ПРОВОДНИКОВ 0,004 ДЛИНЫ ВОЛНЫ С ИЗОЛИРОВАННОЙ ТРАВЕРСОЙ**

Приведены результаты исследований трехэлементных вибраторных антенн указанных конструкций при расстоянии от активного вибратора до рефлектора 0,25 длины волны и от активного вибратора до директора от 0,04 до 1,03 длины волны с шагом 0,01 длины волны, промоделированные в программе MMANA GAL Pro. Параметры антенн рассчитаны в табличном процессоре MS Excel и выявлены конструкции, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад, KCB в полосе рабочих частот.

*Ключевые слова:* вибраторная антенна, коэффициент стоячей волны, рабочий диапазон частот, отношение излучения вперед/назад, коэффициент усиления.

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

**Цель работы** – выявление конструкций трехэлементных вибраторных антенн с удлиненным рефлектором и укороченным директором на 4% относительно длины волны при диаметре проводников 0,004 длины волны, обеспечивающие наибольший рабочий диапазон частот, наибольшие средние коэффициент усиления, отношение излучения вперед/назад, KCB в полосе рабочих частот.

### **Решаемые задачи:**

- автоматизация процессов расчета частотнозависимых параметров антенн в программе *MMANA GAL Pro*;

- обработка частотнозависимых массивов и расчет параметров антенн с помощью табличного процессора *MS Excel*;
- анализ полученных результатов.

**Техника решения.** Ввиду необходимости исследований большого количества конструкций антенн использованы возможности программы *Tropan Macro Machine* для создания моделей антенн и получения частотнозависимых параметров заданных вариантов конструкций трехэлементных директорных антенн с помощью макроса, аналогичного созданному ранее [1]. Использована методика формирования базы данных параметров множества конструкций директорных антенн.

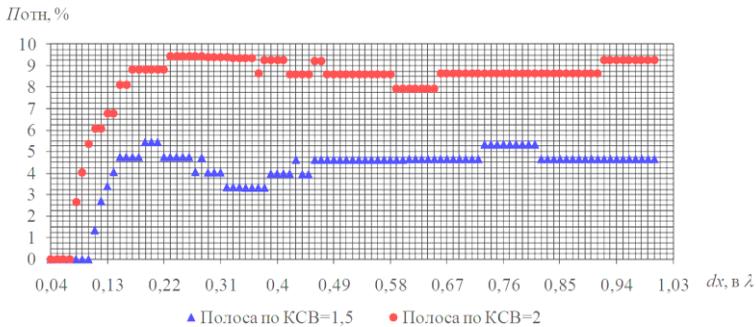


Рис. 1 – Зависимости относительной полосы рабочих частот  $P_{\text{отн}}$  от расстояния между активным вибратором и директором

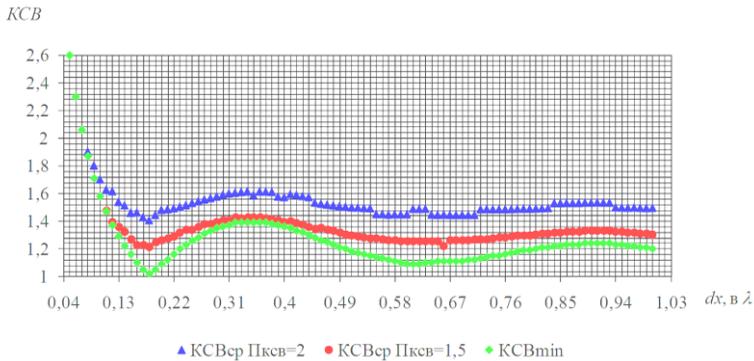


Рис. 2 – Зависимости средних значений  $\text{КСВ}$  в полосе рабочих частот и минимального значения  $\text{КСВ}$  от расстояния между активным вибратором и директором

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

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

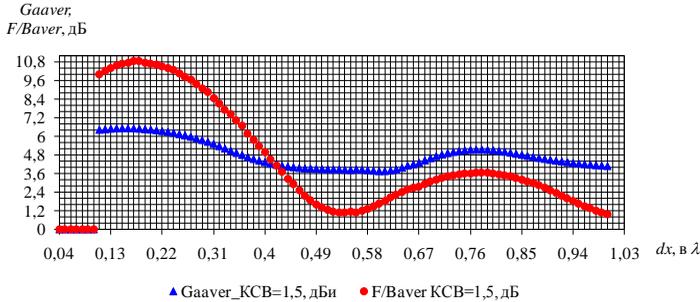


Рис. 3 – Зависимости средних значений коэффициента усиления  $G_{aver}$  и значений отношения излучения вперед/назад  $F/B_{aver}$  в полосе рабочих частот от расстояния между активным вибратором и директором по уровню  $KCB = 1,5$

**Выводы.** Трехэлементные вибраторные антенны с удлиненным рефлектором и укороченным директором на 4% относительно длины волны при диаметре проводников  $0,004$  длины волны при расстоянии от активного вибратора до рефлектора  $0,25 \cdot \lambda$  и от активного вибратора до директора от  $0,04 \cdot \lambda$  до  $1,03 \cdot \lambda$  с шагом  $0,01 \cdot \lambda$  обеспечивают следующие предельно достижимые параметры:

- по уровню  $KCB = 1,5$ :  $P_{OTH} = 5,44 \%$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,19 \cdot \lambda$ ),  $G_{AVER} = 6,56$  дБи ( $d_{AB-ДИР} = 0,15 \cdot \lambda$ ),  $F/B_{AVER} = 10,85$  дБ ( $d_{AB-ДИР} = 0,17 \cdot \lambda$ ),  $KCB_{CP} = 1,22$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,18 \cdot \lambda$ );
- по уровню  $KCB = 2$ :  $P_{OTH} = 9,46 \%$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,25 \cdot \lambda$ ),  $G_{AVER} = 6,55$  дБи ( $d_{AB-ДИР} = 0,18 \cdot \lambda$ ),  $F/B_{AVER} = 10,73$  дБ ( $d_{AB-ДИР} = 0,19 \cdot \lambda$ );  $KCB_{CP} = 1,49$  ( $d_{AB-ДИР} = 0,2 \cdot \lambda$ );

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

- по уровню  $KCB = 1,5$   $P_{OTH} = 5,44 \%$ ,  $G_{AVER} = 6,51$  дБи и  $F/B_{AVER} = 10,77$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,25$  при расстояния  $d_{AB-ДИР} = 0,19 \cdot \lambda$ ;
- по уровню  $KCB = 2$   $P_{OTH} = 8,81 \%$ ,  $G_{AVER} = 6,51$  дБи и  $F/B_{AVER} = 10,79$  дБ,  $KCB_{CP} = 1,49$  при расстояния  $d_{AB-ДИР} = 0,20 \cdot \lambda$ .

### *Литература*

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

УДК621.396.946:519

**Трушкова Ольга Александровна**

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

Научный руководитель **Кислицын Алексей Александрович**,  
ассистент кафедры радиотехники и связи

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

## **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСИИ В ТРАНСИОНОСФЕРНОМ РАДИОКАНАЛЕ**

**Актуальность.** При прохождении через ионосферу сигнал подвергается дисперсионным искажениям ввиду изменения фазовых соотношений между гармоническими составляющими сигнала. Это приводит к частичной или полной потере информации в принимаемом сигнале, искажению формы сигнала [1]. Необходимость решения задач по проблеме искажения сигналов радиотехнических систем, работающих через ионосферу Земли, является актуальной проблемой в настоящее время.

**Целью проекта** является создание программно-аппаратного комплекса для оценки влияния частотной дисперсии на искажения в транс-ионосферном радиоканале на основе результатов полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы.

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

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

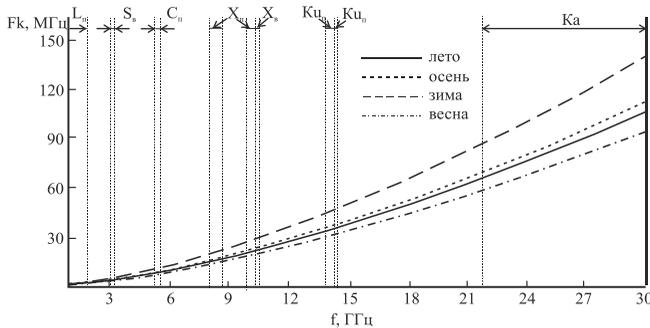
где  $\frac{\alpha_1}{f}, \frac{\alpha_2}{f^3}, \frac{\alpha_1}{f^5}$  – коэффициенты разложения, в которых главным па-

раметром является полное электронное содержание.

Далее, в зависимости от учёта коэффициентов разложения, выражаются параметры дисперсии различных порядков: дисперсия групповой задержки, наклон кривой, выпуклость или вогнутость кривой.

Методика оценки дисперсионных искажений основана на экспериментальных результатах определения ПЭС ионосферы Земли с помощью технологий ГЛОНАСС/GPS, то есть, базируется на результатах не вертикального или наклонного, а трансionoсферного зондирования ионосферы. Алгоритмы и методы получения ПЭС подробно описаны в работе [2,3]. Также методика предполагает проводить оценку искажений на частотах близ критической частоты ионосферной плазмы.

Для вычисления дисперсионных характеристик (ДХ) по данным трансionoсферного зондирования были рассчитаны вариации полного электронного содержания. Для оценки влияния частотной дисперсии на вид ДХ построены зависимости наклонов дисперсионных характеристик, а также зависимости полос когерентности для каждого из сезонов.



**Зависимости полос когерентности**

**Новизна.** Отличительной особенностью разрабатываемого комплекса от существующих аналогов является возможность измерения параметров дисперсии различных порядков для различных случаев частотного приближения, а также возможность оценки полосы когерентности для различных диапазонов космических систем в условиях изменчивости ионосферы.

**Перспективы.** Представленный комплекс, а также результаты, полученные с его помощью, могут быть интересны предприятиям, зани-

мающимся разработками перспективных систем спутниковой связи, радионавигации. На стадии проектирования и эксплуатации средств космических и спутниковых систем можно будет закладывать разработанный программный модуль для учёта влияния дисперсионных искажений с дальнейшей целью их компенсации. Это станет способствовать достижению новых возможностей для работы широкополосных радиотехнических систем в дисперсных средах, обеспечивая более оптимальную работу систем, а также их помехоустойчивость.

#### *Литература*

1. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, Н.Н. Михеева, Е.В. Катков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Радиотехнические и инфокоммуникационные системы, 2013. №2(18). С. 5-15.

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

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

УДК 57.087

**Ушнурцев Дмитрий Михайлович,**

направление УИТС (бакалавриат), гр. УИТС-41

Научный руководитель **Петухов Игорь Валерьевич,** д-р техн. наук,

проректор по развитию и внешним связям

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

## **СПОСОБЫ ОЦЕНКИ АСИММЕТРИИ РАЗВИТИЯ МЫШЦ**

*Асимметрия* – это отсутствие или нарушение симметрии. Чаще всего этот термин применяется в отношении визуальных объектов и изобразительном искусстве. Асимметрию можно наблюдать даже в природе. Деление клеток в организме, асимметрия в организмах является обыч-

ным явлением, по крайней мере, в одном измерении наравне с биологической симметрией.

Асимметрия служит важным эволюционным признаком, например, при асимметричном расположении человеческого сердца левое лёгкое становится меньше правого, чтобы освободить место. Преобладающая рука – асимметрия в развитии навыков людей и животных. Тренировка нервных путей во время обучения навыку с одной рукой занимает меньше времени, чем та же тренировка с двумя.

Существуют классические методы оценки функциональных состояний позвоночно-двигательного сегмента позвоночника. Их суть сводится к измерению разницы расстояний между остистыми отростками смежных позвонков. В этих методах используется линейка, закрепленная на свободном конце одного из стержней над эластичной опорой так, что перпендикуляр, опущенный из ее нулевой отметки, проходит через середину эластичной опоры соединенного с ней стержня, а указатель измеряемого расстояния закреплен на середине эластичной опоры второго стержня с возможностью образования прямого угла с измерительной шкалой линейки.

Еще одним методом является стабилोगрафия. *Стабилोगрафия* – это метод количественного, пространственного и временного анализа устойчивости стояния.

Суть методов стабилोगрафических исследований сводится к оценке биомеханических показателей человека в процессе поддержания им вертикальной позы.

Удержание равновесия человеком – динамический феномен, требующий непрерывного движения тела, которое является результатом взаимодействия вестибулярного и зрительного анализаторов, суставно-мышечной проприорецепции, центральной и периферической нервной системы.

Существует установка для воссоздания трехмерной модели поверхности тела человека, содержащая проектор для проецирования регулярной геометрической структуры на тело человека и устройство фиксации картины искажений геометрической структуры, размещенные относительно друг друга с перекрещиванием их оптических осей, компьютер для приема и обработки поступающей из фиксирующего устройства информации и воссоздания обследуемой трехмерной поверхности.

Проектор и фиксирующее устройство установлены так, чтобы вертикальная плоскость, проходящая через оптическую ось фиксирующего устройства, была наклонена к плоскости, совпадающей с проходящей

через позвоночник обследуемого человека фронтальной плоскостью, а поле проецирования проектора и поле зрения фиксирующего устройства в фронтальной плоскости вмещало тело обследуемого с максимальными антропологическими признаками

При этом установка снабжена плоскостным и объемным тест-объектами для корректировки оптической системы в реальных условиях эксплуатации.

*Недостатком* установки является низкая точность воссоздания пространственной модели тела человека ввиду того, что объект воспринимается только одним фиксирующим оптическим устройством, в результате чего возникает лишь квазистереоизображение.



Структурная схема

Был предложен иной способ выявления асимметрии движений путем крепления на запястья рук человека беспроводных датчиков для измерения проекции ускорения и углов ориентации тела, при котором информация о движении рук передается на компьютеризированное устройство. При этом на каждое запястье крепятся идентичные датчики измерения проекции ускорения и углов ориентации тела, по показаниям которых компьютеризированное устройство строит график и спектр, проанализировав который, можно дать оценку асимметрий движения.

#### Литература

1. Патент WO 2014171909 A1. Устройство управления при помощи жестов / Anton Valeriyovich Stepanov, Антон Валериевич Степанов
2. Патент № 2497451 РФ. Способ диагностики функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата / Монтиле А. И., Давыдов О. Д., Кузнецова Н. Л., Марчук Ю. В. Бюл. № 31 от 10.11.2013

**Фадеев Владимир Анатольевич**

направление Информационные технологии и системы связи  
(магистратура), гр. 5197

Научный руководитель **Гайсин Артур Камилевич**, ассистент  
кафедры РТС

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань*

## **ВОЗМОЖНОСТЬ МИНИАТЮРИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО СЕКМЕНТА СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ**

**Актуальность исследования.** На данный момент наземная мобильная связь не обеспечивает полного покрытия территорий, что приводит к отсутствию какой-либо связи уже в нескольких километрах от крупного населенного пункта. Связь в удаленных точках Земли, в горах и открытом море также становится невозможной. Решением данной проблемы становится спутниковая связь, которая на сегодняшний день недоступна рядовому потребителю в силу своей дороговизны.

**Цели и задачи.** Исходя из вышесказанного, наш проект нацелен на перенос функций классической спутниковой связи в плоскость формата спутников CubeSat, что позволит современным мобильным операторам увеличить зону покрытия, затратив при этом минимальные денежные средства на производство и запуск.

На сегодняшний день формат спутников CubeSat является одним из самых удобных направлений в области использования космических средств в инфокоммуникациях. Так как данный формат спутников позволяет использовать малые габариты (1 л объема и массу не более 1.33 кг) и при этом достигать выполнения ряда задач обычных спутников, мы можем получить минимум два положительных результата:

- во-первых, материальную выгоду в производстве и запуске;
- во-вторых, возможность одновременного запуска на орбиту нескольких десятков спутников для выполнения различных задач.

Так как спутник не может нести на себе солнечные батареи достаточной площади, которая бы обеспечила длительную работу системы, потоковая передача голоса вряд ли возможна на данный момент. Однако, исходя из опыта проектов «Даурия»[1] и «Outernet» [2], можно вести речь о передаче хотя бы кратких текстовых сообщений, что уже обеспечивает повышение качества связи.

Целью данного проекта является также теоретическое обоснование перспектив выхода CubeSat на уровень полноценной спутниковой связи,

что может быть достигнуто в будущем благодаря возможности массового запуска спутников данного формата. Аналогом в данном направлении становится спутниковая система «Iridium».

**Перспективы исследования.** В дальнейшем с развитием использования прогрессивных видов антенны, способных работать на высоких частотах и при этом затрачивать минимальное количество энергии [3], на наш взгляд, возможно и расширение функций CubeSat в телекоммуникациях. Нами ведется работа по увеличению пропускной способности путем применения специальных комбинаций модуляции и кодирования.

Также благодаря доступности формата CubeSat в плане материальной реализации планируется развитие обучающей функции нашего проекта за счет вовлечения в него студентов.

Таким образом, данная функция не только поможет внести вклад в развитие инновационной отрасли в нашей стране, но и сыграет позитивную роль в подготовке будущих специалистов с творческим мышлением.

#### *Литература*

1. Официальный сайт проекта «Даурия» <http://russia.dauria.ru>
2. Официальный сайт проекта «Outernet» <https://www.outernet.is/en/>
3. Alomar W. An Extendable Solar Array Integrated Yagi-Uda UHF Antenna for CubeSat Platforms / W. Alomar, J. Degnan, S. Mancewicz, M. Sidley, J. Cutler and B. Gilchrist //Department of Electrical and Computer Engineering University of Michigan Ann Arbor, MI USA

УДК 621.396.67

**Файзуллин Ренат Илдусович, Малых Дмитрий Вячеславович**

направление Радиотехника (магистратура), гр. РФМТ 5193

Научный руководитель **Денисенко Павел Евгеньевич**, канд. техн. наук,

доцент кафедры радиофотоники и микроволновых технологий

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **ВИРТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЧЕТЫРЕХЧАСТОТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В СРЕДЕ OPTISYSTEM 7.0**

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются виртуальное проектирование, моделирование схемы четырехчастотного метода измерения параметров физических полей в среде Optisystem 7.0, выявлены его основные особенности.

*Ключевые слова:* волоконно-оптический датчик, датчик на основе оптоволоконной решётки Брегга, длина волны.

*Abstract.* This report examines the virtual design, simulation of the entire scheme of the method of measurement of parameters of physical fields in the environment Optisystem 7.0, identified the main features.

*Keywords:* fiber-optic sensor, a sensor based on fiber Bragg grating, wavelength.

В настоящее время использование новых инновационных методов сбора информации с окружающей среды позволяет не только экономить время и вести мониторинг, но даже оперативно среагировать в случаях чрезвычайных ситуаций. Таким образом, виртуальное проектирование схем с использованием волоконно-оптических датчиков (ВОД) совместно с волоконной решёткой Брэгга (ВРБ) в различных сферах деятельности человека очень распространено.

Исследование датчика на основе ВРБ производится моделированием. Для изучения отклонений решетки в зависимости от температуры используется принцип прохождения электрического сигнала через колебательный контур как настроенный, так и с расстройкой частоты. Спектральная характеристика решетки подбирается таким образом, чтобы обеспечить эффективное определение величин интенсивностей симметричных гармоник поступающего сигнала.

Наименьшая величина затухания 0,22 дБ/км наблюдается на длине волны 1550 нм. Исследования в данном диапазоне длин волн позволяют проектировать волоконно-оптические датчики с меньшей погрешностью на дальних участках оптического кабеля. Параметры функциональных моделируемых блоков подбираются исходя из следующих условий:

- возможность программной и практической реализации;
- максимальное соответствие реальным параметрам, обеспечивающие оптимальную эффективность моделирования;

Для обеспечения выполнения данных условий выбираем программное обеспечение Optisystem 7.0 фирмы Optiwave.

Схема моделируемого четырехчастотного метода с треугольной формой ВРБ представлена на рисунке 1.

В качестве источника сигнала используем DFB-лазер мощностью 1 мВт, работающий на частоте 193.1 ТГц (1552.5 нм) соответствующей средней частоте спектра ВРБ, используемой в схеме.

Для получения четырехчастотного сигнала используем два последовательно включенных электро-оптических модулятора Маха-Цендера совместно с двумя генераторами синусоидального напряжения, настроенных на частоты 30 ГГц и 5ГГц соответственно.

Мы получили четырехчастотный симметричный сигнал с равными амплитудами и одинаковыми разностными частотами для двух пар гармонических составляющих.

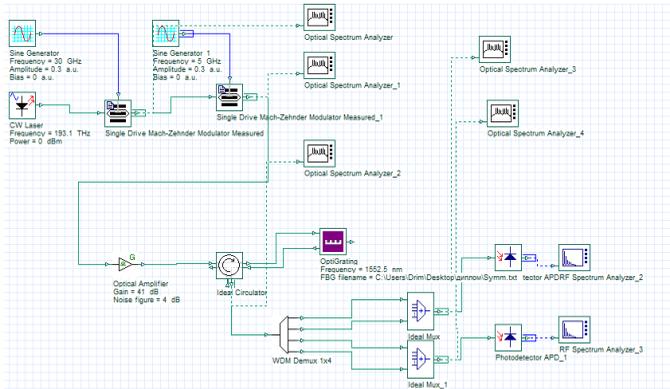


Рис. 1 – Схема получения и прохождения четырехчастотного сигнала с треугольной ВРБ

Далее сигнал через усилитель и циркулятор поступает на ВРБ. В процессе работы был получен спектр отраженного сигнала после прохождения ВРБ при нулевом смещении контура. Установлено изменение амплитуд составляющих сигнала согласно огибающей спектра ВРБ. Полученный измерительный сигнал с выхода ВРБ далее поступает на вход демультиплексора.

Последовательно включенные в схему демультиплексор и мультиплексор имеют целью сформировать два измерительных диапазона для дальнейшего детектирования и обработки.

На выходах фотодетекторов формируются разностные сигналы амплитуд составляющих сигналов каждого из каналов. В дальнейшем они могут быть обработаны в РЧ области для определения изменения параметра измеряемого поля.

Зададим диапазон обобщенной расстройки контура ВРБ от 1551.5 нм до 1554 нм с шагом в 0.1 нм и произведем моделирование для 25 значения длины волны ВРБ. Построим зависимость мощности сигнала на выходах фотодетекторов от обобщенной расстройки контура для разных форм ВРБ:

$$\varepsilon_{0k} = Q(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega).$$

На рисунке 2 представлены кружки с числами, которые показывают 3 случая отклонения спектра ВРБ:

1) в данной точке обобщенная расстройка контура находится в «нулевой» точке. В этом случае ввиду симметричности четырехчастотного

сигнала относительно центральной частоты спектра ВРБ разностные амплитуды составляющих будут примерно равны;

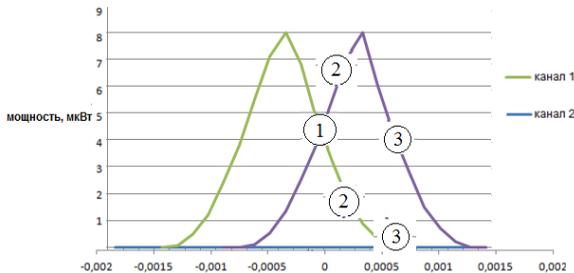


Рис. 2 – Определение отклонения спектра ВРБ

2) произошло незначительное отклонение, расстройка контура ВРБ от «нулевого» значения. Разностная амплитуда сигнала на правом канале увеличилась, а на левом – уменьшилась. Направление отклонения устанавливается при сравнении мощностей каналов. По правому каналу измеряется отклонение спектра ВРБ;

3) обобщенная расстройка контура ВРБ имеет значительное отклонение от «нулевой» точки. Это показывает низкий уровень мощности сигнала на левом канале. По правому каналу определяется мера отклонения средней частоты спектра ВРБ от «нулевой» точки.

#### *Литература*

1. Дураев В.П. Перестраиваемые одночастотные полупроводниковые лазеры // Физика и техника полупроводников. 2014. Т. 48. Вып. 1.
2. Садеев Т.С. Фотонные фильтры микроволновых сигналов на основе одночастотного лазера и амплитудного электрооптического модулятора Маха-Цендера: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2011.
3. Гаврилов А.М. Нелинейная дисперсия трехчастотного волнового пакета в бездисперсионной квадратично-нелинейной среде. Эксперимент // Техническая акустика: электронный журнал. 2005, 29.
4. МПК G01K 11/32 (2006/01). Устройство для измерения параметров физических полей / Денисенко П.Е, Куприянов В.Г., Морозов О.Г., Морозов Г.А., Садеев Т.С., Салихов А.М. (КНИТУ им. А.Н. Туполева). №2012124693/28(037831); Заявл. 14.06.2012
5. Морозов О.Г. Симметричная двухчастотная рефлектометрия в лазерных системах контроля параметров природной и искусственных сред: дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2004.

УДК 082:061.3

**Ханнанов Андрей Маратович,**

направление РТ (магистратура), гр. РТм-21

Научный руководитель **Роженцов Алексей Аркадьевич**, д-р техн. наук,  
профессор, заведующий кафедрой РТиМБС

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ЗОНДИРОВАНИИ**

### **Введение**

Ультразвуковое зондирование уже давно является неотъемлемым инструментом контроля в промышленности, а также удобным и эффективным неинвазивным средством диагностики в медицине. Зондирующие импульсы УЗИ, как правило, представляют собой радиоимпульсы с прямоугольной, гауссовой или экспоненциальной формой огибающей.

Могут варьироваться частоты заполнения, частоты зондирующих посылок и количество импульсов в одной посылке, но при этом свыше 99% времени работы система принимает эхо-сигналы.

Данные сигналы с успехом применяются в промышленности, однако в случае их применения в исследовании человеческого организма возникает сложность, связанная с быстрым затуханием ультразвуковых волн в мягких тканях и газообразных средах, составляющих в основном, тело человека. Величина затухания ультразвука обратно пропорциональна величине несущей частоты зондирующего импульса.

Чем выше частота, тем меньше оказывается эффективная глубина зондирования. Это требует использования более чувствительных приемных каскадов, что ведет к усложнению и удорожанию системы, а повышение мощности ультразвукового воздействия может нанести вред человеку. При этом использование низких частот ограничено другим параметром, не менее важным, чем эффективная глубина зондирования – осевой разрешающей способностью. Осевое разрешение – это минимальное расстояние между двумя объектами, лежащими вдоль оси излучения, при котором система может определить эти объекты как отдельные. Эта величина обратно-пропорциональна длительности ультразвукового импульса. Чем короче импульс, тем лучше осевое разрешение системы. Но для сжатия зондирующего импульса по времени требуется повышение несущей частоты.

В этом заключается основная проблема ультразвукового исследования: для того, чтобы исследовать более глубокие ткани, требуется

использовать низкую частоту заполнения импульсов, тем самым снижая разрешающую способность. Для того, чтобы повысить разрешающую способность требуется увеличить частоту заполнения импульсов, однако при этом их эффективная глубина проникновения снизится.

**Цель работы** – исследовать возможность применения сложных сигналов в качестве зондирующих импульсов. К таким сигналам относятся фазоманипулированные и частотно-модулированные последовательности.

Все перечисленные ранее сигналы относятся к простым. Их база обычно близка к единице. Их основное достоинство – удобство генерации. Генераторы таких импульсов имеют простое устройство и позволяют создавать зондирующие импульсы с широкими возможностями по регулировке частоты заполнения и длительности зондирующего импульса. Недостатком такого сигнала является малое отношение сигнал/шум на выходе детектора, рассчитанного на их прием.

Сложным называется сигнал, база которого намного больше единицы. Такие сигналы принимаются при помощи согласованных фильтров, выдающих на выходе корреляционную функцию, позволяющую определять сигнал даже при значительном его ослаблении. Недостаток таких сигналов – сложные системы генерации и обработки.

### **Техника решения**

В данной работе производится изучение возможности применения сложных сигналов различных видов для ультразвуковых исследований человеческого организма. Исследование ведется методом моделирования спектральных, временных, мощностных и корреляционных характеристик ультразвуковых зондирующих сигналов с базой много большей единицы во взаимодействии с тканями человеческого тела.

### **Решаемые задачи и перспективы исследования**

В случае успешного завершения исследований, возможна разработка систем ультразвукового исследования человеческого организма, позволяющих детально исследовать глубокие ткани либо участки с наиболее сильным поглощением ультразвуковых волн без повышения мощности излучения.

### **Выводы**

В ходе работы выполнено моделирование сигнала, модулированного М-последовательностью. Результаты показывают высокое отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра после приема отраженного сигнала с внесенными амплитудными и частотными искажениями, соответствующие механическим характеристикам мягких тканей.

Данные сигналы позволяют вести зондирование значительно более глубоких участков по сравнению с простыми сигналами, использующими те же несущие частоты. В ходе дальнейших исследований предполагается выполнить моделирование работы системы при использовании импульсов с другими законами модуляции, а также создание и испытание реального прототипа.

#### *Литература*

1. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. М.: Советское радио. 1970. 376 с.
2. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы. М.: Видар, 1999. 464 с.

УДК 621.396.66

**Чавайн Юрий Сергеевич**

направление Системы, сети и устройства телекоммуникаций (аспирантура)  
Научный руководитель **Рябова Наталья Владимировна**, д-р физ.-мат. наук,  
профессор кафедры радиотехники и связи  
ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола

### **МЕТОДИКА ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ КОРРЕКТНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ПЕРЕДАЧИ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ КОНТРОЛЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДИАПАЗОНА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ**

При автоматизированном производственном контроле параметров приемопередающих устройств диапазона СВЧ выполняются различные нормализации характеристик измерительных трактов (коэффициента передачи, уровня мощности, фазовой задержки, электрической длины и т.д.) [1].

В процессе отработки автоматизированных рабочих мест и набора статистики выявлены случаи, когда нормализация выполнялась некорректно, что могло повлиять на достоверность результатов измерений. В стандартном программном обеспечении контрольно-измерительной аппаратуры предусмотрен вывод графической информации результатов калибровок и нормализаций для анализа пользователем, но ввиду ее сложной интерпретации, отсутствия специальных сигнализаторов из-за универсальности оборудования, факт некорректной нормализации может быть не выявлен [1].

Существует ряд факторов, влияющих на корректность нормализации [2]:

- несвоевременное использование контрольно-измерительной аппаратуры, требующей прогрева для выхода в рабочий режим;
- ошибки соединения волноводных трактов, в том числе неполная фиксация соединителей или полное отсутствие соединения;
- нарушение условий проведения измерений, например, изменчивость температуры, влажности и давления окружающего воздуха;
- субъективные факторы: недочеты оператора, выполняющего и интерпретирующего результаты нормализации, в том числе преднамеренное изменение характеристик измерительной системы;
- отсутствие питающих и управляющих напряжений на стендовом оборудовании или их несоответствия;
- критические ошибки аппаратных и программных средств контрольно-измерительной и стендовой аппаратуры;
- нарушения в сети высоковольтного питания, например, проседание напряжения, пульсации, инородные шумы;
- нарушение заземления контрольно-измерительной и стендовой аппаратуры.

**Цель работы** – определить критерии для оценки корректности выполненной нормализации характеристики измерительного тракта по коэффициенту передачи.

**Результаты исследования.** Для определения критериев проведена серия контрольных панорамных измерений коэффициента передачи измерительного тракта в рабочем диапазоне частот. Определены математическое ожидание и дисперсия результатов измерений для каждой частотной точки, выбраны пределы, ограничивающие результаты нормализации для оценки их корректности. Определено количество отрицательных результатов из серии контрольных измерений коэффициента передачи при испытании работоспособности введенных ограничений.

Для проведения экспериментальных исследований и отработки методики выбраны два панорамных измерительных тракта с отличными друг от друга диапазонами рабочих частот. Измерительные тракты состоят из векторных анализаторов цепей и коаксиально-волноводных элементов (линий передач, переходов, соединителей). Для каждого измерительного тракта проведены 2 серии контрольных панорамных измерений по 100 измерений в течение календарного месяца. Значения коэффициентов передачи взяты в относительных единицах (дБ). Для анализа сделана выборка корректных нормализаций.

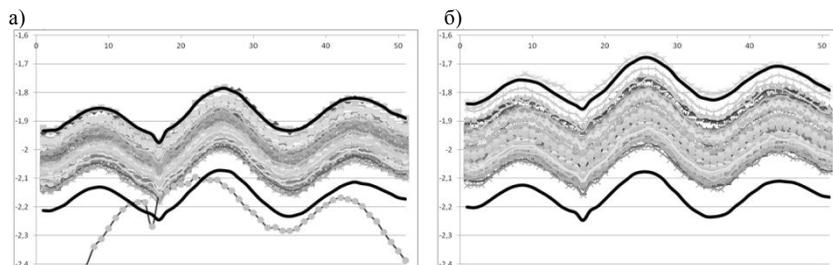
Для уровней ограничения корректных нормализаций измерительного тракта по коэффициенту передачи было выбрано значение ( $\pm 3\sigma$ ), взятое от среднестатистического значения. Результаты вычислений математических ожиданий, дисперсий, СКО ( $\sigma$ ) и уровней ограничений для одной частотной точки приведены в таблице. В таблице также указано количество отрицательных результатов нормализации из 100 проведенных контрольных панорамных измерений коэффициента передачи, выходящих за выбранные уровни ограничений.

**Результаты анализа контрольных измерений коэффициента передачи**

Показатель	Тракт А		Тракт Б	
	выборка 1	выборка 2	выборка 1	выборка 2
М	-2,0194	-1,9657	-2,0508	-2,0587
Д	0,0023	0,0042	0,0020	0,0017
СКО	0,0475	0,0646	0,0443	0,0414
$3\sigma$	0,1425	0,1938	0,1330	0,1243
М-3*СКО	-2,1618	-2,1595	-2,1838	-2,1830
М+3*СКО	-1,8769	-1,7718	-1,9178	-1,9344
Отрицат. результат	4	3	4	2

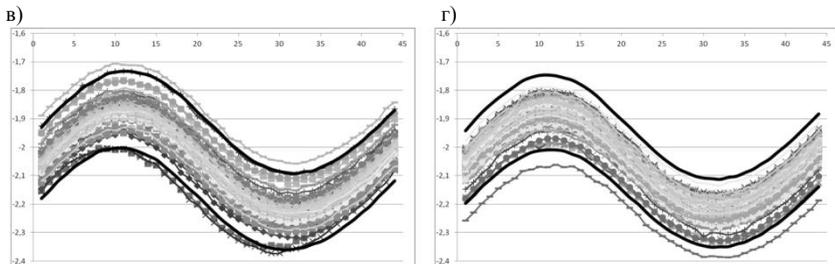
Результаты контрольных панорамных измерений коэффициента передачи и выбранные границы критериев корректного выполнения нормализации (выделены черным цветом) представлены на рисунке.

На рисунках видно, что некоторые из панорамных характеристик коэффициента передачи выходят за выбранные пределы критерия корректного выполнения нормализации, частично или полностью. При вводе данных критериев в прикладную программу измерительного тракта, такие результаты выполнения нормализации будут считаться некорректными.



**Результаты контрольных панорамных измерений:**

а) измерительный тракт А, выборка 1; б) измерительный тракт А, выборка 2;



**Результаты контрольных панорамных измерений:**  
 в) измерительный тракт Б, выборка 1; г) измерительный тракт Б, выборка 2

**Выводы.** В результате исследований были определены уровни ограничений корректных результатов нормализаций характеристик измерительного тракта по коэффициенту передачи.

Значения уровня ограничения в  $3\sigma$  от математического ожидания достаточно для отсеивания большинства некорректных нормализаций.

Для более жесткого контроля можно выбрать значение  $2\sigma$ , но в этом случае ожидаются значительные задержки при выполнении нормализаций характеристик измерительного тракта рабочего места.

Результаты исследования применимы при разработке прикладных программ для автоматизированных рабочих мест, при использовании векторного анализатора цепей для автоматического запрета работы при некорректной нормализации характеристик измерительного тракта.

Значения уровней ограничения при этом должны выбираться, исходя из поставленных задач под каждое конкретное рабочее место.

Таким образом, в прикладной программе должна присутствовать функция изменения критериев корректности нормализации характеристик измерительного тракта.

#### *Литература*

1. Хибель М. Основы векторного анализа цепей / пер. с англ. С. М. Смольского. М.: МЭИ, 2009.
2. Андронов Е.В., Глазов Г.Н. Теоретический аппарат измерений на СВЧ: Т. 1. Методы измерений на СВЧ. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010.

**Чуркина Светлана Александровна**

направление Биотехнические системы (бакалавриат), гр.БТС-41

Научные руководители: **Фурман Яков Абрамович**, д-р техн. наук,

профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем;

**Митракова Нина Николаевна**, д-р мед. наук, заведующая эндоскопическим отделением ГБУ РМЭ «Республиканская клиническая больница», профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем;

**Роженцов Алексей Аркадьевич**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем *ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола*

**ДИАГНОСТИКА ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ  
НА ОСНОВЕ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ХРОМАТО-МАСС-  
СПЕКТРОГРАММ ЛЕТУЧИХ МЕТАБОЛИТОВ МОЧИ**

Ранняя диагностика является необходимым условием успешного лечения онкологических заболеваний [1].

**Актуальность.** В настоящее время существует большое количество подходов к решению данной задачи, однако проведение массовых обследований на их основе до сих пор невозможно [2,3]. Поэтому задачей является разработка методики диагностики онкологических заболеваний, обладающей низкой трудоемкостью, не требующей значительных материальных затрат на проведение анализа, обеспечивающей возможность проведения массовых обследований населения [2,4,5].

Одним из возможных подходов является составление метаболических профилей онкологических заболеваний. Наиболее доступным источником информации о метаболизме человека является моча. Забор и анализ мочи является стандартной процедурой при диспансеризации населения, поэтому проведение дополнительного анализа не должно представлять организационных сложностей. Таким образом, эта задача является весьма актуальной.

**Целью** данного исследования является разработка методики ранней диагностики рака на основе анализа состава летучих метаболитов мочи. Для ее достижения проанализирован состав летучих метаболитов мочи (ЛММ) у групп здоровых и онкологических больных, составлен метаболический профиль онкологических заболеваний на основе анализа химического состава хромато-масс-спектрограмм ЛММ, оценена эффективность методики выявления онкологических заболеваний на основе анализа состава ЛММ.

Для выявления метаболических профилей онкологических заболеваний были сформированы группы пациентов с клинически подтвержденными формами рака легкого. Выбор именно этой формы онкопатологии обусловлен тем, что в российской статистике смертности на лидирующих позициях находится рак легких (18,5). Кроме того, была сформирована контрольная группа клинически здоровых людей, включающая 20 человек.

Анализ состава летучих метаболитов мочи производился методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС). Для подготовки пробы использовался метод твердофазной микроэкстракции (ТФМЭ), при котором забор летучих метаболитов осуществляется с помощью специального волокна, входящего в состав шприца.

Перед каждым экспериментом для удаления остатков предыдущих проб из шприца игла конденсируется. Для этого ее помещают в испаритель с температурой 250 °С и задают режим работы хроматографа со следующими характеристиками: температура колонки 250 °С; поток газа-носителя гелия через колонку 1 мл/мин.; температура испарителя 250 °С.

Далее, через 5 минут конденсирования, волокно втягивается в иглу и шприц извлекается. Затем в специальный герметичный и стерилизованный пузырек набирается 15 мл мочи пациента, 250 мкл концентрированной соляной кислоты и 0,8 г соли NaCl. Полученный раствор сбалтывается таким образом, чтобы соль полностью растворилась и не образовалась пена. После этого пузырек помещается в ванну термостата с температурой 48 °С. Далее ТФМЭ-волокно помещается в пузырек над образцом мочи и в течение 15 минут в нем происходит адсорбция летучих веществ. Затем волокно втягивается в иглу, извлекается из пузырька и помещается в испаритель хроматографа, где происходит десорбция летучих веществ и разделение их на компоненты. Через шесть минут после начала включения режима исследования шприц извлекается из испарителя. Через 175 минут процесс анализа завершается и формируется хромато-масс-спектрограмма, представляющая собой развертку во времени сигнала с выхода масс-спектрометрического детектора.

Стандартной процедурой обработки хромато-масс-спектрограмм является идентификация веществ, соответствующих выделенным в хроматограмме пикам путем сопоставления полученных и эталонных масс-спектров. Эталонные масс-спектры берутся из библиотек масс-спектральных данных NIST 02, NIST 05, WILEY и т.п., которые подключаются к программам, как правило, входящим в состав масс-спектрометрического оборудования.

Процедура решения данной задачи заключается в том, что у нас есть две математические модели и значения четырех признаков: название вещества-х; время выхода вещества-у; высота пика-*z*; площадь пика-*j*. Далее сравниваем каждое вещество исследуемого образца со значениями этого же вещества в базе данных контрольной группы и базе данных с патологией. Сравнение происходит с помощью расчета правдоподобия по формуле

$$f(y, z, j) = \frac{1}{(2\pi)^3 * \sigma_y * \sigma_z * \sigma_j} * \exp \left\{ -\frac{1}{2} * \left[ \frac{(y - \bar{y})^2}{\sigma_y^2} * \frac{(z - \bar{z})^2}{\sigma_z^2} * \frac{(j - \bar{j})^2}{\sigma_j^2} \right] \right\},$$

где  $\bar{y}$  – среднее значение контрольной группы для расчета правдоподобия для контрольной группы, и для патологии для расчета патологии.

$\sigma_y$  – среднеквадратическое отклонение значение контрольной группы для расчета правдоподобия для контрольной группы, и для патологии для расчета патологии.

После формирования двух расчётов правдоподобия для контрольной и для группы с патологией, находим их отношение

$$\alpha = \frac{f_1}{f_2}.$$

И так для всех метаболитов, находящихся в анализе исследуемого образца. Вывод делается на основе всех значений отношения.

В ходе проделанной работы были получены результаты, что из выборки 40 человек (20 больных и 20 здоровых) определили 16 больных и 19 здоровых. Правильность работы программы составляет 88%.

Главным аналогом данного исследования является работа сотрудников ПГТУ кафедры РТиМБС: аспиранта К. Лычагина под руководством заведующего кафедрой А.А. Роженцова «Исследование онкологических заболеваний на основе анализа изображений хромато-масс-спектрограмм летучих метаболитов мочи».

Отличие данной работы в том, что были взяты изображения хроматограм и просканированы, тем самым за счет пикселизации были искажены некоторые данные. Также в ней не учитывались такие параметры, как высота и площадь пика. На основе этой программы можно выдвинуть решение о здоровье человека, но нельзя перейти к химическим элементам хроматограммы, тем самым лишая исследовательскую работу дальнейшего развития.

### **Результаты и перспективы исследования.**

В работе предложена методика ранней диагностики онкологических заболеваний на основе анализа состава летучих метаболитов мочи. Описана технология забора материала и проведения исследования химического состава методом хромато-масс-спектрометрии. Получены библио-

теки хромато-масс-спектрограмм метаболических профилей для форм онкологических заболеваний и для здоровых людей. Чувствительность метода составляет 88%.

Полученные результаты могут послужить основой для проведения исследований в области диагностики других форм онкологических заболеваний на основе анализа состава летучих метаболитов мочи, а также использоваться в клинической практике для первичной диагностики онкологических заболеваний.

#### *Литература*

1. Статистика заболеваемости раком [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.knigamedika.ru/novoobrazovaniya\\_kologiya/statistika-zabolevaemosti-rakom.html](http://www.knigamedika.ru/novoobrazovaniya_kologiya/statistika-zabolevaemosti-rakom.html) 10.03.2014 (дата просмотра).
2. Метаболические исследования в медицине / Р.Р. Фурина, Н.Н. Митракова, В.Л. Рыжков, И.К. Сафиуллин // Казанский медицинский журнал. 2014. Т.ХСV, №1. С.1-6.
3. Oliveira PA, Colaco A, Chaves HR. etal. Chemicalcarcinogenesis. An-AcadBrasCienc. 2007; 79:593-616.
4. Царев Н.И., Царев В.И., Катраков И.Б. Практическая газовая хроматография. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 2000. 156 с.
5. Patti G.J., Yanes O., Siuzdak G. Innovation: Metabolomics: theapo-geeoftheomicstrilogy // Nat. Rev. Mol. Cell. Biol. 2012. Vol. 13. P. 263-269.

УДК 621.396.67

**Шабров Игорь Сергеевич,**

направление Радиотехника (бакалавриат), гр. РФМТ 5414

**Малых Дмитрий Вячеславович,**

направление Радиотехника (магистрант), гр. РФМТ 5193

Научный руководитель **Нурсев Ильнур Ильдарович**, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотоники и микроволновых технологий

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОПРОСА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены различия в устройствах смоделированных в Optisystem, их преимущества и недостатки, различия в стоимости, габаритах, а также их чувствительности и точности измерений.

*Ключевые слова:* модулятор, датчик на основе оптоволоконной решётки Брегга, физические поля.

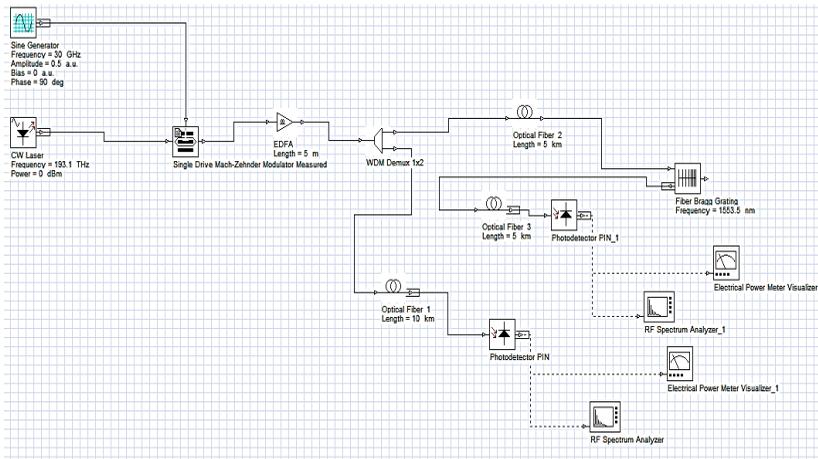
*Abstract.* This report describes the differences in the devices simulated in Optisystem, their advantages and disadvantages, the differences in cost, size, and their sensitivity and accuracy.

*Keywords:* modulator, a sensor based on fiber Bragg gratings, physical fields.

Устройство для измерения параметров физических полей имеет ряд недостатков, таких как необходимость в наличии сложного блока спектра, анализа принятого излучения.

Оптоэлектронная обработка сигналов также представляет определенную сложность и требует применения таких элементов, как перестраиваемых лазерных излучателей, или нескольких фотоприемников, и как следствие – эти элементы являются дополнительными источниками погрешности, т.е. точность данных устройств снижается.

На рисунке предоставлена схема, которая реализуется с помощью двухчастотного лазерного излучателя (т.е. используют двухчастотное зондирующее колебание).



**Схема устройства для измерения параметров физ. полей в Optisystem**

В устройстве на рисунке используется фазометр для определения разности фаз двух пар колебаний и передачи сигнала на контроллер определения параметров физических полей.

Отличительной особенностью второго устройства для измерения параметров физических полей является то, что вместо фазометра при-

меняется фазовый детектор для определения знака разности фаз и используется с ним измеритель коэффициента модуляции.

Следовательно, стоимость этих двух устройств отличается, ведь устройство требует наличия тройного измерителя коэффициента модуляции, что заметно увеличивает стоимость полученной схемы, но при этом благодаря тому же измерению коэффициента модуляции получают более высокую точность измерения параметров физических полей и чувствительность.

Зависимость построена для случая подачи на ВБР сгенерированной двухчастотным лазерным излучателем пары сигналов одинаковой амплитуды со средней частотой, соответствующей центральной частоте его полосы пропускания при заданном значении параметра физического поля, и разностной частотой, равной полуширине указанной полосы пропускания. В этом случае обеспечиваются оптимальные по чувствительности и крутизне измерительного преобразования параметры устройства.

Отличительной особенностью третьей схемы устройства для измерения параметров физических полей от ранее рассмотренных является то, что в отличие от первых двух устройств это реализуется с помощью четырехчастотного источника, следовательно, оно генерирует не два, а четыре сигнала с одинаковой амплитудой.

Также следует выделить, что в этом устройстве разделение четырех пар сигналов осуществляется после оптического датчика ВРБ (волоконной решетки Брэгга), а оптический разветвитель в данной схеме отсутствует.

Кроме того, вместо определения разности фаз определяется амплитуда огибающей первой и второй пар сигналов (определение происходит в первом и втором амплитудном детекторе) и, следовательно, именно с измерением разности амплитуд огибающих биений между сигналами первой и второй пары и значениям заложенным в контроллере определяют параметры физических полей.

Известен способ для измерения характеристик резонансных структур [5], заключающийся в том, что подают одночастотное зондирующее колебание, изменяемое по определенному закону в диапазоне измерений с выхода векторного или скалярного анализатора цепей на вход резонансной структуры, и принимают его на входе векторного или скалярного анализатора цепей отраженным от или прошедшим через резонансную структуру, регистрируют изменения параметров зондирующего колебания, по которым определяют резонансную частоту  $f_r$ , амплитуду  $UP$  и добротность  $Q$  резонансной структуры.

Устройство, реализующее данный способ, содержит последовательно соединенные скалярный или векторный анализатор цепей, первую линию передачи, резонансную структуру и опционально при измерениях на прохождение вторую линию передачи, при этом выход второй линии передачи подключен к входу скалярного или векторного анализатора цепей.

Недостатком указанных способа и устройства является необходимость проведения измерений во всей полосе частот измерений, а не только резонансной структуры, или при использовании специального программного обеспечения в полосе частот, необходимой для определения добротности, использования сложных дорогостоящих скалярного или векторного анализатора цепей и широкополосных пик-детекторов мощности СВЧ-диапазона.

Все это приводит к тому, что подобные устройства преимущественно являются лабораторными.

Спектральное измерение мощности отличается малым отношением сигнал/шум, характеристик резонансных структур и снижением их точности в целом.

#### *Литература*

1. Денисенко П.Е., Денисенко Е.П. Симметричное двухчастотное излучение на основе модуляции оптического излучения с помощью электрооптического модулятора Маха-Цендера // Современный научный вестник. Белгород, 2013. №50 (189). Серия: Технические науки. С. 81-89.
2. Устройство для измерения параметров физических: пат. 122174 Рос. Федерация : МПК G01K 11/32 / П.Е. Денисенко, В.Г. Куприянов, О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, Т.С. Садеев, А.М. Салихов; КНИТУ-КАИ, Россия. № 2012124693/28, заявл. 14.06.2012; опубл. 20.11.2012, Бюл. № 32.
3. Денисенко П.Е., Денисенко Е.П. Четырехчастотный метод мониторинга волоконных решеток Брэгга // Молодой ученый. Казань. 2013, декабрь. №12(59). С. 122-125.
4. Hunter D.B., Minasian R. Reflectivity tapped fiber optic transversal filter using in-fiber Bragg gratings // Electron. Lett. 1995. V. 31. P. 1010-1012.
5. Venkatesh M.S., Ranghatan G.S.V.. An overview of dielectric properties measuring techniques. Canadian Biosystems Engineering. 2005. V.47. P.7.15-7.30.

УДК 621.396.96

**Шаронов Дмитрий Евгеньевич, Ишкаев Тимур Маратович,**  
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5194  
Научный руководитель **Веденькин Денис Андреевич**, канд. техн. наук,  
доцент кафедры РФМТ  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ**

**Введение.** Частотно-селективные поверхности зачастую используются в качестве экранов для решения задач электромагнитной совместимости.

Электродинамические свойства таких частотно-селективных поверхностей (ЧСП) характеризуются коэффициентами отражения  $R$  и прохождения  $T$ , которые определяются через значения полей, отраженных или прошедших через ЧСП, на значительном удалении от поверхности.

**Цели и задачи исследования.** В первую задачу нашего исследования входило создание модели излучающей антенны, настроенной на частоту 1,2 ГГц, а в качестве приемной антенны мы взяли эту же антенну. Между антеннами мы расположили плоский экран, изготовленный из фторопласта.

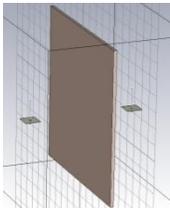
Также в эту задачу входило измерение коэффициента передачи через лист фторопласта.

Во вторую задачу входили внедрение в структуру листа фторопласта полосок из меди и измерение коэффициента передачи через полученную ЧСП.

**Техника решения.** Модель представляет из себя лист фторопласта и расположенные с разных сторон антенны. Одна антенна является передающей, а вторая приемной. Внешний вид установки показан на рисунке 1.

В современных средах электродинамического моделирования имеется возможность создания протяженных криволинейных объектов с различными материалами. Подобные проблемы рассмотрены в [1,2].

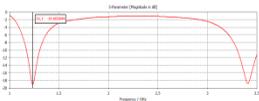
Вначале мы создали модель четвертьволновой антенны длиной 6.25см, настроенной на частоту 1.2ГГц. Следующим шагом было создание листа фторопласта размером 50×50см.



**Рис. 1 – Общий вид установки**

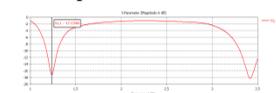
По обе стороны от этого листа мы расположили созданные нами антенны: одна выступает в качестве излучающей, а вторая в качестве приемной. После этого мы измерили коэффициент отражения.

Затем мы внедряли в структуру листа фторопласта полоски длиной  $\lambda/8$ ,  $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$  и измеряли коэффициент отражения для каждого типа полосок. В ходе наших измерений мы выяснили, что без полосок коэффициент отражения на частоте 1,2 ГГц составил примерно – 19 дБ.



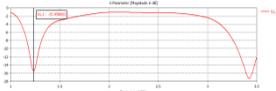
**Рис. 2 – Результаты измерений без полосок**

В ходе наших измерений мы определили, что без полосок коэффициент отражения на частоте 1,2 ГГц составил примерно 19 дБ.



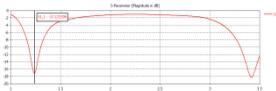
**Рис. 3 – Результаты измерений с полосками длиной 3,125 см ( $\lambda/8$ )**

При добавлении в структуру листа фторопласта полосок длиной 3,125 см ( $\lambda/8$ ) из токопроводящего материала коэффициент отражения увеличился и составил примерно 17,17 дБ.



**Рис. 4 – Результаты измерений с полосками длиной 6,25 см ( $\lambda/4$ )**

При добавлении в структуру листа фторопласта полосок длиной 6,25 см ( $\lambda/4$ ) из токопроводящего материала коэффициент отражения увеличился и составил примерно 15,45 дБ.



**Рис. 5 – Результаты измерений с полосками длиной 12,5 см ( $\lambda/2$ )**

При добавлении в структуру листа фторопласта полосок длиной 12,5 см ( $\lambda/2$ ) из токопроводящего материала коэффициент отражения увеличился и составил примерно 17,17 дБ.

В ходе наших исследований мы выяснили, что без полосок коэффициент передачи на частоте 1,2 ГГц составил примерно 19 дБ, а при добавлении в структуру листа фторопласта полосок из токопроводящего материала коэффициент отражения увеличивается и значения его лежат в диапазоне 15,45-17,17.

В ходе измерений может понадобиться измерение относительной диэлектрической проницаемости и коэффициента затухания композитного материала. Подобные проблемы рассмотрены в [3,4].

**Выводы.** Таким образом, при сравнении коэффициента передачи мы видим, что при добавлении полосков в лист фторопласта коэффициент отражения увеличивается, что позволяет вести речь о применении СВЧ распределенных структур в качестве основы для создания частотно-селективных поверхностей.

#### *Литература*

1. Зуев О.Ю., Веденькин Д.А. Создание протяженных криволинейных объектов в среде электродинамического моделирования // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: международная научно-практическая конференция. Казань, 2014. С. 173-176.

2. Веденькин Д.А., Зуев О.Ю. Реализация модели планера в среде электродинамического моделирования // Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014; Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014: материалы международных научно-технических конференций. Казань, 2014. С. 20-22.

3. Ишкаев Т.М., Веденькин Д.А. Уточнение электрических параметров композитных материалов в диапазоне дециметровых волн // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: международная научно-практическая конференция. Казань, 2014. С. 174-175.

4. Веденькин Д.А., Седельников Ю.Е., Насыбуллин А.Р. Измерение относительной диэлектрической проницаемости и коэффициента затухания композитного материала // Нигматуллинские чтения-2013. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2013. С. 220-222.

УДК 621.736

**Шашин Дмитрий Евгеньевич,**

направление Электроника и нанoeлектроника магистратура, гр. ЭиНм-21  
Научный руководитель **Сушенцов Николай Иванович**, канд. техн. наук,  
зав. кафедрой КиПП

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

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЛОЖКИ ПРИ НАПЫЛЕНИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК**

**Актуальность.** При условиях формирования тонких пленок методом магнетронного распыления особенно актуальным становится при-

менение механизмов точного позиционирования подложек относительно магнетронной распылительной системы.

Механизм конденсации атомов материала мишени на подложке действует по нормальному закону. Так как основная масса конденсирующегося материала поступает в перпендикулярном к подложке направлении, пленки имеют столбчатую (волокнустую) структуру, где промежуток между волокнами заполняет аморфная фаза.

Возможность точной ориентации, изменение скорости и направления вращения, программное задание сложных алгоритмов перемещения подложки относительно магнетронов позволяют выращивать пленки не только с волокнустой структурой, перпендикулярной относительно подложки, но и различным углом разориентации кристаллитов.

Данный механизм позволит также создавать тонкие пленки с различными оптическими параметрами, многослойные структуры на их основе.

**Цели и задачи исследования.** Оксид цинка – один из перспективных широкозонных материалов, характеризующийся возможностью достижения высоких концентраций собственных дефектов: кислородных вакансий и междузельных атомов цинка, сверхстехиометрического кислорода (вакансий цинка,  $V_{Zn}$ ), обеспечивающих возможность изменения оптических свойств, проводимости среды и интенсивное свечение в «зеленой», а также люминесценцию в «красной» области спектра [1-4].

Таким образом, развитие технологии получения кристаллических пленочных p/n-ZnO-структур с варьируемой концентрацией собственных дефектов является актуальной задачей при разработке ряда интегрируемых твердотельных оптоэлектронных устройств с прогнозируемыми оптическими и проводящими свойствами.

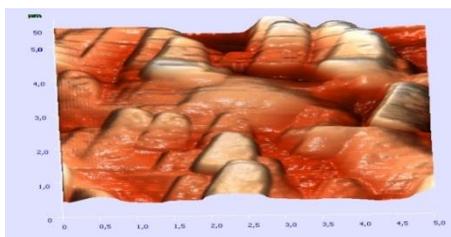


Рис. 1 – Структура поверхности пленки ZnO

Повышенный интерес к неэпитаксиальным ZnO-пленочным структурам связан также с возможностью их использования в тонкопленоч-

ных солнечных элементах в качестве прозрачных проводящих и буферных слоев. В противоположность разработанным методам эпитаксиального наращивания ZnO-слоев на ориентирующих кристаллических подложках, технология реактивного магнетронного распыления представляет собой относительно простой и дешевый метод для осаждения на прозрачных стеклянных подложках кристаллических ZnO-пленочных покрытий высокого оптического качества.

### Конструкция привода

В общем виде привод состоит из управляющего (УУ), преобразующего (П), электродвигательного (ЭД), передаточного (Р) и измерительного (ИУ) устройств, обеспечивающих перемещение исполнительного органа (ИО). При этом перерабатывается информация, заданная программой и электрическая энергия в перемещение.

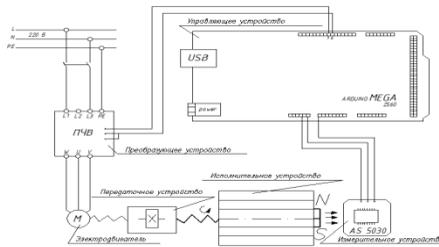


Рис. 2 – Структурная схема привода для вращения подложки

В данном случае управляющим устройством будет платформа Arduino MEGA2560. Arduino MEGA2560 – удобная платформа быстрой разработки электронных устройств. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Измерительным устройством является абсолютный магнитный энкодер. Абсолютный энкодер выдает цифровой код, различный для каждого положения объекта, позволяет определять угол поворота оси даже в случае исчезновения и восстановления питания и не требует возвращения объекта в начальное положение, что является несомненным преимуществом этого типа энкодеров. Кроме того, так как угол поворота всегда известен, то счетчик импульсов в этом случае не нужен. Сигнал абсолютного энкодера не подвергается помехам и вибрации и тем самым для него не нужна точная установка вала. Абсолютный энкодер используется в высокоточных системах. Преобразующим устройством является векторный преобразователь частоты. Применение преобразо-

вателей частоты позволяет существенно расширить рабочий диапазон управления, повысить точность регулирования и быстродействие электропривода.

**Заключение.** В результате проведенной научно-исследовательской работы, анализа данных, полученных в результате исследования влияния угла позиционирования подложки на свойства напыляемых пленок ZnO, был сконструирован привод для вращения подложки, позволяющий выращивать пленки не только с волокнистой структурой, перпендикулярной относительно подложки, но и различным углом разориентации кристаллитов и их оптическими свойствами, рельефом поверхности и кристаллической структурой.

#### *Литература*

1. Agyeman O., Xu C.-N., Shi W., Zheng X.-G. and Suzuki M. // Jpn. J. Appl. Phys., 41. pp. 666-669, (2002).
2. Koyano M., Quoc Bao P., Le thi Thanh Binh, Hong Ha Le, Ngoc Long N., and Katayama S. // Phys. Stat. Sol.(a), 193(1), pp. 125-131, (2002).
3. Look D.C., Jones R.L., Szelove J.R., Garces N.Y., Giles N.C., Halliburton L.E. // Phys. Stat. Sol. (a), 195(1) pp. 171-177, (2003).
4. Котляревский М.Б., Георгобидани А.Н., Рогозин И.В., Мараховский А.В. // ЖПС. 70 сс. 86-89, (2003).

УДК 621.371:551.510.535

**Шершнёв Константин Александрович,**

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

**Сушенцов Роман Александрович,**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи (аспирантура)

Научный руководитель **Бастракова Марина Ивановна,**

канд. техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технический университет»,*

*г. Йошкар-Ола*

## **МОДЕЛЬ ВОГЛЕРА-ХОФФМАЙЕРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ**

Модель, разработанная Воглером и Хоффмайером, представляет собой расширение модели Ватерсона на широкополосный случай.

Расширение состояло в том, что для каждого отвода линии задержки модели Ватерсона (для каждой моды распространения) вводилась изменяющаяся во времени импульсная реакция канала, которая учитывает

профиль задержки мощности с целью имитации размытия сигнала во времени из-за рассеяния на неоднородностях ионосферы и изменяющийся с задержкой доплеровский сдвиг.

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t-\tau)h(\tau,t)d\tau \quad (1)$$

Импульсная характеристика одной моды распространения имеет вид

$$h(\tau,t) = \sqrt{C_0 T(\tau)} C(t) e^{j\varphi_0 + j2\pi f_D t} \quad (2)$$

где  $\tau$  – задержка;

$t$  – время, связанное с изменением параметров канала;

$f_D$  – доплеровское смещение частоты;

$C_0$  – нормировочная константа;

$T(\tau)$  – функция, описывающая уширение сигнала во времени (профиль задержки мощности);

$C(t)$  – комплексный мультипликативный шум – гауссовый процесс с гауссовой или экспоненциальной корреляционной функцией;

$f_D$  – доплеровский сдвиг (в общем случае зависящий от задержки  $\tau$ ).

Функция  $T(\tau)$  определяется выражением

$$T(\tau) = A y^\alpha e^{\beta(1-y)}, \quad y = \frac{\tau - \tau_L}{\tau_c - \tau_L}, \quad \tau_L \leq \tau \leq \tau_U. \quad (3)$$

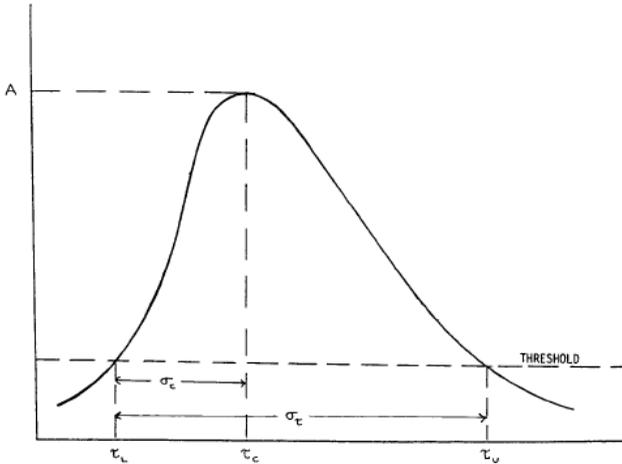
В формуле (3) приняты обозначения:  $\alpha$  и  $\beta$  – параметры, влияющие на форму  $T(\tau)$ ;  $\tau_U$ ,  $\tau_L$  – параметры, задающие временные ограничения функции  $T(\tau)$ ;  $\tau_c$  – положение максимума  $T(\tau)$  (групповая задержка распространения сигнала на несущей частоте или средняя задержка сигнала в канале);  $A$  – значение функции  $T(\tau)$  для задержки  $\tau = \tau_c$ .

График функции  $T(\tau)$  для  $\alpha = \beta$  приведен на рисунке. Пунктирной линией внизу показан порог чувствительности приемника. Форма функции  $T(\tau)$  получена в эксперименте по определению импульсной реакции ионосферного канала с полосой пропускания 20 кГц.

Для верификации разработанной модели авторы [2] сравнивают теоретические и экспериментально полученные функции рассеяния ионосферного канала в полосе 1 МГц. Экспериментальные измерения функции рассеяния были получены с помощью специального ионозонда, зондирующего ионосферу короткими импульсами с шириной спектра 1 МГц.

Модель оказалась способна воспроизводить указанные экспериментальные функции рассеяния широкополосного ионосферного канала для различных трасс и состояний ионосферы.

Разработанный имитатор широкополосного ионосферного канала также включает в себя генератор помех и атмосферного шума, статистическая модель которых была сформулирована и апробирована в натуральных экспериментах [2].



Функция  $T(\tau)$

*Достоинством* модели являются простота описания эффектов воздействия канала на распространяющийся в нем сигнал в широкой полосе частот и преодоление ограничений модели Ватерсона.

К *недостаткам* можно отнести прежде всего необходимость ввода большого количества входных параметров, которые определяются из экспериментальных ионограмм.

*Литература*

1. New Approaches to Time Varying Narrow Band HF Simulations / M. J. Angling, P. S. Cannon, P. C. Arthur, P. L. Cotterill and N. C. Davies to IEEE Transactions on Communications, 2002.
2. Arthur P. C. and M Maundrell. J. Multi-Dimensional HF Modem Performance Characterisation // 7th International Conference on HF Radio Systems and Techniques. Nottingham, 1997. UK, CP441 (available from IEE, London, UK).

УДК 621.396.9

**Шиклин Алексей Валентинович,**  
направление ИТС (бакалавриат), гр. ИТС-41  
Научный руководитель **Зуев Алексей Валерьевич,** канд. техн. наук,  
доцент кафедры радиотехники и связи  
*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»  
г. Йошкар-Ола*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ GPS/ГЛОНАСС**

**Цель** – разработать простую, доступную и гибкую систему для организации движения транспортных средств и ее мониторинга.

### **Задачи:**

- 1) исследовать состояние вопроса на мировом и российском рынке;
- 2) выявить наиболее перспективную и доступную для адаптации в российских условиях систему;
- 3) создать структурную схему системы и алгоритмов ее работы.

Спутниковый мониторинг транспорта – система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологий сотовой и/или радиосвязи, вычислительной техники и цифровых карт. Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком.

Принцип работы заключается в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортного средства. Существует два варианта мониторинга: online – с дистанционной передачей координатной информации и offline-информация считывается по прибытию на диспетчерский пункт.

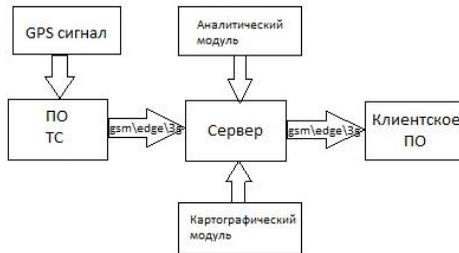
На транспортном средстве устанавливается мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приёмник спутниковых сигналов, модуль хранения и передачи координатных данных. Программное обеспечение мобильного модуля получает координатные данные от приёмника сигналов, записывает их в модуль хранения и по возможности передаёт посредством модуля передачи.

Модуль передачи позволяет передавать данные, используя беспроводные сети операторов мобильной связи. Полученные данные анализируются и выдаются диспетчеру в текстовом виде или с использованием картографической информации.

В offline варианте необходимость дистанционной передачи данных отсутствует. Это позволяет использовать более дешёвые мобильные модули и отказаться от услуг операторов мобильной связи.

Мобильный модуль может быть построен на основе приёмников спутникового сигнала, работающих в стандартах NAVSTAR GPS или ГЛОНАСС. В настоящее время в России активно продвигаются и лоббируются использование сигналов спутников ГЛОНАСС, разработка и производство клиентского оборудования мониторинга для этой системы. Принят ряд законодательных актов, которые форсируют внедрение ГЛОНАСС и ограничивают применение других систем. Существуют также и законодательные акты «об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации».

В настоящее время системы спутникового мониторинга широко представлены на российском и мировом рынке, существует большое разнообразие компаний по продаже и установке комплексных систем маршрутизации, включая различное ПО и аппаратные реализации. Но практически все варианты торговых предложений компаний рассчитаны для частных компаний и не рассчитаны для широкого круга потребителей. Также существуют приложения, подобные предлагаемому, «Яндекс транспорт» и «Где автобус», но они реализованы не во всех городах, и для расширения круга реализации необходимо дооборудование ТС.



### Структурная схема системы мониторинга движения транспорта

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии активно развиваются во всем мире, по данным международной компании Synovate Comcon, 40% потребителей связи в России пользуются смартфонами, при этом доля пользователей мобильных телефонов в России достигла в конце 2014 года 96 %, включая пожилых людей и младенцев. То есть многие граждане используют одновременно не-

сколько мобильных средств связи. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что система будет иметь довольно широкое распространение при ее программной реализации на смартфонах, КПК, планшетах, так как все они оборудованы GPS приемниками.

Неоспоримым плюсом также является универсальность и дешевизна, так как ТС не нужно оборудовать спецсредствами, водителю достаточно иметь персональный смартфон с поддержкой GPS.

Необходимо разработать программную реализацию системы на основе смартфонов, в которой водитель может авторизоваться с указанием маршрута, а пользователь, зайдя в программу мог увидеть карту необходимого маршрута, с остановками, указанием местоположения ближайшего ТС и расчетом времени его прибытия на остановку.

#### **Перспективы исследования.**

Систему можно интегрировать с уже существующими мобильными приложениями, находящимися в активном пользовании широкого круга пользователей, например «2GIS». В этой программе уже реализована подробная карта городов, с указанием остановок и маршрутов маршрутных транспортных средств.

#### *Литература*

1. <http://www.rg.ru/>
2. <https://ru.wikipedia.org>

УДК 621.396.74

**Ширшова Кристина Андреевна,**

направление ИТС (бакалавриат), гр. ИТС-41.

Научный руководитель **Станкевич Софья Сергеевна,**

ассистент кафедры РТиС

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

## **ОРГАНИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ КИЧИЕР-ШЕЛАНГЕР КАЗАНСКОГО ТРАКТА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ**

**Введение.** Телеметрия – область техники, предметом которой является разработка технических средств приема информации для контроля за состоянием объектов на расстоянии. Однако определение телеметрии можно дать и с другой стороны, а именно: система, передающая данные в обе стороны, т.е. не только получение информации с объекта наблюдения, но и передача команды управления на объект.

В качестве среды передачи данных используются как беспроводные, так и проводные сети. К числу беспроводных можно отнести радио, GSM/GPRS, WLAN. Проводная среда передачи: телефонные и компьютерные сети, ISDN. Для передачи данных в системах телеметрии могут использоваться протоколы RS-232, RS-485, TCP/IP, Ethernet.

В телеметрических устройствах широко применяются системы беспроводной передачи данных. Это обусловлено простотой инсталляции и высокой надежностью радиочастотных систем передачи данных. В промышленных телеметрических системах находят применение практически все стандарты беспроводной передачи информации. Ключевые факторы, определяющие выбор того или иного беспроводного решения:

- расстояние передачи данных и характеристики пространства;
- скорость передачи информации;
- требование совместимости с существующими стандартами;
- количество работающих устройств в сети.

**Целью проекта** является организация беспроводной сети связи на участке Кичиер-Шелангер Казанского тракта в Республике Марий Эл.

**Актуальность.** Разработка сети в данном районе актуальна, т.к. в настоящий момент времени уже существующая связь имеет низкое качество. Поэтому поставлена задача разработки новой беспроводной сети связи в следующих населенных пунктах: Кленовая Гора, Илеть, Кирпичный, Ошутьялы, Озерки, Красногорский, Кожласола, Кушнур, Ташнур, Янашбеляк, Энервож, Кугунур, Николаевский, Нурда, Спартак, Шелангер, Шонсола, Аниссола, Ошутьялы, Кожлангер, Большое Шигаково, Яктерлюбал, Памаштур, Тимофеевский, Малая Кужмара, Изоткино, Пекоза. В поселке Кичиер и в поселке Кленовая Гора расположены два санатория, где растет потребность в надежной связи.

**Техника решения.** В качестве исходных данных были взяты следующие параметры:

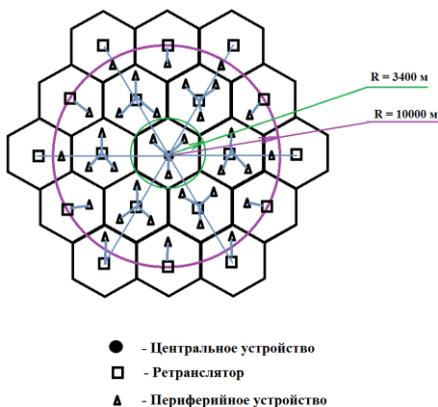
- тип объектов контроля – подвижные;
- количество объектов контроля – до 30;
- тип протокола взаимодействия – передача по адресному запросу в иерархической сети;
- способ двунаправленной передачи – временное разнесение;
- объем однократно передаваемых телеметрических данных – 64 бита;
- чувствительность радиоприёмных устройств – 20 мкВ;
- мощность излучения радиопередающих устройств – 10 мВт;
- радиус зоны обслуживания сети – 10 км;
- средняя рабочая частота – 300 МГц.

Энергетический потенциал данной системы равен 95,74 дБ. Он зависит от мощности передающего устройства и мощности приемного

устройства (мощность излучения передающего устройства выбрана 10 мВт; чувствительность приемного устройства 20 мкВ).

При увеличении дальности расстояния от передающей антенны до приемной мощность принимаемого сигнала падает и достигает порогового уровня, ограничивающего максимальное значение дальности радиолинии. Рассчитаем коэффициенты усиления антенн  $G$ . Для передающей антенны  $G=1$ , так как антенна круговая (коэффициент направленного действия равен 1) и потерь в переключателе практически нет. Для приемной антенны  $G=-0,237$  дБ. Для дальнейшего расчета максимальной дальности действия усиление  $G$  перевели из дБ в разы = 0,95 раз, взяли равное 1. Дальность действия линии составляет 3450 м. Заданный радиус зоны обслуживания сети равен 10 км, а дальность действия составляет 3 км 450 м, значит, будут использоваться сетевые ретрансляторы.

В качестве модели принимаем однородную сеть регулярной структуры, в которой каждая передающая станция находится в равных условиях по расположению и уровню помех. Сплошное обслуживание территории обеспечивается при мозаичном покрытии, когда за зону обслуживания передающей станции принимается равносторонний шестиугольник с центром в точке ее расположения. Поскольку реальная зона обслуживания передающей станции в рассматриваемых условиях является кругом, то использование в модели зоны шестиугольника обеспечивает меньшее перекрытие зон соседних передающих станций – 18% (в отличие от квадрата и треугольника).



**Структура сети**

На центральном устройстве устанавливаем одну антенну с круговой диаграммой направленности для обслуживания своей зоны и 6 антенн с

узкой диаграммой направленности для связи с ближними ретрансляторами.

На ближних ретрансляторах устанавливаем 3 узконаправленные антенны для связи с жестко закрепленными за ними дальними ретрансляторами и центральным устройством, а также одну круговую для обслуживания своей зоны.

На дальних ретрансляторах устанавливаем по 2 антенны: одну узконаправленную для связи с ближними и жестко закрепленными ретрансляторами, а также одну всенаправленную для обслуживания своей зоны.

Таким образом, покрывается абсолютно вся требуемая зона.

**Заключение.** Был произведен расчет энергетического потенциала системы и определен радиус зоны уверенного обслуживания сетевым узлом, а также разработана территориальная структура сети. В дальнейшем для проверки работоспособности сети будет использоваться программа Cisco Packet Tracer.

#### *Литература*

1. Белоцерковский Г.Б. Основы радиотехники и антенны. Часть I. Основы радиотехники. М.: «Советское радио», 1968. 432 с.
2. Радиотехнические системы: учебник для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др.; под ред. Ю.М. Казаринова. М.: Высш. шк., 1990. 496 с.
3. Системы спутниковой связи: учеб. пособие / А.М. Бонч-Бруевич, В.Л. Быков, Л.Я. Кантор и др.; под ред. Л.Я. Кантора. М.: Радио и связь, 1992. 244 с.
4. Телекоммуникационные системы и сети: учебное пособие. В 3-х т. Том 2. Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Г.П. Катунин, Г.В. Мамчев, В.Н. Попантонопуло, В.П. Шувалов. М.: Горячая линия – Телеком, 2005. 672 с.

УДК 681.586.5

**Юргина Ольга Александровна**

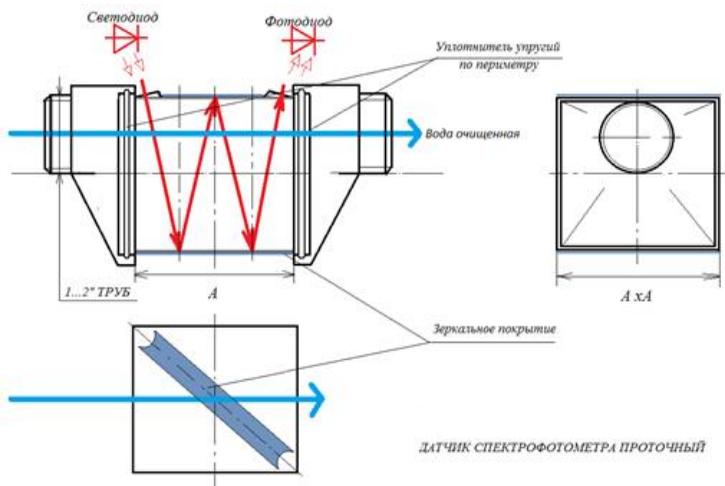
СПО «Колледж информационных технологий», гр. 4435

**Ктомас Борис Григорьевич**, ст. преподаватель кафедры компьютерных систем  
*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань*

## **ПРОТОЧНЫЙ ДАТЧИК СПЕКТРОФОТОКОЛОРИМЕТРА С МНОГОКРАТНЫМ ОТРАЖЕНИЕМ**

Датчик предназначен для спектрофотокориметрических измерений в жидкой и газовой среде и представляет собой герметичский прямоугольный короб, выполненный из прозрачного полиакрилового пластика, заполняемый измеряемой субстанцией.

Чертеж данного прибора представлен на рисунке.



### Датчик спектрометра проточный

Датчик врезается последовательно в трубу с помощью резьбовых патрубков и кронштейнов, причём короб датчика вставлен в кронштейны с помощью упругих уплотнителей из силикона. Вдоль диагоналей верхней и нижней (по чертежу) плоскостей с наружной стороны напыляются или впрессовываются зеркальные полоски шириной 10-15 мм, а на краях диагоналей крепятся кронштейны для установки измерительных свето- и фотодиодов, при этом лазерный светодиод крепится под углом к нормали зеркальных полосок так, чтобы обеспечить многократное отражение луча для улучшения точности и качества измерений. При этом имеется возможность поворота луча для изменения количества отражений.

Кроме того, на кронштейны можно закреплять оптоволоконный кабель, что позволяет процесс собственно измерений сделать дистанционным и управлять им из лаборатории, а также подключить к одному прибору несколько датчиков. Асимметричное расположение резервуара измерительной части датчика препятствует образованию воздушно-газового пузыря, искажающего результаты измерений.

Датчик изготавливается в нескольких экземплярах в зависимости от интенсивности измерений и может быть заменён поверенной копией при снятии на поверку или промывку.

Данный прибор может быть использован при организации системы автоматического управления качеством очистки технологических вод или качеством фильтрации воздушной среды в системах вытяжной вентиляции. В этом случае измеренное количество загрязняющего вещества сравнивается с предельно допустимой концентрацией и, если фиксируется отклонение измеряемого параметра от нормы, система автоматически подключает дополнительные устройства для приведения параметра к нормальному значению.

Конструкция датчика позволяет также сменить измерительную оптику для изменения объекта измерения и обеспечить полную независимость его работы от действий оператора. Прибор может быть использован для мониторинга экологического состояния окружающей среды.

Проверка датчика производится в лабораторных условиях, где может быть произведена очистка и промывка внутренней полости устройства и юстировка крепления измерительной оптики.

#### *Литература*

1. Коваленко П.Н., Багдасаров К.Н., Физико-химические методы анализа. Ростов. Изд-во Ростовского университета, 2008.
2. Охрана окружающей среды / С.В. Белов и др. М.: Высшая школа, 2012.
3. Опачий Ю.Ф., Глудкин О.П. Аналоговая и цифровая электроника: учебник для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2000.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Резолюция Всероссийского студенческого форума «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России» .....	4
<b>Аллаяров А.Ф., Мерзляков Е.Л.</b> Потенциатор сокращения скелетных мышц .....	8
<b>Аюпова Э.Ш.</b> Повышение спектральной эффективности передачи данных в беспроводных сенсорных сетях .....	11
<b>Баходуров А.У.</b> Волнообразные вариации диэлектрической проницаемости водного раствора хлорида натрия .....	14
<b>Башмаков Д.А., Сивачев А.В.</b> Анализ статистических особенностей теговых строк как контейнеров для стеганографического встраивания .....	17
<b>Вашурин Н.С.</b> Особенности эхо-спектроскопии тонких поликристаллических полупроводниковых пленок .....	21
<b>Вихрева Д.В.</b> Автоматическая система управления экологическим мониторингом на базе ГП LabVIEW .....	23
<b>Воронцов Д.А.</b> Электронный метод регистрации дальности полета спортивного метательного снаряда .....	25
<b>Вохмянина Л.В.</b> Разработка мобильной метеосистемы .....	27
<b>Гарифуллина А.В.</b> Повышение точности местоопределения с использованием сигналов глобальных навигационных спутниковых систем в аппаратуре потребителей на основе использования алгоритмов обработки сигналов с прямой и непрямыми линиями видимости спутников .....	30
<b>Гибалина З.С.</b> Методы контроля качества оптических элементов на предприятии .....	33

<b>Кашанов Р.М.</b> Схема работы универсального датчика состояния масла .....	35
<b>Кокурин О.Е., Тимаков Н.П.</b> Исследование способов увеличения сельскохозяйственного оборота с применением микроволновых технологий.....	38
<b>Санникова А.А.</b> Применение ультразвукового сканера для навигации хирургического доступа при катетеризации подключичной вены .....	42
<b>Егорова Л.В.</b> Аппаратно-программный комплекс для повышения достоверности профессионального отбора .....	43
<b>Забирова Д.А.</b> Оптоволоконный прецизионный спектрофотометрический датчик .....	46
<b>Зув О.Ю., Макаров А.А.</b> Применение оптоволоконной решётки Брэгга в исследовании переработки нефтешламов .....	49
<b>Зыков С.А.</b> Электронный метод регистрации места падения спортивного метательного снаряда.....	52
<b>Изосимова Д.С.</b> Активные магнитные подшипники .....	53
<b>Насыбуллин А.Р., Ишкаев Т.М., Шаронов Д.Е.</b> Периодические неоднородные СВЧ- и КВЧ-структуры на основе диэлектрического волновода.....	57
<b>Каллаур В.О.</b> Система программно-определяемого радиоприемного устройства на базе ПЛИС .....	59
<b>Карабанов А.Д.</b> Исследование перовскита для практического применения в солнечных батареях .....	61
<b>Козлова Т.А.</b> Расчет коэффициента шума радиоприемного устройства СВЧ-диапазона.....	63
<b>Конев С.А., Конкин Н.А.</b> Исследование полосы когерентности при трансионосферном зондировании ионосферы .....	65

<b>Конкин Н.А.</b>	
Разработка алгоритма и программного обеспечения автоматизации построения карт полного электронного содержания ионосферы Земли.....	67
<b>Кузанын М.С.</b>	
Исследование кинетики подгонки резистивных элементов с использованием автоматизированного комплекса.....	69
<b>Кузнецова М.Ю.</b>	
Патентоспособное устройство для повышения адгезии тонких металлических пленок в многослойной тонкопленочной структуре .....	73
<b>Курангышев А.В., Малых Д.В.</b>	
Использование программных средств OPTISYSTEM для виртуального моделирования параметров физических полей .....	76
<b>Леонтьев А.Р.</b>	
Исследование параметров трехэлементных антенн типа волновой канал с удлиненным рефлектором и укороченным директором на 6 % относительно длины волны при диаметре проводников 0,004 длины волны с изолированной траверсой .....	78
<b>Лопатин С. В.</b>	
Использование голографии в лазерных указателях.....	82
<b>Малых Д.В., Файзуллин Р.И.</b>	
Математическое моделирование четырехчастотного сигнала на выходе фотодетектора .....	84
<b>Малых Д.В., Файзуллин Р.И.</b>	
Разработка системы фиксирования волоконно-оптического датчика ...	87
<b>Масленников М.А.</b>	
Разработка Брайлевского дисплея на основе пьезоэлектрических кристаллов .....	90
<b>Матрашева К.Э.</b>	
Анализ влияния структуры фазированных антенных решеток на качество формирования сигналов .....	92
<b>Михайлов П.П.</b>	
Програмно-аппаратный комплекс адаптации сигнала при оценке трансionoсферного канала к изменениям ионосферы Земли .....	96
<b>Михалёва А.Ю.</b>	
Анализ существующих методов распознавания дорожных знаков .....	98

<b>Мякина Т.А.</b>	
Прецизионный бесконтактный измеритель остаточного содержания пыли в газоздушных смесях .....	101
<b>Нечаева М.А.</b>	
Акустический георадар .....	105
<b>Овчинников В.В.</b>	
Обработка ионограмм наземного зондирования ионосферного ВЧ-радиоканала в среде LabVIEW .....	106
<b>Одинцова М.Е.</b>	
Система мониторинга влияния ионосферы над европейской частью России на изменение радионавигационных сигналов GPS/ГЛОНАСС .....	110
<b>Павлова А.А.</b>	
Моделирование виртуальных приборов в среде LabVIEW .....	112
<b>Петухов О.Г.</b>	
Разработка виртуального имитатора радионавигационных сигналов ГЛОНАСС, GPS в среде LabVIEW .....	115
<b>Пивоваров И.Д.</b>	
Система управления доступом к компьютерной сети университета на основе технологии RFID.....	117
<b>Полушина И.А.</b>	
Распределенная система городского транспорта .....	119
<b>Полякова К.Д.</b>	
Разработка системы формирования изображения для оценки состояния природной среды .....	121
<b>Полянина П.Ф.</b>	
Исследование трехэлементных директорных антенн с одинаковыми размерами рефлектора и активного вибратора и уменьшенным директором на 4% в длинах волн относительно активного вибратора.....	125
<b>Рыжова Е.А.</b>	
Исследование влияния реактивных газов в процессе магнетронного распыления на удельное сопротивление пленки из элементов нержавеющей стали.....	128
<b>Рябцев С.А.</b>	
Избавление от древесных вредителей с помощью СВЧ-колебаний ...	131

<b>Секретарёв А.М.</b> Излучательный элемент ФАР на основе проволочных структур .....	134
<b>Смышляев П.Н.</b> Средства позиционирования автоматизированного гидрометрического комплекса.....	136
<b>Соловьева К.Н.</b> Исследование межмодовой задержки при зондировании высокочастотного радиоканала сложными сигналами .....	140
<b>Сорокин А.Г., Курасов П.А.</b> Разработка устройства для тепловизионного аудита на базе мультикоптера.....	142
<b>Столяров Д.С., Сушенцов Р.А.</b> Модель Ваттерсона для имитационного моделирования ионосферных радиоканалов.....	145
<b>Стрелков И.А.</b> Исследование амплитудно-частотных характеристик силовых трансформаторов с использованием комбинированного прибора АСК 4106 .....	147
<b>Торопов П.А.</b> Исследование параметров трехэлементных вибраторных антенн с удлиненным рефлектором и укороченным директором на 4 % относительно длины волны при диаметре проводников 0,004 длины волны с изолированной траверсой .....	151
<b>Трушкова О.А.</b> Программно-аппаратный комплекс для исследования параметров дисперсии в трансionoсферном радиоканале.....	154
<b>Ушнурицев Д.М.</b> Способы оценки асимметрии развития мышц .....	156
<b>Фадеев В.А.</b> Возможность миниатюризации космического сегмента спутниковых систем связи .....	159
<b>Файзуллин Р.И., Малых Д.В.</b> Виртуальное проектирование схемы четырехчастотного метода измерения параметров физических полей в среде OPTISYSTEM 7.0.....	160

<b>Ханнанов А.М.</b> Применение сложных сигналов в ультразвуковом зондировании .....	164
<b>Чавайн Ю.С.</b> Методика выбора критериев корректного выполнения нормализации характеристики измерительного тракта по коэффициенту передачи при автоматизированном контроле параметров приемопередающих устройств диапазона сверхвысоких частот .....	166
<b>Чуркина С.А.</b> Диагностика онкологических заболеваний на основе химического анализа хромато-масс-спектрограмм летучих метаболитов мочи .....	170
<b>Шабров И.С., Малых Д.В.</b> Сравнительный анализ устройств для опроса волоконно-оптических датчиков .....	173
<b>Шаронов Д.Е., Ишкаев Т.М.</b> Моделирование частотно-селективных поверхностей в СВЧ-диапазоне.....	177
<b>Шашин Д.Е.</b> Автоматизированная система позиционирования подложки при напылении тонких пленок .....	179
<b>Шеринёв К.А., Сушенцов Р.А.</b> Модель Воглера-Хоффмайера для исследования ионосферных радиоканалов .....	182
<b>Шиклин А.В.</b> Организация транспортного движения с использованием спутниковой системы GPS/ГЛОНАСС .....	185
<b>Ширшова К.А.</b> Организация беспроводной сети связи на участке Кичиер-Шелангер Казанского тракта в Республике Марий Эл.....	187
<b>Юргина О.А.</b> Проточный датчик спектрофотокориметра с многократным отражением .....	190

*Научное издание*

**ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ  
ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ**

**Материалы Всероссийской  
студенческой конференции**

*Йошкар-Ола, 23-28 ноября 2015 г.*

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

Ответственный за выпуск *А. В. Зув*

Редактор *Л. С. Емельянова*  
Компьютерная верстка *Е. А. Рыбакова*

Подписано в печать 20.12.2015. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 11,62. Тираж 150 экз. Заказ № 5765.

Поволжский государственный технологический университет  
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Редакционно-издательский центр ПГТУ  
424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17