

# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ



**ПЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ  
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ  
И 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ  
В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ**

**Тезисы докладов**

**(Тамбов, 6–7 мая 2020 г.)**

**Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2020**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»  
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

## **РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

ПЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ  
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ  
И 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

**Тезисы докладов**

*(Тамбов, 6–7 мая 2020 г.)*

*Научное электронное издание*



---

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2020

УДК 621.396.6

ББК з844-02

P15

Редакционная коллегия:

Д. Ю. Муромцев – *ответственный редактор*,  
Т. И. Чернышова – *зам. ответственного редактора*,  
С. П. Москвитин, А. П. Пудовкин, С. В. Фролов, Н. Г. Чернышов

P15 **Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс]: тезисы докладов Пятой всероссийской молодежной научной конференции / под ред. Д. Ю. Муромцева и др. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ».** – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дискковод ; 5,70 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2162-5 (V)

ISBN 978-5-8265-2081-9 (IV)

ISBN 978-5-8265-1921-9 (III)

ISBN 978-5-8265-1730-7 (II)

ISBN 978-5-8265-1556-3

Представлены тезисы докладов участников Пятой всероссийской молодежной научно-практической конференции «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития», в которых раскрываются вопросы проектирования радиоэлектронных систем различного назначения на всех стадиях производства, генерации сигналов, приема и передачи различной информации по каналам связи, развития и применения радиоэлектроники в медицине и биомедицинской технике, а также отмечается роль радиосвязи в годы Великой Отечественной войны.

Могут быть полезны студентам, молодым исследователям, а также инженерно-техническим работникам различных отраслей промышленности.

УДК 621.396.6

ББК з844-02

*Материалы предоставлены в электронном варианте,  
организаторы конференции и редакция ответственности  
за содержание предоставленных авторами материалов не несут.*

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.  
Незаконное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2162-5 (V)  
ISBN 978-5-8265-1556-3 (общ.)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2020

**Секция 1**  
**РАДИОСВЯЗЬ В ГОДЫ**  
**ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

---

**КАФЕДРА РАДИОНАВИГАЦИИ И СВЯЗИ**  
**ВОЕННО-ВОЗДУШНОЙ АКАДЕМИИ**  
**В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

*В. А. Безрядин, П. А. Федюнин*

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и  
Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В 2020 году исполняется 80 лет со дня образования кафедры управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж. Созданная в июне 1940 года, накануне начала Великой Отечественной войны, в Военной Академии командного и штурманского состава ВВС Красной Армии она предназначалась для подготовки специалистов в области авиационной связи и радионавигации [1].

Первым начальником кафедры, которая тогда называлась кафедра радионавигации и связи, стал военинженер 1-го ранга Т. М. Артеменко. В состав коллектива преподавателей вошли: доцент бригадинженер А. И. Коваленков – создатель первой советской самолетной радиостанции АК-1 (радиостанции АК-1, АК-23 и АКП, созданные А. И. Коваленковым, сыграли важную роль в улучшении управления боевыми действиями авиацией в годы Великой Отечественной войны); военинженер 1-го ранга Н. А. Корбанский – участник разработки первого советского радиокompаса и технического обеспечения «слепых» полетов; подполковник, в последующем генерал-майор авиации, Д. Н. Морозов; военинженер 3-го ранга И. М. Малев – участник разработки первой радиорелейной станции «Сигнал», лауреат Сталинской премии [1]. Как мы видим, первый состав кафедры включал видных инженеров и ученых, оставивших значительный след в развитии техники связи и радионавигации.

Вскоре грянула война. Из преподавателей кафедры убыли на фронт подполковник Д. Н. Морозов, будущий начальник кафедры, а также военинженер 3-го ранга И. М. Малев. В 1942 – 1944 годах в соединениях и частях авиации проходил стажировку начальник кафедры инженер-полковник Т. М. Артеменко [1].

Показательна боевая судьба Дмитрия Николаевича Морозова. Его назначили помощником начальника связи 1-й Воздушной Армии

по радио. На данной должности он вместе с сослуживцами по 1-й Воздушной Армии подготовил отчет, направленный заместителю Наркома обороны И. Т. Пересыпкину и начальнику управления связи ВВС Красной Армии генералу Г. К. Гвоздкову. Это был первый документ, в котором обобщался и критически анализировался боевой опыт авиационных связистов, излагались взгляды на организацию войск связи. Содержание отчета было предложено изучить во всех органах военной связи, а конкретные предложения были направлены на рассмотрение в штаб ВВС Красной Армии [2]. Впоследствии Д. Н. Морозов стал начальником войск связи 17 Воздушной Армии.

Прекрасно зарекомендовал себя на должности помощника начальника связи Юго-Западного фронта по радио Исаак Михайлович Малев. Его инженерно-конструкторская натура не давала покоя и во время войны и обогатила войска не только первой отечественной радиорелейной станцией, но и буквопечатающими приставками. Радиобуквопечатание успешно заменяло проводную телеграфную связь и связисты всех фронтов, при обеспечении устойчивой связи, не раз вспоминали добрым словом разработчика приставки РСТ-1 [2].

Под руководством начальника кафедры Т. М. Артеменко, коллектив кафедры, помимо учебного процесса, вел большую работу по переучиванию летного состава на новую авиационную технику связи. В помощь строевым частям были написаны и изданы необходимые в то время «Памятка летчика-истребителя (по связи)», «Памятка стрелка-радиста», учебные пособия по организации связи и средствам авиационной связи [2].

В 1942 – 1944 годах весь личный состав кафедры прошел стажировку в авиационных соединениях. За время стажировки изучался опыт организации связи в боевых частях, и проводилась работа по оказанию помощи частям в освоении новых средств радиосвязи, радионавигации и радиолокации [1].

Таким образом, личный состав кафедры внес свой вклад в Победу над фашистской Германией, разрабатывая и совершенствуя технику авиационной связи, развивая вопросы организации связи, обеспечивая войска необходимой документацией по связи и радионавигации.

### **Библиографический список**

1. **Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина** / под ред. маршала авиации Н. М. Скоморохова. – М. : Воениздат, 1984. – 238 с.
2. **Кояндер, Е. В.** Я – «Рубин», приказываю..., / Е. В. Кояндер. – М. : Воениздат, 1978. – 277 с.

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И РАДИО-РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ И ОРУЖИЕМ

*В. В. Гришин*

*Межвидовой центр боевой подготовки войск РЭБ  
(учебный и испытательный) (г. Тамбов)*

С момента окончания Второй мировой войны «революция в военном деле» последовательно прошла три следующих этапа.

1. Революция в военной технике, которая изменила облик оружия, боевых платформ и военной амуниции. Этот этап начался еще во время Второй мировой войны и фактически закончился в 80-х гг. прошлого века.

2. Революция в военных системах обнаружения, связанная с появлением электронных систем обнаружения и внедрением информационных систем управления оружием. С середины 1970-х гг. по настоящее время существенно повысились возможности отдельных боевых комплексов (например, беспилотных летательных аппаратов) за счет более быстрой и эффективной обработки данных и информации и разработки систем удаленного управления БЛА.

3. Революция в военной связи, начавшаяся в конце 70-х гг. минувшего столетия и продолжающаяся по сей день. Она позволила качественно улучшить системы управления и связи, что, в свою очередь, дает возможность координировать действия сил и средств при проведении совместных воздушных, морских и наземных операций.

Завершение каждого этапа связано с достижением пределов роста, когда дальнейшее улучшение характеристик вооружений в определенном направлении принципиально возможно, но нецелесообразно по критерию «стоимость – эффективность». Опыт показывает, что качественно новые характеристики вооружений появлялись лишь в исключительных случаях и, как правило, за счет развития уже известных технологий.

Основные взгляды на способы ведения боевых действий в ближайших десятилетиях будут устремлены на концепцию применения дистанционно-управляемых боевых средств на основе объединения средств функционально взаимосвязанных подсистем: информационной, сенсорно-разведывательной и боевой на базе единой среды.

Анализ использования этого принципа управления позволяет выявить основные тенденции в изменении характера военного противоборства между развитыми в техническом отношении государствами в период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу:

- постоянно возрастающая угроза нанесения противником упреждающего комплексного удара огневыми и высокоточными средствами, совмещенного с информационными и радиоэлектронными воздействиями на информационную инфраструктуру;

- переход к избирательному поражению объектов с использованием ВТО и дистанционно-пилотируемыми летательными аппаратами (ДПЛА);

- возрастание роли разведки, оперативной маскировки и защиты войск, населения и объектов тыла от перспективных средств поражения;

- скоротечность воздушно-наземных сражений, резкие изменения обстановки и способов действий войск;

- проведение информационных, психологических, маскировочных (прежде всего дезинформационных) и других специальных операций;

- радиоэлектронное поражение элементов систем управления войсками и оружием;

- расширение масштаба применения космических средств для ведения разведки, управления войсками и оружием группировок сухопутных, военно-воздушных и военно-морских сил, нанесения ударов в космосе и из космоса;

- возрастание повсеместного использования беспилотных, роботизированных и дистанционно управляемых средств ведения и обеспечения вооруженной борьбы на всех уровнях;

- расширение сферы применения сил специальных операций для диверсионно-террористических и разведывательно-диверсионных действий в глубоком тылу войск.

### **Библиографический список**

1. **Гареев, М. А.** Если завтра война / М. А. Гареев. – М. : ВладДар, 1995. – 238 с.

2. **Макаренко, С. И.** Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века : монография / С. И. Макаренко. – СПб. : Научное издание, 2017. – 546 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВИАЦИОННОЙ СВЯЗИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

*В. В. Гришин<sup>1</sup>, Ю. Т. Зырянов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Межвидовой центр боевой подготовки войск РЭБ  
(учебный и испытательный) (г. Тамбов)*

*<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

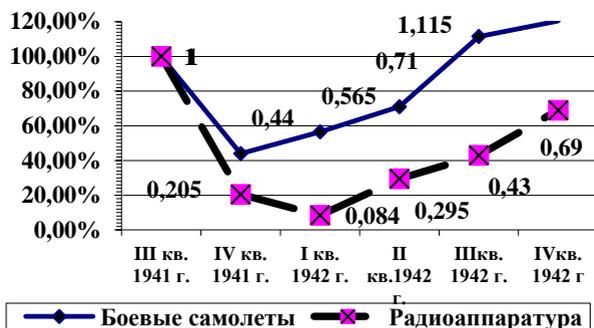
*В первом периоде Великой Отечественной войны* складывавшаяся на фронтах оперативно-стратегическая обстановка создала трудные условия для обеспечения авиационных штабов и пунктов управления связью.

В результате ударов фашистской авиации по аэродромам и пунктам управления в первые же часы войска связи понесли большие потери в личном составе и в технике. Кроме того, на территорию Советского Союза было заброшено множество диверсионных групп с задачей повреждения проводных линий связи в ночь на 22 июня. В итоге – была нарушена связь между многими авиационными штабами.

Положение усугублялось и другими факторами. В частности, отход Красной Армии вызывал частые перемещения командных пунктов, штабов авиационных объединений, соединений и частей. Например, КП ВВС Западного и Южного фронтов за шесть месяцев войны перемещались на новые места до 10 раз. При этом они длительное время не имели телеграфно-телефонной связи с подчиненными частями и соединениями. В подобных случаях обмен информацией между штабами осуществлялся с помощью подвижных средств (самолетов и автомашин).

Из-за недостатка средств и специалистов только незначительная часть штабов в звене ВВС фронта – авиадивизия – имела два канала связи. В основном же связь между авиационными штабами организовывалась по одному телеграфному или телефонному каналу и то на основных направлениях по проводным линиям связи (рис. 1).

Радиосредства авиационных объединений и соединений почти не использовались. А там, где имевшаяся наземная или воздушная связь функционировала, она была организована способом радиосети с большим количеством корреспондентов, что снижало оперативность управления. Часть офицеров штабов и летного состава недооценивала радиосвязь, слабо знала возможности радиосредств. При выборе частот для радиосвязи не учитывались особенности распространения радиоволн в различное время года и суток. Лишь немногие хорошо владели методами скрытого управления, а это порождало боязнь выйти в эфир из-за возможного прослушивания противником радиообмена между корреспондентами.



**Рис. 1. Изменение интенсивности поставок в действующую армию боевых самолетов и радиосредств в первом периоде Великой Отечественной войны**

С осени 1942 г. во втором и третьем периодах Великой Отечественной войны продолжалось накопление опыта организации и обеспечения связи, совершенствование которой происходило по следующим направлениям: развитие средств авиационной связи (табл. 1); увеличение их количества в войсках; изменение организационной структуры частей и подразделений связи; улучшение подготовки кадров для комплектования войск связи; совершенствование организации авиационной связи в объединениях, соединениях и частях ВВС.

### 1. Характеристика основных самолетных радиостанций, применявшихся в ВВС КА в годы войны

Тип радиостанции	Год выпуска	Род авиации	Рабочий диапазон, м	Дальность действия, км	
				в телеграфном режиме	в телефонном режиме
РСБбис	1940	БА	25...120	250...300	120
РСИ-3М	1941	ИА	60...85,71	–	100
РСИ-3М1	1941	ИА	60...75	–	110
РСБ-3бис	1941	БА	25...120	До 1000	До 200
РСИ-6	1943	ИА, ША	45...75	–	150

**Увеличение количества средств авиационной связи в войсках** происходило вслед за наращиванием мощностей авиационной промышленности. Этому способствовало решение ГКО, согласно которому заводы по производству связного оборудования были приравнены к предприятиям Народного Комиссариата авиационной промышленности по вопросам материально-технического снабжения.

Богатейший опыт, полученный войсками связи в Великой Отечественной войне, был положен в основу их послевоенного развития.

### **Библиографический список**

1. **Гришин, В. В.** Военное искусство Военно-воздушных сил Красной Армии в годы Великой Отечественной войны : учебное пособие / В. В. Гришин. – Тамбов : Изд-во ТВВАИУРЭ, 2008. – 135 с.

2. **Советская** авиация в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг. в цифрах. – М. : ГШ ВВС, 1962. – 384 с.

## **РАДИОСВЯЗЬ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

*Д. О. Жалнин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

С первых дней Великой Отечественной войны радиосвязь стала важнейшим средством оперативного управления войсками и информирования населения огромной страны. «От Советского Информбуро» – эти слова, начиная с 24 июня 1941 г. и до конца войны, открывали сводки сообщений с фронта, которые тысячи людей ежедневно с волнением слушали [1].

С 6 сентября 1941 г. Центральное радиовещание начало передачи из осажденного Ленинграда, которые продолжались все 900 дней блокады. В октябре вокруг Москвы и многих важных объектов страны были установлены радиолокационные станции, входившие в систему ПВО [1].

В первые месяцы войны противнику удалось разрушить значительную часть наших воздушных и полевых кабельных линий, что привело к длительным перерывам в работе проводной связи. Стало очевидным обеспечить надежное управление войсками и их тесное взаимодействие, особенно во время боев в тылу противника и, безусловно, в авиации, бронетанковых войсках и Военно-морском флоте, где радиосвязь являлась единственным средством связи.

Во время войны крупнейшие отечественные радиозаводы и научно-исследовательские институты сумели усовершенствовать и модернизировать радиостанции, находящиеся на вооружении войск, и создать новые, более эффективные средства связи. В частности, были изготовлены переносные ультракоротковолновые радиостанции, предназначенные для стрелковых и артиллерийских частей, радиостанция РБМ-5 повышенной мощности, экономичная и надежная, которая использовалась и как личная радиостанция командующих армиями, корпусов и дивизий, несколько типов специальных танковых радиостанций, радиостанций воздушно-десантных войск, разнообразные конструкции радиоприемников. Высокую оценку получили специальные ультракоротковолновые радиостанции для Военно-воздушных сил, а также радиостанции наведения для истребительной, бомбардировочной и штурмовой авиации.

Радиосвязь сыграла неоценимую роль в организации и руководстве партизанским движением, координацией действия партизанских штабов с частями Армии и Флота. Сотни радиолюбителей-коротковолнников служили радистами в партизанских отрядах, где телефонная связь зачастую была практически невозможна. В 1942 году специально для партизанских частей были созданы экономичные переносные легко маскируемые радиостанции с автономным питанием.

Можно привести немало примеров успешного использования радиостанций в годы войны. Так, во время Сталинградской битвы действовало около 9 тыс. радиостанций, а в освобождении Белоруссии в 1944 г. использовалось более 27 тыс. радиостанций различных типов. В начале 1944 г. при прорыве укреплений фашистских войск под Ленинградом взаимодействие всех войск Армии и Флота обеспечивали свыше 4 тыс. радиостанций. На завершающем этапе войны во время крупных наступательных операций на 1 км фронта приходилось более 300 радиостанций. Следует отметить, что практически все радиооборудование было отечественного производства, поставки из-за границы не превышали нескольких процентов объема внутренних ресурсов [2, 3].

В конце декабря 1943 г. была введена в строй сверхмощная радиовещательная станция на 1200 кВт с оригинальной антенной системой. В том же году на радиомагистрале Москва – Нью-Йорк был установлен фототрансмиттер, позволявший увеличить скорость телеграфной передачи до 1 тыс. слов в минуту.

Исключительно напряженной и ответственной была работа военных радистов во время Берлинской операции, они обеспечивали многоканальную радиосвязь. Во время уличных боев очень эффективно использовались переносные коротковолновые и ультракоротковолновые радиостанции. Например, только за несколько дней 132-й радио-

дивизион сорвал передачу по радио более 170 срочных боевых приказов командования противника.

2 мая 1945 г. после взятия Берлина был проведен первый радиорепортаж из города. 9 мая все радиостанции СССР транслировали торжественный салют в Москве. 24 июня состоялся репортаж с Красной площади о Параде Победы.

### **Библиографический список**

1. **Радиосвязь** в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс]. – URL : <http://vivalaradio.ru/archives/472>.

2. **Бурлянд, В. А.** Советская радиотехника и электросвязь в датах / В. А. Бурлянд, В. Е. Володарская, А. В. Яроцкий. – М. : Связь, 1975. – 192 с.

3. **Пудовкин, А. П.** Современные системы радиосвязи : [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 кн. Кн. 2 / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 139 с.

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ**

*А. Г. Ивануткин, А. С. Асанов*

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

С самого начала применения отечественной военной авиации основной проблемой стало обеспечение экипажей воздушных судов достоверной информацией о своем местоположении как в воздухе, так и на земле. На это указывал опыт минувших войн и особенно Великой Отечественной – самой тяжелой и кровопролитной.

Подготовка специалистов в области радионавигации проводилась первоначально в Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н. Е. Жуковского, созданной в 1920 г. В 1922 году образована кафедра авиационной электрорадиотехники академии, которую с 1923 г. возглавил будущий генерал-майор инженерно-технической службы Кулебакин Виктор Сергеевич. Под его руководством началась разработка светотехнических устройств, обеспечивающих посадку самолета ночью [1].

В 1926 – 1929 годах были выданы авторские свидетельства на конструкцию радиомаяка, предприняты первые попытки применения радиопеленгаторов.

Корбанский Николай Александрович являлся одним из основоположников авиационной радионавигации, был старшим преподавателем кафедры радионавигации на факультете электроспецоборудования ВВА им. профессора Н. Е. Жуковского. Один из организаторов радиотехнического факультета академии, заместитель начальника данного факультета по научной работе.

В 1932 году впервые в СССР осуществлена слепая посадка самолета «По-2» с использованием радиокompаса РК-1 по системе военинженера 1 ранга Н. А. Корбанского, а сам он награжден орденом «Красная Звезда». 20 декабря 1933 г. осуществлена первая слепая посадка на тяжелом бомбардировщике ТБ-1.

В 1935 – 1936 годах большие самолеты гражданского воздушного флота оборудовались радиокompасами РПК-2 (РК-1), которые применялись не только для вывода ВС на радионавигационную точку, но и для определения местоположения ВС по линиям положения, для захода на посадку.

Великая Отечественная война резко повысила роль бортового радиоэлектронного оборудования самолетов и наземных средств связи ВВС. К 1943 году почти все соединения имели наземные радиопеленгаторы или приводные радиостанции. Истребители предпочитали использовать наземные пеленгаторы, штурмовики и бомбардировщики – радиополукомпас. Фронтовая авиация применяла радиокompас в основном только для выхода на привод [2].

Важным вкладом в развитие отечественной радионавигации явилось создание в 1953 – 1958 годах радиотехнической системы ближней навигации (РСБН) в составе азимутально-дальномерного радиомаяка и бортового оборудования к нему (главный конструктор Г. А. Пахолков).

Поистине революционным событием стало использование в аэронавигации спутниковых навигационных систем. Еще до запуска в СССР первого в мире искусственного спутника Земли (4 октября 1957 г.) проводились научные исследования по применению спутников в навигации.

В 1980 – 1990 годы были заложены основы теории применения и выполнения задач радиотехнического обеспечения в Арктике [3].

Таким образом, осуществление выработанных направлений применения передовых технических решений и новых телекоммуникационных технологий в производстве средств и комплексов позволяет обеспечить руководству ВКС возможность в реальном времени обес-

печатать эффективное управление авиационными формированиями во взаимодействии с другими войсками и воинскими формированиями Вооруженных сил РФ.

### **Библиографический список**

1. **Все начиналось** с радиокабинета, год 1920-й [Электронный ресурс]. – URL : <https://testpilot.ru/biblioteka/publikatsii/vse-nachalos-s-radiokabineta-god-1920-j> (дата обращения: 20.09.2019).

2. **Пересыпкин, И. Т.** Военная радиосвязь / И. Т. Пересыпкин. – М. : Воениздат, 1962. – 300 с.

3. **Военно-воздушная** академия имени Ю. А. Гагарина / под ред. маршала авиации Н. М. Скоморохова. – М. : Воениздат, 1984. – 238 с.

## **ИСТОРИЯ РАДИО ВО ВРЕМЯ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

***А. П. Казюлин, И. Д. Рябов***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Во время Великой Отечественной войны радио получило широкое применение в Советской Армии и способствовало достижению нашей победы. Советские радиозаводы обеспечили снабжение армии всеми видами радиоаппаратуры, которую они в ходе войны непрерывно улучшали, создавая все более и более совершенные образцы радиоэлектронных средств. Число радиостанций, применявшихся во время боевых действий, было очень велико. Особенно широко применялось радио в наступательных операциях Советской Армии, когда все рода наших войск почти непрерывно двигались вперед [1].

Качество наших радиостанций во многих случаях было значительно выше станций иностранных армий. Они были более компактными и легкими и имели больший радиус действия.

Радисты-воины Советской Армии выдержали суровое испытание на всех фронтах Великой Отечественной войны. Им приходилось работать под разрывами снарядов и мин, под пулеметным обстрелом, но они мужественно обеспечивали связь. Умело используя радио, советские радисты помогали пехоте, артиллерии, танкам и авиации громить фашистских захватчиков. Тысячи радистов-участников Великой Отечественной войны награждены орденами и медалями, многие из них получили высокое звание Героя Советского Союза.

По предложению радиослушателей Всесоюзный радиокомитет организовал в дни войны передачу по радио писем на фронт и с фрон-

та. В адрес Радиокomiteта приходили письма со всех концов страны и из действующей армии. «*Письма по радио*» слушал весь народ. В них звучал голос советских патриотов, которые, не щадя своих сил и жизни, на фронте и в тылу неустанно ковали победу над врагом. За время войны Радиокomiteт получил 2 миллиона писем для передачи по радио. Благодаря этим передачам члены 27 тысяч семей установили между собой потерянную во время войны связь, нашли друг друга.

К 1941 году в СССР было **всего три завода**, производящих то или иное оборудование для радиосвязи: «Красная заря» (телефоны); завод им. Кулакова (телеграфы); завод им. Коминтерна (радиоаппаратура). Этим производственных мощностей не хватало, чтобы обеспечить армию необходимой техникой. Плюс, эти заводы были эвакуированы и заново развернуты в тылу, что отняло необходимое время.

Советские самолеты не были оснащены радиоприемниками. Когда станции воздушного наблюдения фиксировали вторжение, информацию о направлении и высоте полета противника выкладывали на земле с помощью белых полотен. Пилоты общались друг с другом в воздухе с помощью **покачиваний крыльями**. Поэтому группы летали в пределах видимости визуальных сигналов.

В танковых войсках ситуация была немного лучше: радиостанции были, правда громоздкие и ненадежные. Установленная станция урезала боекомплект патронов на треть, при этом она часто *выходила из строя*. Как правило, танки не имели ни внешней, ни внутренней связи, действуя как самостоятельные единицы.

Пехота также не была обеспечена оборудованием для радиосвязи в полном объеме. Часто под военные нужды переделывали *гражданскую радиоаппаратуру*.

Ситуацию исправили только в 1942 г. Тогда для всех командиров ввели обязательные *личные радиостанции*, с приставленными к ним радистами и шифровальщиком. К этому времени удалось произвести часть необходимого радиооборудования [2].

Если до Сталинградской битвы и битвы на Курской дуге в программах радиовещания преобладала политическая информация и публицистика, то, по мере того как советские войска одерживали одну победу за другой, в вещании возрастал удельный вес литературно-драматических и музыкальных передач. У радиопублицистики появилась новая тема – восстановление районов, освобожденных от врага.

Немцы быстро утратили превосходство в техническом обеспечении радиоаппаратуры. Уже к 1943 г. советская армия была **полностью обеспечена радиосвязью**.

Таким образом, превосходство в техническом обеспечении аппаратуры сыграло большую роль в победе над нацистами.

## Библиографический список

1. Студенческая библиотека онлайн. – URL : [https://studbooks.net/727325/zhurnalistika/radioveschaniye\\_gody\\_velikoy\\_otechestvennoy\\_voyny](https://studbooks.net/727325/zhurnalistika/radioveschaniye_gody_velikoy_otechestvennoy_voyny) (дата обращения: 22.04.2020).

2. Пудовкин, А. П. Современные системы радиосвязи : [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 кн. Кн. 2 / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 139 с.

## РАДИОСВЯЗЬ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

*Г. Е. Курбатов, Т. Ю. Дорохова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Когда речь идет о радио всегда вспоминается имя выдающегося русского физика А. С. Попова. Колыбелью радио являлся русский военный флот. Впервые радио было использовано как средство связи в русской армии самим его изобретателем А. С. Поповым. С первых дней изобретения радио была видна его огромная роль, которую радио должно было сыграть в военном деле. Самое широкое применение радиосвязь нашла в период Второй мировой войны.

В этот период идет достаточно быстрое развитие радиотехники и ее широчайшее применение в Красной Армии. Количество выпускаемых промышленностью радиостанций обеспечивало потребности войск сверху донизу, т.е. до стрелкового батальона и артиллерийской батареи включительно.

С первых же дней Великой Отечественной войны радиосвязь доказала свое огромное преимущество перед всеми остальными видами связи. Немецкое командование, мечтая о быстром уничтожении боеспособности наших вооруженных сил, стремилось в первую очередь нарушить управление действующими войсками и сорвать мобилизацию нашей страны. Используя свое первоначальное количественное превосходство в авиации, немцы непрерывно обрушивали тысячи бомб на наши пути сообщения и на средства связи. Это ставило управление войсками в исключительно тяжелое положение и заставляло переводить его во многих случаях только на радиосвязь.

Во время битвы под Москвой широкое применение радиосредств в системе ВНОС дало возможность своевременно предупреждать Москву и активные средства ПВО о налетах немецкой авиации.

15 тысяч самолетов послал враг в течение первого года войны на Москву. Но гитлеровский план разрушения Москвы с воздуха был сорван воинами ПВО столицы, и в этом немалую роль сыграла радиосвязь. Без радио в эту войну стали бы невозможными согласованные действия военно-воздушных сил в целом и боевая работа каждого самолета в отдельности. Для управления танками в бою радио так же необходимо, как и в авиации. В Военно-Морском Флоте оно было всегда единственным надежным и незаменимым техническим средством связи.

Во время героической обороны Севастополя только наличие радиосвязи обеспечило нашему командованию управление войсками Красной Армии, оборонявшими Севастополь.

С помощью радио осуществляли связь штабы партизанского движения со своими отрядами и районами. Центральный штаб партизанского движения имел многочисленные направления радиосвязи с партизанскими отрядами и соединениями, что позволяло ему направлять усилия всех партизанских частей для парализации работы вражеского тыла. Организация и обеспечение связи в авиадесантных операциях не мыслимы без радиосредств.

Особенно сильно возросла роль радио на втором этапе Великой Отечественной войны, когда Красная Армия начала наносить немецким захватчикам один сокрушительный удар за другим. В условиях тактики маневрирования Ставка Верховного Главнокомандующего в своих директивах указывала, что при организации связи с войсками считать ее надежной только в том случае, если имеется хорошо налаженная радиосвязь.

Сталинская тактика маневрирования сделала организацию радиосвязи по направлению основным методом обеспечения связи в наступательном бою на решающем участке наступления, окончательно внедрила в управление войсками обязательное установление связи личными радиостанциями командующих соединениями.

В Великой Отечественной войне не было такого рода войск, где бы радиосредства не имели своего применения. Чтобы понять всю широту применения радиосвязи, используемую в этот период, достаточно привести только одну цифру. В операции по очищению Белорусской республики от немецких захватчиков участвовало одновременно свыше 27000 радиостанций различных типов. Война показала, какую огромную роль в управлении всеми вооруженными силами в целом, каждым родом войск в отдельности и в их взаимодействии играет радио.

## Библиографический список

1. **Антонов, А. С.** Параллельное программирование с использованием технологии MPI : учебное пособие / А. С. Антонов. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 71 с.
2. **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

## РОЛЬ РАДИО В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

*Н. В. Лазарев, Т. Ю. Дорохова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

С первых дней Великой Отечественной войны радиосвязь стала важнейшим средством оперативного управления войсками и информирования населения огромной страны. «От Советского Информбюро» – эти слова, начиная с 24 июня 1941 г. и до конца войны, открывали сводки сообщений с фронта, которые тысячи людей ежедневно с волнением слушали.

Техника связи сразу же в июле 1941 г. была эвакуирована в тыл, аппарат Наркомата связи переехал в Уфу, а в октябре на восток страны были переправлены мощные радиовещательные станции Москвы. Вокруг Москвы, а также многих важнейших объектов страны были установлены радиолокационные станции, входившие в систему ПВО. В течение всего периода Великой Отечественной войны радиосвязь являлась единственным средством связи, обеспечивающим надежное управление войсками особенно во время боев в тылу противника, в авиации, бронетанковых войсках и военно-морском флоте. Не все средства связи работали превосходно, не все были подготовлены для военных операций, поэтому советским командованием было потрачено немало средств и времени на разработку новых и усовершенствование старых средств радиосвязи. Именно военный период – это период активного рывка в развитии средств связи.

Крупнейшие отечественные радиозаводы и научно-исследовательские институты сумели усовершенствовать и модернизировать радиостанции. В этот период были изготовлены переносные ультракоротковолновые радиостанции, предназначенные для стрелковых и артиллерийских частей; радиостанция РБМ-5 повышенной мощности, которая использовалась как личная радиостанция командующих армиями; несколько типов специальных танковых радиостанций; радиостанций воздушно-десантных войск и др. Высокую оценку полу-

чили специальные ультракоротковолновые радиостанции для Военно-воздушных сил, а также радиостанции наведения для истребительной бомбардировочной и штурмовой авиации.

Огромную роль в улучшении военно-морской связи сыграли разнообразные радиопередатчики и радиоприемники, гидроакустические и гидролокационные станции. Во время боев под Москвой благодаря бесперебойной радио- и проводной связи командование сумело обеспечить оперативное руководство действиями войск, и фашистские захватчики были отброшены на 120...140 км к западу от столицы. Радиосвязь сыграла неоценимую роль в организации и руководстве партизанским движением, координацией действия партизанских штабов с частями Армии и Флота. Сотни радиолокационных коротковолновиков служили радистами в партизанских отрядах, где телефонная связь зачастую была практически невозможна.

В ходе боев особая роль принадлежала специальным подразделениям радиопомех. Станции радиопомех были оснащены всей необходимой аппаратурой и транспортными средствами. За важнейшими радиосетями противника велось круглосуточное наблюдение, выявлялись основные и запасные частоты вражеских радиостанций. Радиопомехи не только нарушали управление немецкими войсками и подавление средств связи, но и осуществляли радиодезинформацию на ложных участках сосредоточения войск. Одновременно с радиопомехами наносились удары по командным пунктам и радиолокационным системам. Исключительно напряженной и ответственной была работа военных радистов во время Берлинской операции, они обеспечивали многоканальную радиосвязь. За этот период большая группа ученых и инженеров была удостоена государственных премий и других правительственных наград за разработку и внедрение новейших средств радиосвязи.

Важная роль в победе над фашизмом принадлежала военным связистам. Отмечая роль радио в культурной и политической жизни населения и обороны страны, а также в целях популяризации достижений отечественной науки 7 мая был установлен ежегодным Днем радио.

### **Библиографический список**

1. **Антонов, А. С.** Параллельное программирование с использованием технологии MPI : учебное пособие / А. С. Антонов. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 71 с.

2. **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

## РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БОРЬБА В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

*А. А. Мжельский*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В условиях ведения Великой Отечественной войны было стратегически важно обеспечить радиосвязь между отдельными звеньями (армия, полк, дивизия, рота) советских войск. Особенно остро стояла проблема радиоэлектронной борьбы, предполагающей перехват информационных сообщений и команд противника и, напротив, максимально возможная защита передачи собственной информации [1].

Главные усилия радиоэлектронной борьбы, как указывалось выше, сосредотачивались на выявлении радиоразведкой и противодействия помехами радиосвязи и радиолокационным средствам, поражения пунктов управления, узлов связи, радиолокационных станций (РЛС) противника. Вторая основная задача была направлена на скрытие радиоэлектронных средств (РЭС) своих войск от разведки противника и защите своей радиосвязи от вражеских радиопомех [2].

Радиоразведка фронтов вскрывала средства и системы радиосвязи, добывала данные о районах размещения штабов, рубежах, достигнутых войсками противника, районах сосредоточения основных сил, прибытии новых частей. Особое внимание уделялось перехвату радиопереговоров в танковых и авиационных соединениях, где радиосвязь являлась основным средством связи [3].

Помехи радиосвязи ставились в виде непрерывных колебаний, либо хаотической передачи (ручным способом или трансмиттером) цифрового и буквенного текста на немецкой несущей частоте. Для повышения эффективности нарушения радиосвязи за наиболее важными вражескими радиосетями в большинстве случаев, закреплялась пара передатчиков радиопомех, один из которых создавал помехи на основной частоте, а второй – на запасной. Тем самым обеспечивалась непрерывность нарушения работы вражеской радиосвязи. С целью сокрытия факта постановки радиопомех, дивизионы использовали имитацию немецких радиопередач. Такие передачи принимались германскими радистами как радиограммы, идущие от своих корреспондентов. Наибольшую правдоподобность удавалось обеспечить благодаря использованию для дезинформирующих радиопередач трофейных радиостанций.

Пытаясь поддерживать радиосвязь в условиях наших радиопомех, немецкие радисты часто меняли рабочие частоты радиостанций; передавали радиограммы одновременно на двух частотах или отдельными группами, в перерывах между радиопомехами давали ложные сообще-

ния о переходе на другие волны, сами же продолжали работать по-прежнему; сообщали о приеме радиogramм, а вскоре снова просили их повторить; прекращали, а через 3-5 минут возобновляли радиопередачи. Иногда они снижали мощность радиопередатчиков до минимума, чтобы их не обнаружила радиоразведка, или повышали излучаемую мощность для обеспечения надежной передачи в условиях радиопомех. Таким образом, войска противоборствующих сторон вели активную, незатихающую радиоэлектронную борьбу.

Радиопомехи, удары авиации и артиллерии по пунктам управления противника весьма эффективно нарушали управление и взаимодействие сухопутных войск, авиации, сил и средств ПВО, что, несомненно, оказало значительную помощь советским войскам во время боевых действий.

Таким образом, во время войны оба противника вели активную радиоэлектронную борьбу, совершенствовали свои технологии, старались действовать максимально быстро, на опережение, ведь знание ближайших планов противника – залог успеха не только отдельной битвы, но и всей войны.

### **Библиографический список**

1. **Пудовкин, А. П.** Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2013. – 92 с.

2. **Палий, А. И.** Радиоэлектронная борьба / А. И. Палий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Воениздат, 1989. – 350 с.

3. **Пудовкин, А. П.** Современные системы радиосвязи : [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 кн. Кн. 2 / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 139 с.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЕННО-ПОЛЕВОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

*А. В. Михина*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В данной работе был проведен анализ научно-методической литературы по истории развития рентгенологии в годы Великой Отечественной войны (ВОВ).

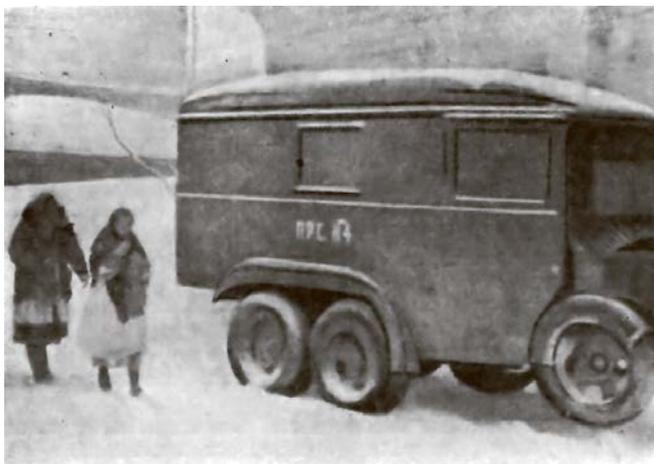
Предвоенный период и Великая Отечественная война внесли коррективы в работу рентгенологов и радиологов. В годы ВОВ развивалась военно-полевая рентгенология как новая организационно-тактическая система.

В комплексе задач, решаемых военно-медицинской службой, военно-полевой рентгенологии отведена существенная роль, так как она призвана обеспечить своевременную качественную диагностику боевых поражений, их осложнений и тем самым способствовать повышению эффективности работы военно-полевых хирургов, терапевтов и других специалистов [1].

Первая попытка создать автомобильные рентгеновские установки была в годы Первой мировой войны. Эта установка размещалась на обыкновенной санитарной машине, совершенно для этого не приспособленной. Малая мощность небольшой динамо-машины, укрепленной на крыле или в кузове автомобиля, не позволяла получать снимки хорошего качества.

Дальнейшей разработкой и испытанием полевых рентгеновских установок занималась кафедра рентгенологии Военно-медицинской академии, созданной в 1929 г. Уже в 1931 г. в военных маневрах участвовала опытная автомобильная рентгеновская станция, сооруженная сотрудниками кафедры.

В последующие годы проходила ее дальнейшая доработка, и в 1938 г. было начато серийное производство передвижных рентгеновских станции (ПРС) на Московском рентгеновском заводе и заводе «Буревестник» в Ленинграде. ПРС представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Внешний вид ПРС, принятой на снабжение Красной армии

В 1940 году профессором М. И. Неменовым было введено понятие военно-полевая рентгенология, которое являлось самостоятельным разделом медицинской рентгенологии и написано первое руководство.

К началу ВОВ Красная армия имела передовую военно-полевую рентгенотехнику и оснащенные рентгеновские кабинеты в госпиталях.

Организация рентгенологических исследований в период Великой Отечественной войны осуществлялась путем передачи полевым подвижным госпиталям мобильных рентгеновских групп усиления, в состав которых входили ПРС. Подобная тактика была обусловлена недостаточным количеством рентгеновской аппаратуры и подготовленных кадров для ее использования [2].

Послевоенные годы ознаменовались быстрым развитием рентгеновской сети, созданием специализированных радиологических отделений, большими успехами в совершенствовании лучевых методов диагностики и лечения болезней. В 1960 – 1980-е годы появились комплексные лучевые технологии. В медицинскую практику начали входить новые методы лучевого исследования: ангиография, радионуклидная и ультразвуковая диагностика, компьютерная рентгеновская томография.

### **Библиографический список**

1. Капура, Н. П. Роль военных рентгенологов в Великой Отечественной войне. 70-летие Победы / Н. П. Капура, В. В. Давлюд // Этих дней не смолкнет слава : сб. матер. военно-науч. конф., посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг. – Гродно, 2015. – С. 55 – 59.

2. **Военно-полевая** рентгенология: прошлое, настоящее, будущее. К 90-летию юбилею кафедры рентгенологии и радиологии военно-медицинской академии имени С. М. Кирова / И. С. Железняк и др. // Клиническая патофизиология. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 91 – 98.

## **РАДИОСТАНЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

*Р. А. Сарычев, А. Р. Хребтов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Радиоэлектронная борьба (РЭБ) ведет свой отчет с момента изобретения радио [1]. Впервые масштабно методы борьбы были реализованы в ходе Великой Отечественной войны (ВОВ). Тогда в нашей

стране были созданы и первые радиодивизионы спецназначения. Эти подразделения РЭБ участвовали во всех крупных сражениях, дойдя до Берлина и сохранив жизнь многим тысячам советских солдат.

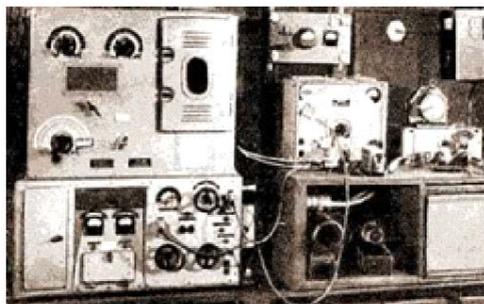


**Рис. 1. Радиоспецназ в годы ВОВ**

Одними из первых опытных образцов станций радиопомех были «Шторм» и «Гром». В процессе испытаний эти образцы показали высокую эффективность, но в стадию серийного производства так и не вошли. Таким образом, в Великую Отечественную войну наша армия вступила, имея на вооружении всего около двух десятков станций помех «Шторм» и «Гром». Тем не менее первая попытка создания радиопомех была осуществлена уже в начале сентября 1941 г. На смоленском направлении под городом Ельней была использована станция помех «Гром», которая эффективно «разгромила» радиосвязь противника. Также эти станции применялись и в ходе сражения под Сталинградом осенью 1942 г.

Убедившись в эффективности первого опыта создания радиопомех, командование в декабре 1942 г. сформировало радиослужбу спецназначения. Так были сформированы радиодивизионы «Спецназ». Именно с их помощью удалось «забить» основные радиостанции важнейших группировок противника, в том числе организовать радиоблокаду при окружении армии Паулюса в Сталинграде.

Каждый радиодивизион специального назначения имел от 8 до 10 автомобильных радиостанций типа РАФ-КВ, предназначенных для постановки радиопомех, 18 – 20 разведприемников типа «Виразж» и «Чайка», четыре радиопеленгатора типа 55 ПК-3А и «Штопор». В 131-м дивизионе, кроме того, имелась мощная станция радиопомех «Пчела», которая размещалась на железнодорожной платформе и предназначалась для противодействия самолетным радиоконпасам противника [2].



**Рис. 2. Радиостанция РАФ-KB**



**Рис. 3. Разведприемник «Чайка»**



**Рис. 4. Разведприемник «Выраж»**

Станции радиопомех вели круглосуточное наблюдение за наиболее значимыми радиосетями противника. Так выявлялись основные и запасные частоты вражеских радиостанций, их расположение, войсковая принадлежность и режимы работы. Некоторые радиодивизионы использовали для создания радиопомех и трофейные немецкие радиостанции, чем достигалась наибольшая правдоподобность дезинформирующих радиопередач.

В наступательных операциях Советской Армии в годы войны радиоэлектронная борьба успешно велась, с одной стороны, созданием

активных радиопомех радиосвязи и пассивных помех радиолокационным средствам противника, проведением мер радиомаскировки и дезинформации, а с другой – скрывтием своих средств радиосвязи и радиолокации от радиоразведки и подавления противником.

Таким образом, радиоэлектронная борьба в ходе ВОВ развивалась и совершенствовалась как вид обеспечения боевых действий. При этом наблюдается устойчивая тенденция к превращению РЭБ в самостоятельный вид боевых действий.

### **Библиографический список**

1. Пудовкин, А. П. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2013. – 92 с.

2. Палий, А. И. Радиоэлектронная борьба / А. И. Палий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Воениздат, 1989. – 350 с.

## **ИСКУССТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ. ВЧЕРА. СЕГОДНЯ. ЗАВТРА**

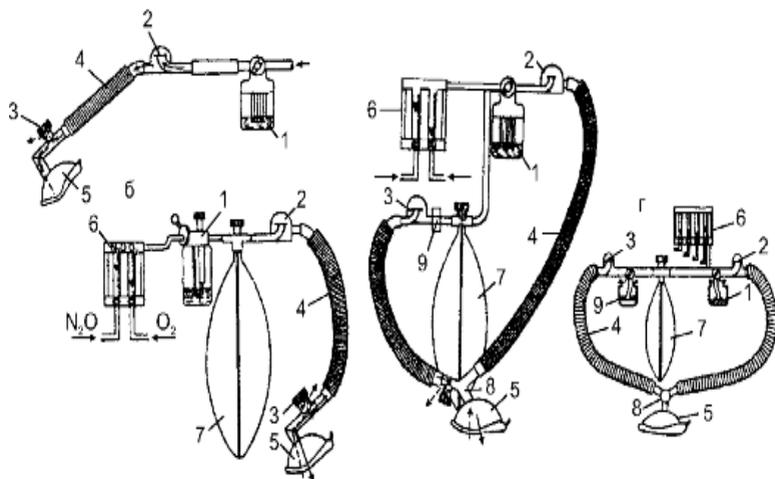
*Д. А. Свиряева, Т. А. Фролова*

*ПЛИ при Тамбовском государственном  
техническом университете (г. Тамбов)*

На данный момент по всему миру используются различные виды аппаратов искусственной вентиляции легких. На сегодняшний день существует множество различных видов аппаратов искусственной вентиляции легких (ИВЛ), в зависимости от назначения и области применения они имеют различную конструкцию.

Наркозно-дыхательный аппарат – это специальное медицинское устройство, которое предназначено для подачи больному дозированных концентраций летучих и газовых наркотических веществ и для получения оптимального фона газообмена в легких.

В системе лечения в годы Великой Отечественной Войны использовались различные методы обезболивания. Однако в 70% случаев прибегали к наркозу. Акцент был сделан на местной анестезии. Введение в наркоз занимало довольно много времени (15...20 минут). Некоторые полагали, что именно в годы войны анестезиология утвердилась как самостоятельная специальность [1].



**Рис. 1. Схема устройства аппарата ИВЛ:**

1 – испаритель; 2 – клапан вдоха; 3 – клапан выдоха; 4 – шланг; 5 – маска;  
6 – дозиметр; 7 – дыхательный мешок; 8 – тройник; 9 – адсорбер

Однако после Второй мировой войны мешок для ручной ИВЛ окончательно стал необходимой принадлежностью наркозного аппарата. Именно это дало толчок созданию и развитию специальных аппаратов искусственной вентиляции легких, которые позволят проводить сложные операции. Уже в 1952 г. появился первый массовый аппарат объемного вытеснения – очень долговечная и надежная машина, ставшая прототипом громадного числа подражаний во всем мире [1].

В настоящее время в медицине используются различные виды аппаратов ИВЛ, которые обеспечивают анестезию, с необходимым для человека количеством газовой смеси, а также контролируют жизненные параметры пациента. Данный тип медицинской техники стал одним из наиболее распространенных способов терапии в отделении реанимации.

Сложившаяся ситуация в мире дает нам понять, что аппараты ИВЛ стали остро необходимы. Заболевание COVID-19 поражает преимущественно нижние дыхательные пути, и у 20% людей, зараженных вирусом, он проникает глубоко в легкие. При этом состояние больного быстро становится критическим, и самых тяжелых пациентов необходимо срочно поместить в отделение интенсивной терапии и подключить к аппаратам искусственной вентиляции легких. В апреле 2020 г. более 30 государств обратились к российским властям с просьбой прислать аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Спрос

на наши аппараты ИВЛ в мире объясняется тем, что у нас больше резерв. Во-вторых, у наших поставщиков несколько ниже стоимость. Началась дополнительная диверсификация заводов по производству приборов, увеличению резервов.

В России есть все необходимое, чтобы производить достаточное количество аппаратов ИВЛ. Объемы наращивания производства медицинской аппаратуры в настоящее время схожи с промышленными темпами в период Великой Отечественной войны. В апреле 2020 г. производство аппаратов ИВЛ планируется увеличить в 8 раз, в мае – в 25 раз, а в июне – в 30 раз.

Таким образом, так как популярность данной техники стремительно набирает обороты, изучение и усовершенствование аппаратов ИВЛ является просто необходимым.

### **Библиографический список**

1. **Фролов, С. В.** Становление базы медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения города Тамбова / С. В. Фролов, А. А. Горелов // История науки и техники. – 2012. – № 8. – С. 37 – 44.

## **СПЕЦСВЯЗЬ РОССИИ. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ**

*А. А. Тришаков, В. В. Помещиков, Д. В. Заварзин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

С появлением в XIX веке средств электрической связи и вплоть до конца 20-х годов XX века электросвязь для нужд государственного управления в нашей стране обеспечивалась в основном по сетям связи общего пользования.

Официальной датой создания правительственной междугородной связи – основы будущих систем правительственной, а затем и президентской связи – принято считать 1 июня 1931 года.

В 1930-е годы – первые годы истории правительственной связи – главным являлось решение проблемы защиты информации в основном путем создания простейших устройств маскировки речи от прямого прослушивания в линии связи. Одновременно с производством аппаратов маскирующего действия велись разработки первых образцов более сложной аппаратуры. Кроме того, разработка и изготовление для ВЧ-связи первой отечественной автоматической междугородной телефонной станции (АМТС) положили начало автоматизации процесса соединения абонентов.

В 1941 – 1945 годах личный состав подразделений правительственной ВЧ-связи во взаимодействии со специалистами Наркомата связи, связистами Красной Армии активно участвовал во всех важнейших операциях Великой Отечественной войны и выполнил возложенные на него задачи.

В феврале 1943 г. были созданы и получили боевое крещение на Курской дуге войска правительственной связи. Руководство ими (по август 1959 г.) осуществлял П. Ф. Угловский.

ВЧ-связь была обеспечена с командованием всех фронтов и армий, с органами власти на местах, важнейшими оборонными объектами и предприятиями промышленности, делегациями СССР на международных конференциях в Тегеране, Ялте, Потсдаме.

В первые послевоенные годы велась напряженная работа по восстановлению и развитию правительственной связи. Создается новое оборудование связи, аппаратура защиты информации, работающая на совершенно новых принципах, и другая техника.

В результате масштабной реконструкции сети АТС Московского Кремля она становится автономной от сети связи общего пользования сетью правительственной городской связи.

В 1950-х годах организацией канала ВЧ-связи Москва – Пекин началось создание правительственной международной связи.

В эти годы активно создавалась техника для обеспечения связи в полевых условиях. С этой целью первоначально были разработаны портативные системы передачи, маскирующая аппаратура, коммутаторы, средства электропитания и созданы мобильные аппаратные станции.

В 1960-е годы с разработкой искусственных спутников Земли появилась возможность использования орбитальных ретрансляторов, снизивших зависимость от проводных и радиорелейных линий.

В 1970-е годы завершилась автоматизация процесса соединения абонентов, появилась более совершенная аппаратура защиты информации, перевозимые узлы связи, резервная сеть КВ-радиосвязи. Разработка средств подвижной УКВ-радиосвязи сначала позволила абонентам вести переговоры при движении в автомобиле, а затем – в самолете, вертолете, поезде, на корабле. Руководители государства стали обеспечиваться связью при их перемещении как в пределах страны, так и практически в любой точке Земли.

В 1980-е и последующие годы продолжалась разработка новых технических средств, нового поколения аппаратуры защиты информации, станций спутниковой связи.

26 июня 1990 г. в составе правительственной связи была создана система связи для Президента СССР.

После известных событий августа 1991 г. правительственная связь действовала сначала в составе комитета, а затем федерального агентства правительственной связи и информации – ФАПСИ, которым руководили А. В. Старовойтов (1991 – 1998), В. П. Шерстюк (1998 – 1999), В. Г. Матюхин (1999 – июнь 2003).

Указами Президента Российской Федерации от 28 сентября и от 29 октября 1992 г. была создана выделенная система президентской связи. Основными задачами Службы специальной связи и информации ФСО России (Спецсвязи ФСО России) являются:

- организация и обеспечение эксплуатации, безопасности, совершенствования специальной связи и информации, предоставляемых государственным органам;

- участие в разработке и реализации мер по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации, противодействию техническим разведкам и защите сведений, составляющих государственную тайну;

- реализация государственной политики в области правовой информатизации Российской Федерации и координация работ, производимых в этой сфере;

- информационно-технологическое и информационно-аналитическое обеспечение государственных органов, техническое обслуживание и программное сопровождение информационно-телекоммуникационных систем и ситуационных центров, а также информационное обеспечение управления государством в военное время и при чрезвычайных ситуациях;

- участие в осуществлении мер государственной охраны при предоставлении специальной связи и информации объектам государственной охраны.

Эти задачи решаются Спецсвязью ФСО России, управлениями специальной связи и информации ФСО России в федеральных округах, центрами специальной связи и информации ФСО России в субъектах Российской Федерации, а также подразделениями связи специального назначения ФСО России.

### **Библиографический список**

1. URL : <http://www.tadviser.ru/a/70145>
2. URL : <http://monateka.com/article/76455/>

## ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ СВЯЗИ В ГОДЫ ВОЙНЫ

*А. А. Тришаков, В. В. Помещиков, Д. В. Заварзин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В основу правительственной связи, появившейся в 1930 г., был положен принцип высокочастотного (ВЧ) телефонирования. Он позволяет передавать человеческий голос, «перенесенный» на более высокие частоты, делая его недоступным для прямого прослушивания и давая возможность передавать несколько переговоров по одному проводу.

Первые опыты с внедрением высокочастотной многоканальной телефонной связи проводились с 1921 г. на Московском заводе «Электросвязь» под руководством В. М. Лебедева. В 1923 году ученый П. В. Шмаков завершил опыты по одновременной передаче двух телефонных переговоров на высоких частотах и одного на низкой частоте по кабельной линии протяженностью 10 км.

Большой вклад в развитие высокочастотной телефонной связи внес ученый, профессор Павел Андреевич Азбукин. Под его руководством в 1925 г. на Ленинградской научно-испытательной станции была разработана и изготовлена первая отечественная аппаратура ВЧ-связи, которую можно было использовать на медных телефонных проводах. В 1920 – 1930 годах считалось, что голосовое общение обеспечивает оперативность и дает эффект присутствия, а перенос разговора в область высоких частот гарантирует секретность переговоров. С связи с этим ВЧ-связь была выбрана как основная для целей управления государством. Первая советская аппаратура ВЧ-связи по медным проводам изготовлена в 1925 г. на Ленинградской научно-испытательной станции. Установлена она была на линии Ленинград – Бологое в 1926 г.

Первые линии правительственной ВЧ-связи были протянуты от Москвы в Харьков и Ленинград в 1930 г. и вскоре технология распространилась по всей стране. К середине 1941 г. сеть правительственной ВЧ-связи включала в себя 116 станций, 20 объектов, 40 трансляционных пунктов и обслуживала около 600 абонентов. Работы инженеров того времени позволили также запустить в 1930 г. первую автоматическую станцию Москвы, которая впоследствии проработала 68 лет.

Закрытая система телефонной связи, использующая высокие частоты (ВЧ), была организована в 1930 г. как оперативная связь органов ОГПУ. Впоследствии ей стали пользоваться также высшие гражданские и военные чины. Во время Великой Отечественной Войны ВЧ-связь служила для соединения с командованием фронтов и армий.

Аппараты ВЧ были установлены в высших партийных и правительственных учреждениях Москвы, республиканских, краевых и областных центров СССР, а также в советских посольствах в социалистических странах.

Телефонный аппарат ВЧ-связи, вместе с так называемой вертушкой, был важным статусным символом для представителя советской номенклатуры. «Вертушка» – разговорное название закрытой системы партийной и правительственной телефонной связи в СССР.

Первоначально была создана по указанию Владимира Ленина как внутренняя АТС Кремля. Получила неофициальное (сленговое) название «вертушка», так как в отличие от обычной телефонной сети, где в то время соединение происходило через оператора, абоненты соединялись друг с другом с помощью АТС и дискового номеронабирателя («вертушки»). В дальнейшем система интенсивно расширялась, а также была снабжена выходом на другие системы правительственной и военной связи (так называемая «ВЧ»), которые зачастую также назывались в народе «вертушкой». Более точными являются названия:

- АТС-1 (наиболее престижная система связи для абонентов высшей категории – первые лица государства, министры, заместители министра);

- АТС-2 (более широкая сеть городской правительственной связи – например, аппараты АТС-2 имеют директора департаментов федеральных министерств, руководители и заместители руководителей федеральных служб и агентств).

Как таковая, «вертушка» не является защищенной (предназначенной для ведения секретных переговоров), однако увязана с другими правительственными системами защищенной связи долговременной криптостойкости, в том числе подвижной радиотелефонной («Кавказ») и др.

«ВЧ-связь», «кремлевка», АТС-1 – система защищенных каналов связи, которая и по сей день обеспечивает стабильность и конфиденциальность переговоров руководителей государства, министерств, стратегических предприятий. Методы защиты многократно усложнились и усовершенствовались, но задача осталась неизменной: беречь разговоры государственного уровня от посторонних ушей.

В основу правительственной связи, появившейся в 1930 г., был положен принцип высокочастотного (ВЧ) телефонирования. Он позволяет передавать человеческий голос, «перенесенный» на более высокие частоты, делая его недоступным для прямого прослушивания и давая возможность передавать несколько переговоров по одному проводу.

В годы Великой Отечественной войны Москва ни минуты не оставалась без телефонной связи.

В тот период ученые и инженеры решали задачи по усовершенствованию защиты линий связи и одновременно вели разработки сложной шифрующей аппаратуры. Разработанные системы шифрования были очень высокого уровня и по оценкам руководства армией во многом обеспечили успех воинских операций. Маршал Г. К. Жуков отмечал: «Хорошая работа шифровальщиков помогла выиграть не одно сражение». Сходного мнения придерживался и маршал А. М. Василевский: «Ни одно донесение о готовящихся военно-стратегических операциях нашей армии не стало достоянием фашистских разведок».

### **Библиографический список**

1. URL : <http://www.tadviser.ru/a/70145>
2. URL : <http://monateka.com/article/76455/>

## **РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ Г. ТАМБОВА ВО ВРЕМЯ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

***С. В. Фролов***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Перед Великой Отечественной войной в Тамбове появились зубо-врачебные кабинеты при больницах и амбулаториях. До этого в городе зубо-врачебную помощь оказывали только частно-практикующие врачи. Некоторые из них переоборудовали свои кабинеты, оснастив их педальными бормашинами, считавшимися тогда современными и высокоэффективными образцами медицинской техники.

Вплоть до середины 30-х годов российские дантисты использовали в своей практике ручные дрели, однако их применение позволяло врачу задействовать в лечебном процессе только одну руку, да и то не всегда; часто он был вынужден регулировать действие дрели. Справиться с этой проблемой удалось, когда по решению Наркомата здравоохранения были намечены мероприятия по производству отечественных бормашин. Первая модель советской бормашины педального типа (с ножным приводом) была создана в 1930 г. в ОКБ Сталинградского завода медицинского оборудования. Эта бормашина долгое время оставалась одной из главных принадлежностей зубо-врачебных

кабинетов. Серийный ее выпуск продолжался до 1963 г. В 1950 годы в нашей стране стали выпускать бормашины с электроприводом. Некоторые из них применялись еще в 1990 гг. Эти образцы медицинской техники до недавнего времени были экспонатами Тамбовского музея истории медицины.

Одним из действенных шагов в развитии медицинской техники на Тамбовской земле, сделанным в предвоенные годы, можно считать внедрение аппаратуры глубокого холода. Подобное оборудование впервые было применено на станции переливания крови в Тамбове в 1937 г. До этого донорская кровь могла использоваться только в течение нескольких дней, так как не было технических устройств, которые позволили бы длительное время хранить донорскую кровь. С внедрением аппаратов глубокого охлаждения ее применение стало возможным в течение многих месяцев и даже лет хранения в замороженном состоянии. Этот факт имел большое значение в годы Великой Отечественной войны, когда г. Тамбову было суждено стать крупной госпитальной базой для лечения бойцов и офицеров Красной Армии.

О том, насколько была важна Тамбовская госпитальная база в годы, когда враг находился на расстоянии 170...200 км от города, можно судить по тому факту, что в то время (1942 – 1944 гг.) в Тамбове неоднократно проходили конференции хирургов и других военных врачей фронтов Красной Армии. В августе 1942 г. в такой конференции принимал участие академик Н. Н. Бурденко.

В годы Великой Отечественной войны, как предполагается, жители г. Тамбова сдали наибольшее количество донорской крови среди других городов страны, если считать этот показатель в удельном значении, приходящемся на каждого жителя города в возрасте от 16 до 60 лет. К сожалению, точных данных, подтверждающих это, не обнаружено по причине того, что в трудные годы войны строгий учет донорской крови нельзя было обеспечить. С другой стороны, в документах тех лет [6] не обнаружено жалоб и нареканий на случаи недостатка или отсутствия донорской крови, которая использовалась для раненых, находившихся на излечении в эвакогоспиталях г. Тамбова. Сопоставив эти сведения, приходим к выводу, что в военные годы станция переливания донорской крови в г. Тамбове была оборудована высокотехнологической аппаратурой хранения этого ценнейшего для жизнеобеспечения материала, что и явилось основной причиной ее безупречной работы.

Из того, что нам все же удалось выяснить по материалам областных медицинских конференций тех лет, можно отметить, что именно

к этому периоду времени относится значительное техническое переоснащение операционных помещений городских и районных больниц. В частности, приводились примеры установки нового осветительного оборудования операционных столов. Сегодня только из бесед с ветеранами здравоохранения удалось уяснить, что именно тогда появились первые осветительные устройства, состоящие из набора высоковольтных ламп накаливания, которые были размещены в больших круглых устройствах рефлекторного типа. Последние, в свою очередь, обладали значительной степенью подвижности. Подобная осветительная аппаратура заметно облегчила проведение хирургических операций. В последующие годы эти медицинские светильники были дополнены оптическими светоотражателями.

Активно развивалась рентгенологическая служба Тамбовской области. В 1949 году в Тамбовский тубдиспансер поступил первый флюорограф. Однако пройдет еще много лет прежде чем флюорографическое обследование населения города станет привычным делом и займет подобающее место в диагностике туберкулезных заболеваний.

Послевоенный этап характеризуется резким увеличением различных образцов современной медицинской техники, в том числе электронного и компьютерного вариантов, которые нашли применение в Тамбовских организациях здравоохранения.

## **СИСТЕМА ПЕРЕЛИВАНИЯ КРОВИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

***Я. И. Шнякина, Т. А. Фролова***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В годы Великой Отечественной войны переливание крови было широко распространено на всех этапах лечения раненых, и количество переливаний увеличивалось с каждым годом. Бесперебойная подача крови на фронт позволила спасти жизни тысячам раненых солдат и значительно сократить время, затрачиваемое на лечение. Все это стало возможным благодаря четко организованной системе и специальному оборудованию [1, 2].

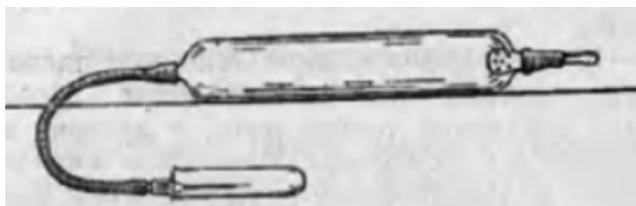
Главными элементами системы переливания крови были: иглы; резиновые и стеклянные трубки; ампулы и банки с матерчатой муфтой, разработанные в Центральном институте переливания крови. В случае отсутствия специальных банок для консервированной крови использовались бутылки.



**Рис. 1.** Элементы системы переливания крови

Игла (с концом средней длины) с канюлей, резиновые трубки и банка должны были представлять замкнутую систему (рис. 1), которая перед использованием тщательно стерилизовалась в автоклаве вместе с консервирующим раствором. В резиновой пробке, закрывающей банку вместе с матерчатой муфтой, находилось два отверстия, через которые вставлялись короткая и длинная стеклянные трубки. Короткая стеклянная трубка служила для прохождения воздуха, на нее надевалась резиновая трубка длиной 8 см с ватным фильтром. К длинной же стеклянной трубке присоединялась резиновая трубка длиной около 45 см вместе с канюлей и иглой. После окончания взятия крови резиновую пробку заменяли стеклянной и осуществляли дальнейшее плотное закрытие, стерилизацию и пломбирование. На контрольном ярлыке после определения писали группу крови.

Взятие крови могло осуществляться также с помощью ампулы (рис. 2) с короткой резиновой трубкой (около 25...30 см), канюлей и иглой. После процедуры трубку прочно закрывали и перерезали, заполняли ярлык с группой крови. При необходимости взятие крови происходило в парно смонтированные ампулы.



**Рис. 2.** Устройство взятия крови

Организация системы переливания крови имела большое значение в лечении раненых солдат, внесла неоценимый вклад в победу в Великой Отечественной войне. Тамбовская станция переливания крови бесперебойно обеспечивала консервированной кровью и стандартными сыворотками Брянский и Воронежский фронты, десятки госпиталей и всю сеть гражданских медицинских учреждений. Всего за годы войны Тамбовская станция переливания крови отправила фронту около 45 тысяч литров консервированной крови, увеличив более чем в 20 раз ее заготовку, благодаря чему были спасены десятки тысяч жизней защитников нашей Родины. Все это являлось возможным и выполнялось при помощи специальных систем, элементы и структура которых описаны в данной работе. В 1944 году по инициативе активных доноров области начат сбор средств на постройку самолета «Тамбовский донор». Всего было собрано более 100 тысяч рублей. Мы понимаем, что в те годы испытаний зарождались принципы безвозмездного добровольного донорства крови в нашей стране.

### Библиографический список

1. **Петровский, Б. В.** Переливание крови в хирургии / Б. В. Петровский. – МЕДГИЗ, 1954.
2. **Смирнов, П. С.** Методы и техника переливания крови в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс] / П. С. Смирнов. – Волгоград, 2018. – URL : <http://www.oboznik.ru/?p=45730>
3. **Фролов, С. В.** Становление базы медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения города Тамбова / С. В. Фролов, А. А. Горелов // История науки и техники. – 2012. – № 8. – С. 37 – 44.

**Секция 2**  
**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**  
**РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ**

---

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ДПЛА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРА КАЛМАНА**

*М. В. Алексеев, В. С. Аустов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА) могут представлять серьезную угрозу, в связи с этим остро встал вопрос их обнаружения и передачи информации об их нахождении соответствующим системам нейтрализации. Но определение координат ДПЛА является сложной задачей, что обусловлено наличием шумов и помех различного происхождения [1, 2].

В данной работе рассмотрен подход к созданию фильтра, позволяющий с относительно высокой точностью предсказывать поведение объекта на основе данных, полученных системой измерителей.

Пусть имеется система измерителей, с выхода которой приходят значения, по которым мы можем судить о положении летательного аппарата. Чаще всего, это дальность  $D$  и угол наклона линии визирования к оси  $x$ ,  $\alpha$  (рис. 1). Получив эти данные в настоящий момент времени и основываясь на данных, полученных в предыдущий момент времени, нужно предсказать с максимальной точностью поведение летательного аппарата в будущем. В рассмотренном примере задача решалась в двухмерном пространстве, что обусловлено не большими изменениями высоты полета, в сравнении с движением по горизонтали.

Пусть ЛА движется по неизвестной наблюдателю траектории, описываемой функцией

$$\frac{x + y - 40}{\sqrt{2}} = -\left(\frac{x - y}{\sqrt{2}}\right)^2,$$

где  $x$ ,  $y$  – его текущие координаты.

При этом измеритель получает сигналы с периодом  $\Delta t$ , которые преобразуются в конкретные значения дальности до летательного аппарата  $D$  и угла наклона  $\alpha$ . От полярных координат: дальности  $D$  и угла  $\alpha$ , можно перейти к более привычной прямоугольной системе координат.

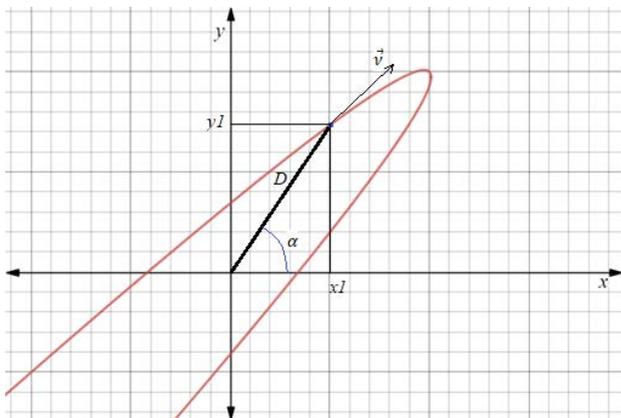


Рис. 1

Из рисунка 1 видно, что:

$$\begin{cases} y_1 = D_1 \sin \alpha_1; \\ x_1 = D_1 \cos \alpha_1. \end{cases}$$

Примем следующие обозначения:

$\bar{x}_{k+1}$ ;  $\bar{y}_{k+1}$  – предсказанные координаты в момент времени  $k + 1$ ;

$x_k$ ;  $y_k$  – полученные от первичного измерителя значения координат в момент времени  $k$ ;

$\eta$ ;  $\xi$  – шумы;

$v_x$ ;  $v_y$  – проекции скорости летательного аппарата на оси  $x$  и  $y$ .

Заметим, что:

$$v_x = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{|x_k - x_{k-1}|}{\Delta t};$$

$$v_y = \frac{|\Delta y|}{\Delta t} = \frac{|y_k - y_{k-1}|}{\Delta t}.$$

Тогда выражения для предсказанных значений координат будут задаваться системой уравнений:

$$\begin{cases} \bar{x}_{k+1} = x_k + v_x \Delta t + \eta; \\ \bar{y}_{k+1} = y_k + v_y \Delta t + \xi. \end{cases}$$

В условиях данной задачи более рациональным будет переход от алгебраической формы записи модели измерения к матричной.

Использование алгоритмов фильтрации приводит к уменьшению величины ошибки. Например, если предположить, что шумы являются белыми гауссовскими, а оцениваемый процесс – марковский, то на выходе можно получить оптимальную оценку по критерию минимума среднего квадрата ошибки.

Рассмотренный выше алгоритм должен содержать адаптивный измеритель, который будет подстраиваться под постоянно изменяющиеся окружающие условия. Это позволит использовать данный фильтр в различных условиях без дополнительной калибровки.

### **Библиографический список**

1. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.

2. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

3. **Алгоритм** дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – М., 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

## **МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КВАДРАТУРНЫХ МЕТОДОВ ФМн**

***В. И. Амелина, А. Д. Худякова, С. Н. Данилов***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Вид модуляции сигналов определяет такие важнейшие показатели систем связи как помехоустойчивость и спектральная эффективность. Важным требованием к сигналам является также возможность использования нелинейных трактов передатчиков без потери помехоустойчивости. Выполнение этих требований одновременно бывает труднодостижимо и часто приходится принимать компромиссные решения [1, 2].

В этой работе предложена модель QPSK-OQPSK модулятора с основным дискретом  $\pi/2$ , созданная на основе пакета MathCad. В этом методе модуляции все импульсы входной последовательности модулятора разбиваются на пары – двухбитовые символы. При пере-

ходе от символа к символу начальная фаза сигнала изменяется на величину, которая определяется битами символа.

При QPSK модулирующий сигнал представляет собой последовательность четырехпозиционных символов, выбираемых из алфавита с четырьмя двухразрядными двоичными словами (00, 01, 10, 11), которые определяют фазу модулированного колебания.

Для формирования символов входной последовательный поток битов надо распределить на два субпотока, в каждом из которых тактовая частота будет в два раза меньше, чем на входе (рис. 1).

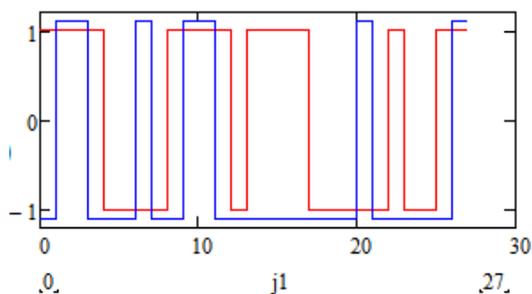


Рис. 1. Представление квадратур OQPSK сигнала в модели

Для сигналов с OQPSK все возможные значения фазы радиосигнала кратны  $\pi/4$ , а максимальный скачок фазы равен  $135^\circ$ . При этом ни одна из траекторий фазовых переходов не проходит через начало координат (рис. 2).

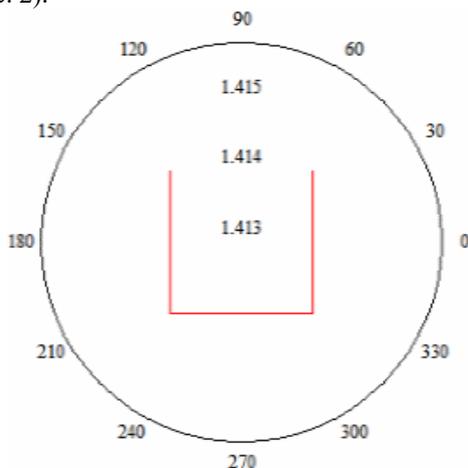
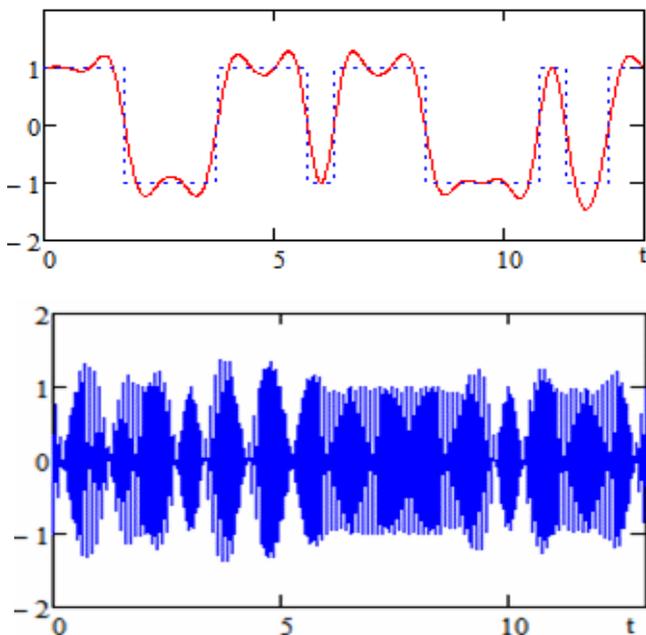


Рис. 2. Пример сигнального созвездия OQPSK



**Рис. 3. Вверху – аналоговый сигнал OQPSK после «обкатки»;  
внизу – высокочастотная реализация сигнала**

Каждая пара входных битов определяет приращение фазы несущего колебания на величину  $\Delta\varphi_i$ . Модель позволяет для выбранной информационной последовательности построить аналоговую реализацию сигнала на выходе ЦАП (рис. 3, вверху), а затем перенести его на высокую частоту (рис. 3, внизу).

Далее в модели реализована приемная часть канала связи в виде синхронного детектора. На выходе модели синхронного детектора предусмотрен фильтр нижних частот Баттерворта третьего порядка. Сигнал на демодуляцию поступает в аддитивной смеси с шумом, что позволяет оценить действие шума на количество битовых ошибок в канале связи.

### **Библиографический список**

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

2. **Прогнозирование** квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Т. И. Чернышова, С. В. Петров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 374 – 380.

3. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.

## МОДЕЛЬ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ ПЕРЕДАТЧИКА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

*Е. А. Антонов, К. Д. Раев, С. Н. Данилов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Многие виды сигналов, использующихся в радиосвязи, требуют линейного усиления по мощности в передатчике, например, сигналы с квадратурной амплитудно-фазовой модуляцией или сигналы на выходе OFDM модулятора.

OFDM используется в таких стандартах как: DVB-T2, 4GLTE, wi-fi (IEEE 802.11). Для передачи такого сложного сигнала, как сигнал OFDM, необходимо обеспечить его усиление без искажения. При этом амплитуда сигнала сильно изменяется.

На рисунке 1 показаны графики типичного модулирующего сигнала и амплитудно-модулированного сигнала, подаваемого на вход нелинейного усилителя мощности.

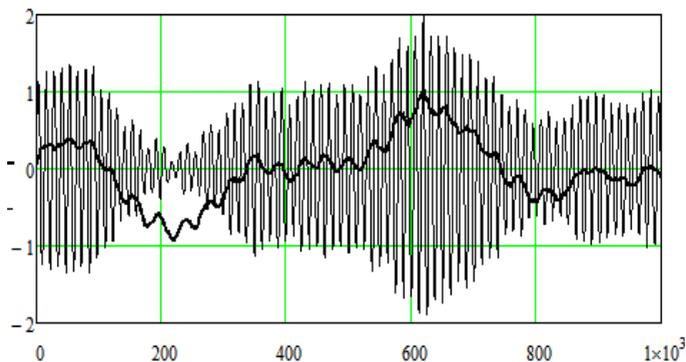


Рис. 1

Передатчики, выполненные по традиционной схеме, не подходят для такой задачи, из-за низкого КПД обусловленного необходимостью работы усилителя мощности в линейном режиме. Высокие энергозатраты не позволяют использовать его в мобильных устройствах. Поэтому целесообразнее использовать схемы нелинейных усилителей, но при этом все же обеспечить линейное усиление сигнала. Для решения этой задачи используют три подхода к созданию схемы таких передатчиков[1]: передатчик, в котором происходит усиление методом дефазирования; передатчик, построенный по схеме Доггерти; передатчик с модуляцией в петле обратной связи.

При создании модели было принято, что усилитель мощности передатчика имеет кусочно-линейную амплитудную характеристику.

Алгоритм модели выполняет операции в соответствии со схемой передатчика: производит амплитудную модуляцию, усиление в усилителе с нелинейной амплитудной характеристикой, производит демодуляцию и сглаживание сигнала фильтром низких частот в цепи обратной связи, а также и демодуляцию, и сглаживание сигнала на приемной стороне для оценки количества ошибок в канале связи.

В рассматриваемом варианте модели использованы различные схемы цифровых КИХ фильтров и исследовано их влияние на результирующую величину битовой ошибки [2, 3].

На рисунке 2 показан модулирующий сигнал на входе и на выходе демодулятора приемной стороны. Видно, что сигналы практически совпадают по форме, за исключением некоторого отличия из-за переходного процесса в начале.

Одним из недостатков обработки сигнала в линии связи с таким передатчиком являются повышенные требования к схеме фильтра на выходе демодулятора.

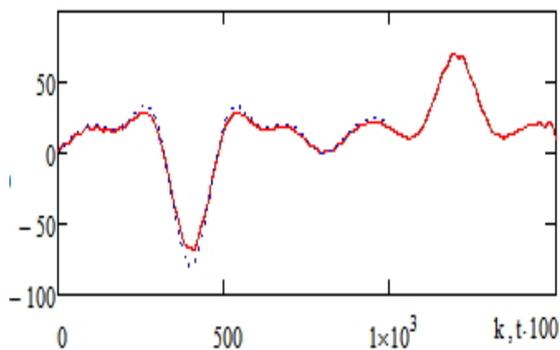
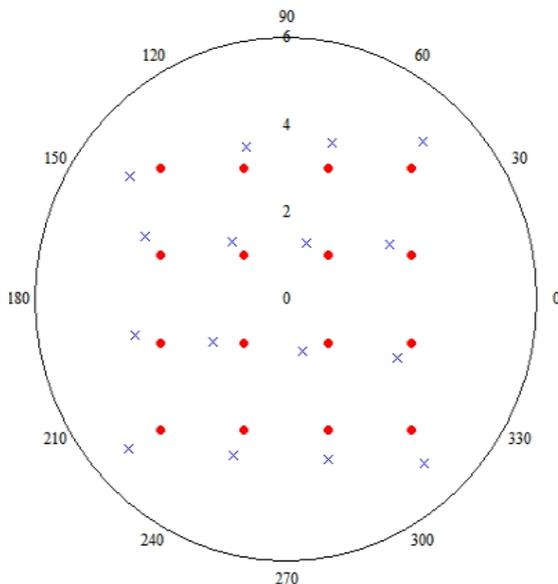


Рис. 2



**Рис. 3**

В качестве результата работы модели на рис. 3 показано фазовое созвездие передаваемого сигнала (точки) и принятого сигнала (крестики). Видно, что происходит искажение созвездия в процессе передачи, но в основном все значения фаз символов должны быть идентифицированы без ошибок.

### **Библиографический список**

1. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. **Прогнозирование** квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Т. И. Чернышова, С. В. Петров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 374 – 380.
3. **Курносков, Р. Ю.** Применение метрологического анализа при оценке метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя / Р. Ю. Курносков, Т. И. Чернышова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 122–123.

## СИНТЕЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

*М. В. Бесперстов, Н. А. Кольтюков*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Из всех производственных затрат энергии большая доля (до 60%) приходится на установки с электроприводами, поэтому возникает необходимость применения систем оптимального энергосберегающего управления, и одной из задач возникающих при этом является задача синтеза энергосберегающего управления.

Из задач синтеза рассмотрим две следующие задачи: синтез в реальном времени и оперативный синтез алгоритмического обеспечения системы управления. Обе эти задачи решаются на основе результатов полного анализа оптимального управления.

Задача синтеза в реальном времени энергосберегающих управляющих воздействий при программной стратегии, т.е. для моделей задач оптимального управления (ЗОУ) вида  $\langle M, F, S = S_{пр}, O \rangle$ , решается непосредственно управляющим устройством и заключается в следующем. Для заданного массива исходных данных  $R_h$  в состоянии функционирования  $h$  требуется за время  $\Delta t$ , не превышающего шаг дискретизации работы микропроцессорного устройства управления, рассчитать значения вектора синтезирующих переменных  $L_h$ , затем по значению  $L_h$  определить вид функции ОУ и ее параметры. Если значение  $L_h$  лежит за пределами допустимой области, то выдается сигнал об отсутствии решения ЗОУ для значений массива  $R_h$ . В случае изменения значения переменной состояния функционирования  $h$  за время  $\Delta t$  определяются новые значения  $L_h$ , вид и параметры функции ОУ.

Аналогично эта задача синтеза формулируется и при использовании позиционной стратегии (модель ЗОУ  $\langle M, F, S = S_{пз}, O \rangle$ ), но здесь при каждом изменении  $h$  определяются вид и параметры синтезирующей функции.

Вторая задача – синтез алгоритмического обеспечения системы энергосберегающего управления решается в автоматизированном режиме проектировщиком и формулируется следующим образом. Задаются модель объекта управления  $M$ , вид минимизируемого функционала  $F$ , ограничения и условия  $O$ , интервалы, в которых могут находиться компоненты массива  $R$  при реальной эксплуатации, т.е.

$$R = (A, B, U_H, U_B, \dots),$$

где  $A$  – область возможных значений параметров  $A$  и т.д.

Требуется определить стратегию  $S$  реализаций ОУ, наиболее соответствующих условиям эксплуатации, и алгоритм  $\alpha$  синтеза управляющих воздействий  $U^*(t)$  при любых изменениях  $R$  в пространстве значений  $R$ . В данном случае множество  $H$  состояний функционирования континуально. Здесь важным этапом синтеза является выделение в пространстве синтезирующих переменных области  $L$ , соответствующей  $R$ , и сопоставление ее с  $L_{\text{доп}}$ . Алгоритм  $\alpha$  должен предусматривать определение управляющих воздействий для значений  $L \in L$ , при которых решение ЗОУ не существует ( $L \notin L_{\text{доп}}$ ).

Следует заметить, что задача выбора наилучшей стратегии реализации ОУ в ряде случаев рассматривается как самостоятельная задача на принятие оптимального проектного решения при создании алгоритмического обеспечения

### Библиографический список

1. **Кольтюков, Н. А.** Оптимальное энергосберегающее управление смесительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов: дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Кольтюков ; ТГТУ. – Тамбов, 2002. – 174 с.

2. **Белоусов, О. А.** Энергосберегающее управление группой мощных аппаратов с электронагревом / О. А. Белоусов, Н. А. Кольтюков, Ю. Т. Зырянов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 5(65). – С. 27 – 29.

3. **Данилов, С. Н.** Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированной на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

4. **Данилов, С. Н.** Алгоритм сопровождения с реконfigurацией модели / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Р. А. Ефремов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 3. – С. 418 – 423.

5. **Данилов, С. Н.** Мультимодельный алгоритм сопровождения со сниженными вычислительными затратами / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Р. А. Ефремов // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тез. докл. 2-й Междунар. конф. с элементами научной школы. Тамбов, 22 – 24 апреля 2015 года. – С. 304–305.

## **МАЛЫЙ УЧЕБНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ИМИТАТОР ПРОТЯЖЕННОГО ЧЕРНОГО ТЕЛА**

*А. П. Бесшапошникова, К. А. Клочков, А. В. Печаткин*

*Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьева (г. Рыбинск)*

Развитие малой беспилотной и роботизированной авиации, успешно решающей вопросы поиска, наблюдения и регистрации различных объектов, поддержки деятельности МЧС, а также активное освоение Арктики, предполагает активное использование бортового тепловизионного оборудования. Независимо от функциональной и конструктивной сложности такое оборудование в обязательном порядке должно подвергаться калибровке, как во время выпуска, так и в процессе эксплуатации, в том числе с целью адаптации к динамически меняющимся условиям использования.

Следует также отметить, что как при калибровке, так и при эксплуатации инфракрасное излучение активно вступает во взаимодействие с содержащимися в воздушном пространстве молекулами двуокиси углерода и воды, вызывая поглощение части излучения и генерацию побочного излучения в соответствии с собственной температурой излучаемого тела. Таким образом, калибровку необходимо осуществлять в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным,

и чем разнообразнее будут эти условия, тем эффективнее калибруемое устройство будет выполнять эксплуатационную задачу.

Для успешного решения проблем калибровки необходимо подготовить соответствующих специалистов, способных эффективно решать как технологические, так и проектные задачи. С этой целью в рамках одной из программ целевой подготовки на базе предприятия-партнера АО «Ростовский оптико-механический завод» было принято решение реализации проекта по созданию модульного лабораторного калибровочного комплекса, направленного на решение учебных и прикладных исследовательских задач. Проект предусматривает создание универсального малогабаритного комплекса для выполнения процессов калибровки тепловизионных устройств малой и средней оптической апертуры, в условиях, имитирующих воздействия окружающей эксплуатационной среды, а также для проведения совмещенных испытаний на внешние факторы, вызывающие немедленную и накапливаемую реакцию бортового радиоэлектронного и тепловизионного оборудования. Такой универсальный комплекс представляет интерес и для

решения задач пассивного термографического наблюдения малозаметных объектов и целей в условиях повышенной влажности и низких температур, в том числе снежных и ледяных торосов, т.е. в условиях избыточного фона, поглощающего и переотражающего инфракрасное излучение.

В настоящее время в рамках реализации данного проекта успешно завершена разработка малого учебного лабораторного калибровочного излучателя – имитатора протяженного черного тела. Результаты испытаний подтверждают данных от полученных ранее аналитических моделей. Следующим шагом является реализация универсальной калибровочной испытательной рабочей камеры с собственной системой управления, и объединение модулей калибровки и испытаний в единую автоматизированную систему.

Проектирование и внедрение модульного технологического комплекса помимо своего основного назначения направлено на решение целого ряда дополнительных научно-технических задач: исследование процессов формирования управляемого высокоточного равнотемпературного поля на основе инверсных термоэлектрических модулей; изучение поведения граничного температурного поля на неоднородной вертикальной поверхности в условиях квазистабильного микроклимата и теплового баланса изолированных технических и неизолированных полевых лабораторий; исследование вопросов управления процессом образования инея и конденсата на излучающей поверхности и др.

### **Библиографический список**

1. **Бесшапошникова, А. П.** Особенности организации и выполнения автоматизированной многоточечной калибровки бортового тепловизионного оборудования для малых беспилотных летательных аппаратов / А. П. Бесшапошникова, К. А. Клочков, А. В. Печаткин // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2019 : сб. матер. XII Всерос. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов. – Иркутск : Иркутский филиал МГТУ ГА, 2019

2. **Клочков, К. А.** Инфракрасный модульный протяженный излучатель для калибровки оптико-электронной и тепловизионной аппаратуры малой и средней оптической апертуры в составе универсального технологического комплекса / К. А. Клочков, А. П. Бесшапошникова, А. В. Печаткин // Гагаринские чтения–2019 : сб. тез. докл. XLV ММНК. – М. : МАИ, 2019. – С. 265–266.

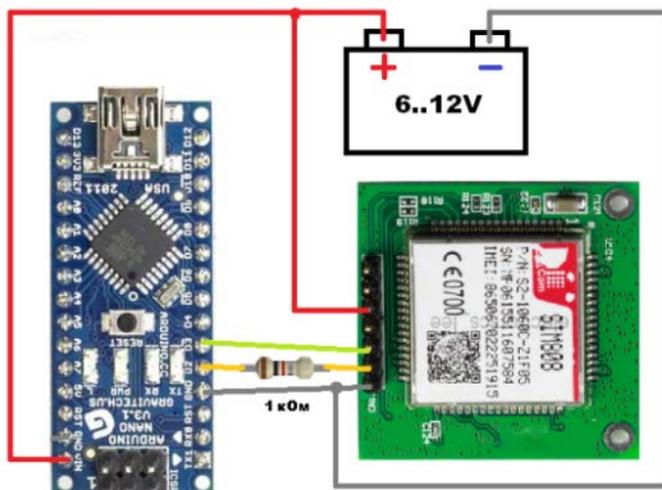
## ПОРТАТИВНЫЙ GPS ТРЕКЕР В ФОРМЕ БРАСЛЕТА

*А. В. Бочаров, Д. А. Стежкин, А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева*

*Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж)*

Разрабатываемое устройство не является новым. Оно относится к системам навигации, охраны и мониторинга подвижных объектов с помощью спутниковой связи. Рынок данного направления широко представлен различными моделями, однако большинство из них являются крупногабаритными и предназначены для использования в автомобилях. Зарубежные аналоги не поддерживают стандарт Российской спутниковой системы GLONASS и обладают высокой стоимостью.

Разработанный нами GPS трекер в форме браслета будет выполнен на базе микроконтроллера Atmega 328p. За определение координат будет отвечать комбинированный GPS/ГЛОНАСС модуль SIM5360E. Он поддерживает наиболее популярные частоты, включая Российскую спутниковую систему навигации ГЛОНАСС. Структурная схема проектируемого устройства представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема GPS трекера**

Наиболее часто браслет будет использоваться на улице, поэтому следует предусмотреть большой диапазон рабочих частот и высокую степень пыле- и влагозащиты. Материал самого браслета должен удовлетворять вышеперечисленным требованиям, а также быть приятным

тактильно и не раздражать кожу. Лучше всего подходит силикон, из которого изготавливают большинство браслетов и ремней для наручных часов.

Программное обеспечение для работы нашего устройства разбито на две части: скетч для микроконтроллера и сервер, который передает данные на HTML-страницу, на которой отображается расстояние, пройденное пользователем браслета. Сервер сохраняет координаты всего маршрута, и выводится клиенту. За HTML-страницу были взяты «Яндекс карты», чтобы выводить маршрут пользователю. Блок-схема работы базы данных и сервера приведена на рис. 2.

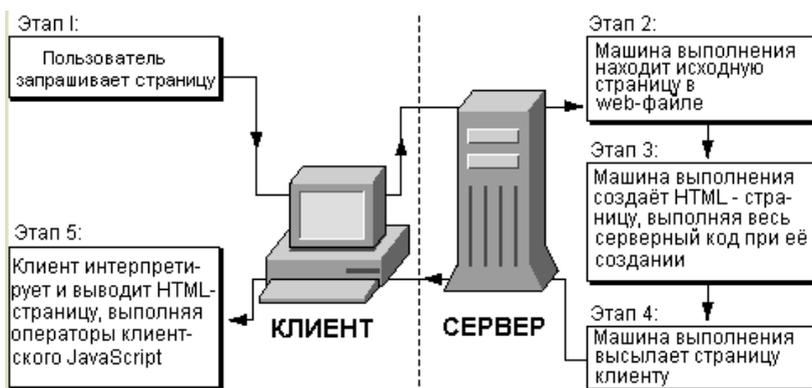


Рис. 2. Схема работы базы данных и сервера

### Библиографический список

1. **Глобальные** навигационные спутниковые системы : учебное пособие. – М. : МИИГАиК, 2017. – 76 с.
2. **Особенности** разработки беспроводного устройства приема, хранения и передачи данных / А. И. Сукачев, П. С. Чесноков, И. С. Мишустин, А. В. Русанов // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сб. науч. ст. по итогам второй Междунар. науч. конф. – 2020. – С. 180 – 182.
3. **Веденеев, А. В.** Разработка аппаратно-программного комплекса «SmartCar» / А. В. Веденеев, В. А. Щедрин, А. И. Сукачев // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона : сб. докл. регион. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2016. – С. 108 – 110.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ УЗКОПОЛОСНЫХ СОГЛАСУЮЩИХ ЦЕПЕЙ**

***В. В. Виноградов, М. П. Скворцов, А. В. Печаткин***

*Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьева (г. Рыбинск)*

Эффективное решение задач проектирования радиоэлектронных изделий требует формирования множественных схемотехнических, конструкторских и технологических решений, благодаря которым возможен взвешенный и обоснованный выбор наиболее оптимального варианта, наиболее полно удовлетворяющего требованиям технического задания. Данное утверждение справедливо не только для всего изделия, но и для составляющих его каскадов и цепей. Наиболее востребованными в практике проектирования СВЧ устройств являются цепи согласования сигнальных и силовых пассивных и активных электронных цепей [1].

Наибольший интерес с точки зрения автоматизированного проектирования представляют универсальные аналитические методики, одна из которых была подробно рассмотрена в [1 – 3]. В этих работах также были отражены особенности применения этой методики и устранение ограничений при ее использовании для расчета в «зонах недостижимости», т.е. при переходе от цепей вида  $LC$  и  $CL$  к цепям вида  $LL$  и  $CC$ . При этом основное внимание уделялось расчету через комплексные проводимости источника и нагрузки.

Дальнейшее развитие компьютерной модели, реализующей аналитический метод расчета, позволило выявить факт того, что искусственное ограничение методики справедливо лишь при стандартном подходе к проектированию реактивных цепей согласования, т.е. при шунтировании того компонента (источника или нагрузки), у которого больше активное сопротивление или модуль комплексного сопротивления.

Новая модель аналитического автоматизированного проектирования не только возвращает утраченный ранее независимый расчет по методикам сопротивлений и проводимостей, но и позволяет применить шунтирование к меньшему сопротивлению. Благодаря такому нестандартному подходу формируется полная матрица возможностей, аккумулирующая все доступные, в том числе избыточные, варианты реализации реактивных низкочастотных и высокочастотных согласующих цепей.

Обработка матрицы позволяет получить варианты практической реализации, не имеющие комплексных или отрицательных номиналов реактивных компонентов, а также исключающие применение нереализуемых на практике значений, например, индуктивностей в сотню и более Генри. Благодаря проведенной модернизации и дополнительной обработке данных удалось существенно расширить множество доступных для практической реализации вариантов, в том числе не предусмотренных в исходной аналитической модели. Так, например, в выходной матрице доступных реализаций, помимо «вырожденных» до одного последовательного реактивного компонента, появились варианты с единственным шунтирующим элементом (параллельно включенной емкостью или индуктивностью).

Все варианты возможных решений были проверены с помощью визуального проектирования на основе электронной диаграммы Смита, доказав свою состоятельность. Дальнейшее развитие компьютерной модели планируется проводить в направлении расчета полных параметров реализуемых вариантов согласующих цепей и замены расчетных значений на номинальные значения рядов промышленно выпускаемых реактивных электронных компонентов.

### Библиографический список

1. **Сахарчук, В. В.** Особенности аналитического компьютерного расчета и моделирования согласующих СВЧ трансформаторов в «зонах недостижимости» / В. В. Сахарчук, А. В. Печаткин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II ВНК. В 2-х ч. Ч. 2. – Комсомольск-на Амуре : ФПБОУ ВО «КнАГУ». – С. 438 – 440.

2. **Сахарчук, В. В.** Устранение недостатков аналитического расчета узкополосных цепей согласования с помощью визуального проектирования на основе электронной диаграммы Вольперта-Смита / В. В. Сахарчук, Е. А. Ильин, А. В. Печаткин // Гагаринские чтения–2019 : сб. тез. докл. XLV ММНК. – М. : МАИ, 2019. – С 500–501.

3. **Сахарчук, В. В.** Модернизация аналитической модели для инвариантного расчета узкополосных согласующих трансформаторов на сосредоточенных компонентах / В. В. Сахарчук, Е. А. Ильин, А. В. Печаткин // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития», посвященной Дню радио и связи : материалы IV Всерос. молодежной науч. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 47 – 49.

## **СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРАМИ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

*С. С. Граськин<sup>1</sup>, С. П. Хрипунов<sup>2</sup>, С. С. Хрипунов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*МГТУ им. Н. Э. Баумана (г. Москва),*

<sup>2</sup>*Фонд перспективных исследований (г. Москва),*

<sup>3</sup>*АО «Бортовые аэронавигационные системы» (г. Москва)*

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к исследованиям в области группового управления робототехническими комплексами (РТК) вследствие неуклонного роста числа прикладных задач, требующих:

- одновременного выполнения нескольких разнородных функций, например, при решении разведывательно-ударных задач;
- охвата обширных территорий, например, при мониторинге протяженных объектов;
- гарантированного достижения результата, например, при поражении критически важных и особо опасных объектов противника;
- оперативного выполнения задания (миссии), например, при проведении поисково-спасательных операций терпящих бедствий экипажей [1 – 3].

Практический опыт применения РТК в реальных условиях боевой обстановки свидетельствует о сложности организации группового применения и работы операторов управления по причине, с одной стороны, невысокой автономности существующих РТК, которые, в большинстве своем, являют собой дистанционно управляемые машины, а с другой – вследствие ограниченности психофизических возможностей командиров-операторов и недостаточного уровня их командно-тактической выучки [4].

В связи с этим весьма актуальным видится дальнейшее расширение функциональной самостоятельности и ресурсной самодостаточности (автономности) РТК, а также разработка и создание систем поддержки принятия решений операторами группового управления РТК в интересах обеспечения своевременности принятия решений, повышения качества и удобства управления РТК в динамично изменяющейся, заранее непредсказуемой враждебной среде с организованным противодействием [5].

Особого внимания при этом заслуживают исследования, направленные на автоматизацию процессов коллективного взаимодействия и распределения заданий между РТК в группе, в частности, в ходе решения задач, связанных с целераспределением при атаке группы объек-

тов противника (в предположении, что используемые при этом РТК обладают достаточной автономностью).

Данная задача помимо ранее перечисленных особенностей характеризуется высокой комбинаторикой вариантов решения, большой размерностью модели управления и необходимостью моделирования не только динамики движения и других процессов, но и логики рассуждений командиров-операторов при выработке тактических решений.

Это требует для автоматизации решения задачи целераспределения привлечения помимо классических методов теории автоматического управления методов искусственного интеллекта, таких как: ситуационного моделирования, рефлексивного прогнозирования, нечеткой логики, ассоциативных рассуждений и др. для учета неопределенностей как собственно человеческих рассуждений, так и ситуаций принятия решений.

При этом качество функционирования системы поддержки принятия решений и, соответственно, качество группового управления РТК определяется качеством формируемых системой тактических решений.

Поскольку каждому варианту тактического решения соответствует конкретный результат применения и, следовательно, конкретное значение показателя эффективности, постольку общее выражение для определения эффективности группового применения РТК можно представить в следующем виде:

$$\overline{W_{БД}} = \sum_{i=1}^N P_{U_i} W_{БД_i},$$

где  $\overline{W_{БД}}$  – эффективность применения группы РТК;  $P_{U_i}$  – вероятность принятия  $i$ -го тактического решения ( $i = \overline{1, N}$ );  $W_{БД_i}$  – значение показателя эффективности при принятии  $i$ -го тактического решения;  $N$  – число возможных для конкретной обстановки (ситуации) тактических решений;  $\sum_{i=1}^N P_{U_i} = 1$ , как сумма вероятностей несовместных событий, образующих полную группу.

Выражение для определения  $\overline{W_{БД}}$  представляет собой неубывающую функцию. Отсюда следует, что выигрыш в эффективности группового применения РТК можно получить, с одной стороны, за счет повышения показателя  $W_{БД_i}$ , который зависит от тактико-технических характеристик РТК, а с другой – за счет увеличения вероятности  $P_{U_i}$  принятия наилучшего (по значению показателя  $W_{БД_i}$ )  $i$ -го тактического решения.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что системы поддержки принятия решений операторами группового управления РТК являются одним из важнейших резервов повышения эффективности группового применения РТК.

### **Библиографический список**

1. **Каляев, И. А.** Распределенные системы действий коллективов роботов / И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, С. Г. Капустян. – М. : Янус-К, 2002. – 292 с.
2. **Каляев, И. А.** Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, С. Г. Капустян. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 280 с.
3. **Групповое** управление подвижными объектами в неопределенных средах / под ред. В. Х. Пшихопова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 305 с.
4. **Ермолов, И. Л.** Проблемы группового применения робототехнических комплексов военного назначения и пути их решения / И. Л. Ермолов, С. П. Хрипунов, С. С. Хрипунов // Мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2019). – Таганрог : НИИ МВС, 2019. – Т. 2. – С. 136 – 138.
5. **Хрипунов, С. П.** Приоритетные направления развития военной робототехники / С. П. Хрипунов, И. В. Благодарящев, Р. С. Климов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 294 с. (с. 280 – 286).

### **АППАРАТНЫЙ ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ИСТОЧНИКОМ ЭНТРОПИИ**

***И. М. Романенко, С. Н. Данилов***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Сигнал хорошего источника шума должен быть равномерно распределен по всей ширине диапазона, который, при этом, стремится к бесконечности (обычно на практике удается достичь не более нескольких мегагерц) [1, 2]. В связи с этим, для различных задач требуется подбор оптимального источника шума (энтропии). Традиционно в качестве источников шума в радиотехнике применяют полупроводниковые приборы: специальные шумовые диоды, транзисторы, стабилитроны. Также для генерации шумового сигнала применяют интегральные стабилизаторы напряжения.

Примеры двух типичных источников энтропии приведены в табл. 1.

### 1. Примеры источников энтропии

Алгоритм	Источник энтропии	Генератор СЧ	Достоинства	Недостатки
SecureRandom	Взаимодействие между потоками	SHA-1-хеш внутреннего состояния	Большое внутреннее состояние	Медленный сбор энтропии
RdRand	Шумы токов	На основе «случайного» битового считывания значений токов	Очень быстрый	Имеются только данные разработчиков

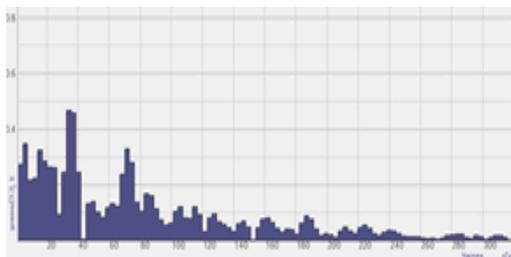
Среднеквадратичный уровень напряжения сигнала стабилизаторов – 6 мкВ, транзисторов 4 мкВ, специальных приборов, как правило не превышает 35 мкВ несмотря на их неоспоримые достоинства по сравнению с остальными традиционными источниками шума, они еще и весьма дороги.

Потенциально широким спектром шумового сигнала (десятки мегагерц) обладают высокочастотные транзисторы, но уровень их сигнала очень низок, что требует наличия высококачественного высокочастотного усилителя, что приводит к неоправданно сильному удорожанию будущей конструкции [3].

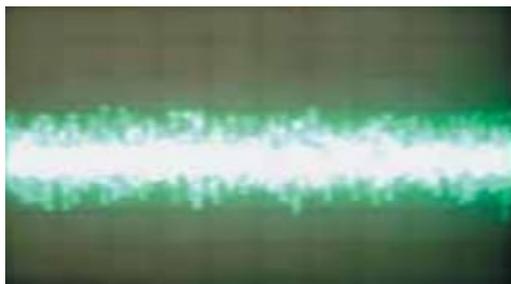
Сигнал, получаемый при использовании стабилизатора, достаточно стабилен, и лучше прочих отвечает требованиям к качеству, но ширина спектра обычно не превышает 1...2 мегагерц. Основная сложность использования стабилизатора в качестве источника сигнала в том, что все приборы даже из одной партии имеют различную характеристику шумового сигнала.

Среднеквадратичный уровень напряжения сигнала интегральных стабилизаторов напряжения достигает 500...800 мкВ, и сигнал, получаемый от данных приборов можно использовать без предварительного усиления. Однако спектр получаемого сигнала ограничивается шириной от 10 гц до 100 Кгц. На рисунке 1 представлен спектр сигнала, полученного при использовании интегрального стабилизатора напряжения в качестве источника шума.

На рисунке 2 представлен сам сигнал, полученный при использовании интегрального стабилизатора напряжения в качестве источника шума.



**Рис. 1. Спектр сигнала интегрального стабилизатора**



**Рис. 2. Сигнал интегрального стабилизатора**

Исследования показали, что генератор шума создает устойчивый сигнал достаточной амплитуды, но этот шум не белый, а розовый, что характерно для фликкер-эффектов полупроводниковых приборов. Поэтому необходим еще обесцвечивающий фильтр на выходе генератора.

### **Библиографический список**

1. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. **Прогнозирование** квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Т. И. Чернышова, С. В. Петров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 374 – 380.
3. **Курносков, Р. Ю.** Применение метрологического анализа при оценке метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя / Р. Ю. Курносков, Т. И. Чернышова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 122–123.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ДЕКАМЕТРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

*А. М. Карпель, А. В. Рябов*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В настоящее время уделяется большое внимание развитию систем декаметровой (ДКМ) радиосвязи, которое идет по пути разработки, внедрения и совершенствования способов автоматического установления и адаптивного ведения связи. Известные способы адаптивного ведения связи основаны на управлении параметрами радиолиний по частоте, скорости передачи информации, мощности, виду модуляции, способу кодирования и др., либо их комбинацией в рамках многопараметрической адаптации [1]. При этом, возможности адаптивного управления структурным ресурсом систем ДКМ радиосвязи на сетевом уровне в настоящее время не реализованы. Таким образом, дальнейшее развитие ДКМ радиосетей является актуальной задачей.

На сегодняшний день отсутствуют российские стандарты, регламентирующие автоматическое установление и адаптивное ведение ДКМ радиосвязи. В то же время за рубежом приняты и развиваются стандарты информационного обмена, такие как MIL-STD-188-141, HF DL, STANAG 4539, STANAG 5066 [2]. Перечисленные стандарты регламентируют процедуры автоматического составления каналов, применение сигнально-кодовых конструкций и их адаптацию к состоянию канала в ходе обмена данными, а также сетевые проблемы многопользовательского использования ДКМ радиоканалов [2]. Указанные стандарты требуют постоянный автоматический мониторинг ионосферы, обеспечивающий оперативное определение оптимальной рабочей частоты и позволяют достичь надежности в канале не менее 0,90...0,95 со скоростями передачи данных от 75 бит/с до 9,6 Кбит/с [2]. Однако, протоколы рассматриваемых стандартов регламентируют установку соединения по типу радионаправления или, как частный случай, сеть, построенную по топологии «звезда» с выделением главной станции, что снижает возможность адаптивного управления структурой сети.

В работе предлагается рассматривать сеть ДКМ радиосвязи как единый, целостный элемент – кластер ДКМ радиосвязи, с широкими вариативными возможностями по установлению связи между его элементами. Элементы кластера – средства ДКМ радиосвязи.

Практическая реализация такой радиосети требует разработки программно-аппаратного комплекса, позволяющего реализовать способы многоуровневой адаптации и вариативной маршрутизации. И, если по вопросам функционирования кластера на канальном и физическом уровне имеется опыт зарубежных специалистов, то протоколы сетевого уровня для ДКМ радиосвязи, способные решать поставленные задачи, на сегодняшний день отсутствуют.

Основная задача искомого протокола – составление маршрута между двумя станциями может быть решена на основе итеративного алгоритма Дейкстры [3]. В соответствии с этим алгоритмом, каждый элемент сети ищет оптимальные маршруты до всех других элементов. При изменении информации о графе связей сети, каждая станция обновляет оптимальные маршруты и корректирует таблицу маршрутизации.

Поиск оптимального маршрута между двумя станциями сети по предлагаемому протоколу начинается с выбора метрики. Наиболее обоснованно применение метрик, учитывающих качественную и количественную оценку радионаправлений. При этом важнейшим условием является выбор пороговых значения критериев, характеризующих качество связи. Количественные значения метрик прописываются при первоначальной настройке станций сети.

Алгоритм протокола осуществляет расчет значений для всех возможных радиолиний, при условии вхождения параметров радионаправлений в заданные ограничения. После чего радиолиния организуется по наиболее оптимальному маршруту.

Построение предложенного кластера возможно на базе перспективных средств ДКМ радиосвязи после интеграции в них программно-аппаратного комплекса с поддержкой протоколов физического, канального и сетевого уровня. Практическая реализация предложенного кластера позволит повысить устойчивость сетей ДКМ радиосвязи.

### Библиографический список

1. **Лузан, Ю. С.** Адаптивная радиосвязь в ДКМ диапазоне частот. Современное состояние и перспективы развития / Ю. С. Лузан, Н. П. Хмырова // Техника радиосвязи. – 2008. – Вып. 13. – С. 3 – 24.
2. **Березовский, В. А.** Современная декаметровая радиосвязь / В. А. Березовский, В. А. Дулькейт, О. К. Савицкий. – М. : Радиотехника, 2011. – 444 с.
3. **Олифер, В. Н.** Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы / В. Н. Олифер. – М. : Питер Спб, 2019. – 992 с.

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ НЕПРЕРЫВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОПУСКАМИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ИЗДЕЛИЯ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА**

***Ж. Е. Кежжахметов, И. А. Рахметов, А. В. Печаткин***

*Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьева (г. Рыбинск)*

Современные технологии сквозного схемотехнического проектирования используют прогрессивные инструменты численного анализа и имитационного компьютерного моделирования. САПР позволяют задавать как типовые, так и пользовательские законы распределения случайных величин, к которым, прежде всего, относятся допуски на номиналы пассивных и активных электронных компонентов (ЭРЭ), поступающих на конвейер для массовой сборки изделий [1, 2]. Для оценки влияния допусков номинальных значений ЭРЭ на выходные параметры проектируемого электронного изделия используются вероятностные модели, в которых влияние случайных факторов учитывается с помощью задания вероятностных характеристик случайных процессов (законов распределения, спектральных плотностей вероятностей, функций корреляции) [3].

Несмотря на развитие специализированных САПР, разработка сценариев для имитационного моделирования с целью выявления влияния допусков ЭРЭ на выходные параметры изделия и назначения оптимальных допусков, обеспечивающих удержание параметра в требуемом диапазоне при массовом выпуске, остается крайне трудоемкой и актуальной задачей. Необходимо отметить и низкий уровень оперативности передачи в единое информационное пространство проекта численных значений, полученных в ходе имитационного моделирования. Кроме того, любое изменение в электрической принципиальной схеме влечет за собой повторное выполнение сценария моделирования в полном объеме [3].

Одним из решений данной задачи является разделение сложной принципиальной схемы на относительно простые функциональные фрагменты (каскады, узлы), позволяющие синтезировать аналитическую зависимость (комплексную передаточную функцию) между номиналами использованных ЭРЭ и анализируемым функциональным параметром. Одним из возможных способов решения является извест-

ный дифференциальный метод расчета коэффициентов влияния и вычисление комплекса типовых технологических индикаторов: индексов воспроизводимости и возможностей; коэффициентов точности и запаса точности; технологической надежности изделия; коэффициентов мгновенного рассеяния и смещения; технологической воспроизводимости и управляемости изделия; контрольных границ и вероятностей получения брака по этим границам [1].

По аналогии с машиностроительными размерными цепями в процессе аналитического расчета допусков ЭРЭ можно выделить прямую (расчет допусков ЭРЭ на основании требований к допуску выходного параметра) и обратную (расчет допуска выходного параметра на основании доступных допусков номиналов ЭРЭ) задачи.

Однако корректность использования дифференциальной модели в аналитическом проектировании радиоэлектронных резонансных цепей мало изучена и требует детализации и уточнения. Настоящая работа, выполненная в рамках деятельности студенческого конструкторско-технологического бюро, посвящена исследованию этих вопросов. В рамках исследований разработана открытая и интерактивная аналитическая модель в САЕ MathCAD для решения прямой и обратной задачи расчета допусков ЭРЭ и исследования электронных цепей с гладкими (ФНЧ, ФВЧ) и резонансными характеристиками.

### **Библиографический список**

1. **Кизимов, А. Т.** Обеспечение требуемой точности функциональных параметров электронных устройств на ранних этапах сквозного компьютерного проектирования компонентов / А. Т. Кизимов, А. В. Печаткин, А. Н. Смирнов // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. – Рыбинск, 2017. – № 3(42). – С. 98 – 110.

2. **Кизимов, А. Т.** Обеспечение заданной точности выходных параметров радиоэлектронного устройства на основе статистического расчета допусков компонентов / А. Т. Кизимов, А. В. Печаткин, А. Н. Смирнов // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. – Рыбинск, 2015. – № 1(32). – С. 171 – 178.

3. **Кизимов, А. Т.** Изменение подхода к использованию коррелированных и некоррелированных допусков номиналов электро-радиокомпонентов в поведенческих моделях электронных средств в процессах автоматизированного схемотехнического проектирования / А. Т. Кизимов, А. В. Печаткин, А. Н. Смирнов // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. – Рыбинск, 2015. – № 1(32). – С. 158 – 165.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМАТА УЧЕБНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО БИБЛИОТЕЧНОГО КЛАСТЕРА**

*С. Н. Комаров, И. А. Кочатков, А. В. Печаткин*

*Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьева (г. Рыбинск)*

Вот уже несколько последних лет в России реализуются государственные программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и «Цифровой ВУЗ – Университет будущего», в том числе предусматривающие подготовку специалистов в этой области.

В рамках выполнения этих программ предлагается внести изменения в формат учебных измерительных лабораторий и библиотечного кластера с целью реализации «Цифровой университет: техническая библиотека студента».

Практическая реализация данной концепции позволит:

- оснастить профильные учебные лаборатории с минимальными материальными затратами даже в условиях ограниченных помещений;
- осуществить аппаратную поддержку изучения общеобразовательных и профессиональных дисциплин;
- сформировать технико-технологический библиотечный кластер, в котором студент, с целью самостоятельной реализации компетентностного подхода в рамках «знать–уметь–владеть», может получить во временное пользование компактный технический комплект измерительного или технологического оборудования, аналогично получению учебно-методических и справочных материалов;
- повысить качество и уровень теоретического обучения, прикладных и практических знаний, умений и навыков, благодаря возможности организации в домашних условиях реальной, а не виртуальной компьютерной измерительной и технологической лаборатории, а также возможности проведения экспериментов на основе использования типовых и создания собственных специализированных библиотечных модулей;
- сформировать удаленные индивидуальные комплексные аппаратные мульти-инструментальные рабочие места студента, слушателя и школьника;
- реализовать новые дистанционные подходы;
- реорганизовать и дополнить стандартные общепринятые технологии библиотечного дела.

Традиционная система обучения техническим дисциплинам делает основной упор на аудиторную нагрузку в стационарной исследовательской или учебной лаборатории, оснащенной необходимыми стендами, техническим, технологическим и контрольно-измерительным оборудованием. Внеаудиторные занятия, в основном, предусматривают самостоятельную теоретическую подготовку к будущей лабораторной работе, а также оформление полученных результатов и, опять же, теоретическую подготовку к защите уже выполненной в ВУЗе работы. Таким образом, обучающийся ограничен в реализации самостоятельного выполнения плановой лабораторной работы в случае форс-мажорных обстоятельств.

При этом полностью отсутствует возможность проведения лабораторных занятий при углубленном изучении, на выездных консультациях, самостоятельного выполнения лабораторной работы в домашних условиях, например, в случае временной потери трудоспособности, наличии академической задолженности.

Ограниченность традиционного подхода можно исправить путем реализации технико-технологического библиотечного кластера, позволяющего студенту получать в технической библиотеке ВУЗа или кафедры во временное пользование компактный технический комплект измерительного и(или) технологического оборудования, аналогично получению учебно-методических и справочных материалов. Сказанное справедливо как для выпускающих, так и для общеобразовательных кафедр. Компактное оборудование, пусть и обладающее определенными функциональными ограничениями, позволит существенно повысить качество теоретических, прикладных и практических знаний, умений и навыков благодаря возможности организации в домашних условиях реальной, а не виртуальной компьютерной измерительной или технологической лаборатории и возможности проведения экспериментов на основе использования типовых и создания собственных библиотечных модулей.

В заключение необходимо отметить, что выбор модульного оборудования и стандартных массово выпускаемых корпусов позволяет создавать измерительные комплекты в требуемом количестве непосредственно силами созданного на выпускающей кафедре студенческого конструкторско-технологического бюро, а также реализации распределенных или летних производственных практик, направленных на решение аналогичных производственных задач в соответствии с учебным планом направления подготовки.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В. В. Кондусов<sup>1</sup>, В. А. Кондусов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Импри» (г. Воронеж),

<sup>2</sup>Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж)

Разработанная установка является составной частью программно-аппаратного комплекса для измерения тепловых параметров полупроводниковых приборов в корпусах типа КТ-99-1 и 4601.3-1, предназначена для совместного использования с задатчиком режимов и обеспечивает тестирование и снятие характеристик полупроводниковых приборов при температуре до 150 °С. Количество одновременно тестируемых приборов – 50 шт. Электрическая функциональная схема установки приведена на рис. 1.

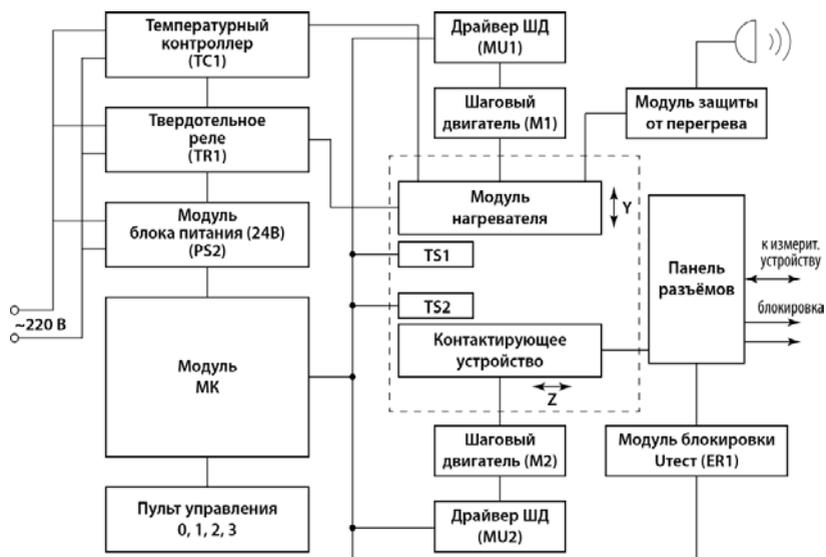


Рис. 1. Функциональная схема установки

Основой установки является контактирующее устройство, предназначенное для загрузки 50 полупроводниковых приборов в корпусах КТ-99-1 с игольчатыми пружинными выводами от каждого прибора на внешнюю панель разъемов установки для последующего соединения с задатчиком режимов.

Система управления установкой основана на 8-битном микроконтроллере ATmega8. Модуль микроконтроллера содержит разъем внутрисхемного программирования. Панель управления содержит кнопочные переключатели:

«0» – установка контактирующего устройства в исходное положение для загрузки исследуемых полупроводниковых приборов, установка и возврат в исходное положение контактирующего устройства , «1», «2», «3» – функция «Работа» с различными усилиями прижима исследуемых полупроводниковых приборов.

Для задания и точного поддержания температуры рабочей зоны использовался ПИД контроллер температуры TCN4S производства компании Autonics.

Общий вид установки представлены на рис. 2.



Рис. 2

### Библиографический список

1. **Аронов, В. Л.** Испытание и исследование полупроводниковых приборов : учебное пособие / В. Л. Аронов, Я. А. Федотов. – М. : Высшая школа, 1975. – 325 с.

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО ЛЕНТОЧНОГО МАТЕРИАЛА

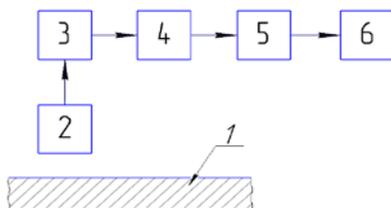
*А. А. Косогорцев, А. П. Пудовкин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В настоящее время в процессе производства многослойных ленточных материалов использование непрерывного контроля качества продукции, с помощью методов неразрушающего контроля, является важной и актуальной задачей.

В работе [1] описана полная технология изготовления металлофторопластового ленточного материала и отмечены его основные показатели качества. Для контроля основных характеристик качества изготавливаемого материала в литературе [2] описан комплексный метод контроля.

Для увеличения его эффективности предложен емкостной метод и устройство контроля толщины биметаллической основы, структурная схема которого представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема устройства:**

*1* – исследуемый материал; *2* – емкостной датчик; *3* – автогенератор;  
*4* – анализатор спектра; *5* – микропроцессорное устройство;  
*6* – устройство вывода информации

Над исследуемым материалом *1* расположен емкостной датчик *2*, представленный двумя последовательно подключенными электродами, соединенными с генератором, обеспечивающим электрическое поле, демодулятором и усилителем [3]. Изменяющийся сигнал емкостного датчика подается на вход автогенератора с изменяемой емкостью *3*, что влечет за собой изменение спектра сигнала на выходе автогенератора. Полученный спектр сигнала проходит через анализатор спектра *4*. Полученные данные поступают на микропроцессорное устройство *5*, где происходит их дальнейшая обработка и сравнение с эталонным значением, после чего информация об изменении толщины биметаллической основы отображается при помощи устройства вывода данных *6*.

Данный способ позволит количественно оценить в процессе производства металлофторопластового ленточного материала такой параметр как толщина биметаллической основы. Предложенный метод позволит достигнуть высокой точности и скорости оценки измеряемого параметра. А также упростит вторичную обработку информации, что возможно достичь благодаря высокой скорости работы емкостного датчика, а также эффективной работы кварцевого автогенератора, снабженного измерительной емкостью.

### **Библиографический список**

1. **Семенов, А. П.** Металлофторопластовые подшипники / А. П. Семенов, Ю. Э. Савинский. – М. : Машиностроение, 1976. – 192 с.
2. **Пат. РФ, МПК<sup>7</sup>G01b7/06.** Способ непрерывного контроля толщины слоев четырехслойного металлофторопластового ленточного материала, пористости его металлического каркаса и концентрации входящих в четвертый слой компонент / Банников А. Н., Пудовкин А. П., Чернышова Т. И.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ТГТУ» Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». – № 2006117923/28; заявл. 24.05.2006; опубл. 20.12.2007.
3. **Солодовников, В. В.** Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Кн. 1. Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройства / В. В. Солодовников. – М. : Машиностроение, 1973. – 671 с.

## **АНАЛИЗ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЭФФИЦИЕНТА ОПАСНОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА**

***В. В. Овсянников, А. С. Лазеев***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В связи с интенсивными разработками за последние несколько лет систем управления беспилотными автомобилями и появлением дешевых радиолокационных датчиков анализ характеристик опасности поведения транспортного средства с помощью алгоритма на основе фильтрации Калмана является крайне актуальным.

На рисунке 1 представлена схема и траектория движения рассматриваемого автомобиля А и соучаствующего в движении автомобиля Б, моделируемых в программной среде MathCad.

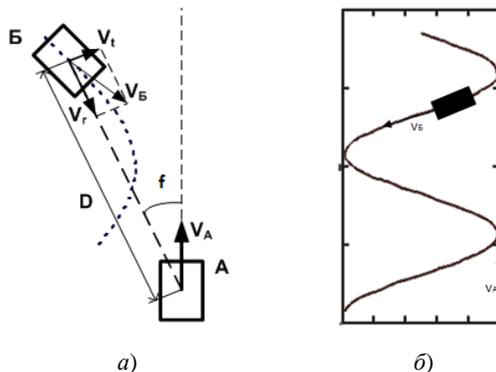


Рис. 1. Схема (а) и траектория (б) движения автомобилей

Автомобиль А движется со скоростью  $V_A$ , Б – со скоростью  $V_B$ ,  $D$  – расстояние между центрами масс автомобилей,  $f$  – угол между направлением вектора скорости автомобиля А и линией визирования автомобиля Б.

Зададим расстояние  $D_i$  и угол  $f_i$  уравнениями

$$D_i = \sqrt{(y_i)^2 + (x_i)^2}; \quad (1)$$

$$f_i = a \sin\left(\frac{x_i}{D_i}\right), \quad (2)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  – координаты ТС.

Воспользуемся коэффициентом опасности, который был задан эвристическим путем [1 – 3]:

$$k = \frac{\left(\frac{1}{D} + \frac{1}{f} + V + W\right)}{4}, \quad (3)$$

где  $V$  – значение скорости сближения с объектом;  $D$  – расстояние до объекта;  $W$  – угловая скорость линии визирования объекта.

Было проведено моделирование и сравнение коэффициента опасности (3) в идеальных  $k_n$  и приближенных к реальности условиях  $k_p$  соответственно, а также величины относительной ошибки измерения расстояния при различных значениях углового положения линии визирования объекта на величину ошибки измерения дальности. Результаты моделирования представлены в табл. 1.

## 1. Результаты исследований при изменении значений углового положения линии визирования объекта

Значение углового положения линии визирования объекта $f_i, ^\circ$	Максимальное значение отклонения $k_{и}$ от $k_p, \%$	Минимальное значение отклонения $k_{0и}$ от $k_p, \%$	Величина относительной ошибки измерения расстояния
0	1	0,1	0,127
15	13	4	0,389
20	17	9	0,556
25	20	13	0,701
30	23	16	0,933

Результаты моделирования показывают эффективность выбранной формы коэффициента опасности.

### Библиографический список

1. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

2. **Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation** / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.

3. **Алгоритм** дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – М., 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

*Работа выполнена под руководством С. Н. Данилова*

## СИНТЕЗ СИНХРОННОГО СЧЕТЧИКА С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ПОРЯДКОМ СЧЕТА

*А. Р. Лобанов, С. В. Шапошникова,  
В. Ю. Шафоростова, В. А. Кондусов*

*Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж)*

В работе рассматривается методика синтеза синхронного счетчика с произвольным порядком изменения значения кода на примере счетчика с кодом 6-3-2-1 и модулем счета  $K_{сч} = 13$  на универсальных

JK-триггерах SN7472. Такие счетчики можно рассматривать как генераторы определенной последовательности двоичных чисел, которые часто используются в цифровых системах как последовательность сигналов, управляющих работой других узлов.

1. Определяем количество разрядов счетчика. Исходя из количества цифр, кода разрядность счетчика равна четырем. Для построения такого счетчика необходимо 4 триггера.

2. Заполняем табл. 1 функционирования счетчика для  $n$  (текущего состояния выходов триггеров) и  $n + 1$  (следующего состояния выходов триггеров) счетчика.

**1. Функционирование синхронного счетчика, работающего в коде 6-3-2-1**

n	$Q_4^n$	$Q_3^n$	$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_4^{n+1}$	$Q_3^{n+1}$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$
0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	1	0	1
4	0	1	0	1	0	1	1	0
5	0	1	1	0	0	1	1	1
6	0	1	1	1	1	0	0	1
7	1	0	0	1	1	0	1	0
8	1	0	1	0	1	0	1	1
9	1	0	1	1	1	1	0	1
10	1	1	0	1	1	1	1	0
11	1	1	1	0	1	1	1	1
12	1	1	1	1	0	0	0	0

3. По табл. 1 заполняем для каждого разряда карты Карно. Функциями этих диаграмм являются значения  $Q_1^{n+1}, Q_2^{n+1}, Q_3^{n+1}, Q_4^{n+1}$ , а аргументами  $Q_1^n, Q_2^n, Q_3^n, Q_4^n$ .

4. Заполняем карты Карно для уравнений входов, используя таблицу возбуждения (функционирования) JK-триггера.

5. Используя карты Карно для уравнений входов, находим минимизированные функции возбуждения  $J_i$  и  $K_i$  для четырех разрядов счетчика. Эти уравнения полностью определяют структуру проектируемого счетчика:

$$J_1 = 1, K_1 = Q_2^n \cdot Q_3^n \cdot Q_4^n; J_2 = Q_1^n, K_2 = Q_1^n, J_3 = Q_1^n \cdot Q_2^n, K_3 = Q_1^n \cdot Q_2^n;$$

$$J_4 = Q_1^n \cdot Q_2^n \cdot Q_3^n, K_4 = Q_1^n \cdot Q_2^n \cdot Q_3^n.$$

6. На основании уравнений входов разрабатываем синхронный счетчик. В счетчике используются пять микросхем: четыре SN7472 и одна SN7400 (рис. 1).

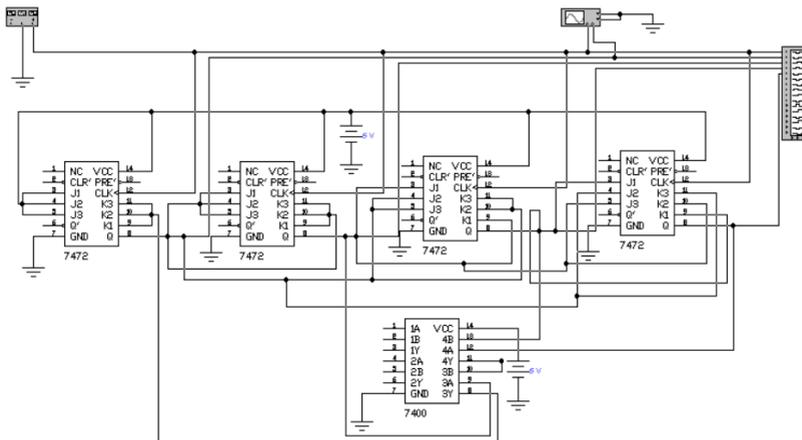


Рис. 1. Схема модели синхронного счетчика на компонентах программы EWB 5.12

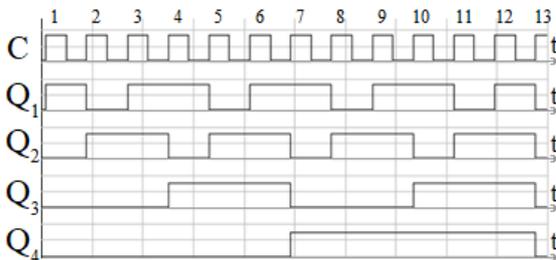


Рис. 2. Временные диаграммы с выходов триггеров синхронного счетчика

По временным диаграммам (рис. 2) определяем разрешающее время счетчика  $T_{сч} = 20$  нс и время установления кода  $T_{уст} = 10$  нс.

### Библиографический список

1. Новожилов, О. П. Основы цифровой техники : учебное пособие / О. П. Новожилов. – М. : ИП РадиоСофт, 2004. – 528 с.
2. Алексенко, А. Г. Микросхемотехника : учебное пособие / А. Г. Алексенко, И. И. Шагурин. – 2 изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1990. – 496 с.

## СИСТЕМА УГЛОВОЙ КОРРЕКЦИИ АНТЕННЫ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

*В. В. Маслина*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Спутниковая связь – один из видов радиосвязи, основанный на использовании искусственных спутников Земли (ИСЗ) в качестве ретрансляторов. Повышение отношения сигнал/шум, особенно при очень больших длинах космических трасс (тысячи км) – одна из самых актуальных проблем такой связи.

Большинство земных станций (ЗС) работает в диапазонах 4 или 11 ГГц на прием и 6 или 14 ГГц на передачу. Требования к диапазону определяются условиями распространения радиоволн и использования антенны. В диапазонах частот, выделенных для спутниковых систем, влияние атмосферы проявляется в виде ослабления (поглощения) радиоволн в атмосфере, искривления траектории радиолуча, вращения плоскости поляризации радиоволн и помех, обусловленных тепловым излучением атмосферы.

Одной из важнейших составных частей спутниковой системы связи (ССС) является приемная антенна [1].

Для станций, работающих на каждой рабочей частоте с одним направлением вращения вектора поляризации без поляризационного уплотнения, принято, что отклонение луча от направления на ИСЗ не должно превышать десятой доли ширины диаграммы направленности (ДН) по уровню 3 дБ. Это составляет величину примерно 1,6 и 0,7 угловых минут в зависимости от диапазона. Еще более узкими ДН становятся у антенн, работающих в диапазонах 11...14 и 20...30 ГГц. Очевидно, что для наведения луча в этом случае необходимо осуществить пеленгацию ИСЗ с существенно более высокой точностью. Принцип действия всех пеленгационных систем основан на оценке фактического углового положения источника излучения путем определения направления прихода сигнала с ИСЗ посредством приема его по двум ДН (метод сравнения).

Пеленгация сопровождается ошибками, вносимыми изменением гравитационных сил при поворотах антенны, ветровых нагрузок, неоднородного солнечного нагрева и т.п. [2].

Особенно важно уменьшить влияние шумов Земли. Дело в том, что при сопровождении низкоорбитальных ИСЗ в большом диапазоне изменяется угол места антенны. При углах места более 5° шумы Земли незначительны. Но при уменьшении угла места прием шумов происходит через боковые лепестки, близкие к максимуму ДН, в результате уровень шумов сильно возрастает.

Сегмент управления содержит параболическую антенну, отслеживающую траекторию спутника. Угловые перемещения искусственного спутника земли (ИСЗ) на геостационарной орбите относительно земной станции малы. Это облегчает наведение луча антенны земной станции на ИСЗ и позволяет упростить опорно-поворотное устройство (ОПУ) антенны. Однако для высокоширотных областей земного шара используют ИСЗ на эллиптической орбите. В специальных системах применяют низкие круговые и эллиптические орбиты, при которых период обращения ИСЗ короче, а угловые скорости выше. Соответственно усложняются ОПУ и системы наведения луча, а наведение обеспечивается по углу места в пределах  $0 + 90^\circ$  и по азимуту  $+180^\circ$ . Угловые скорости и ускорения при поворотах антенны зависят от высоты орбиты и от схемы ОПУ [3].

На данный момент существует множество средств и методов для улучшения качества связи, но этого зачастую недостаточно, чтобы обеспечить сигнал высокого качества в условиях резкого изменения интенсивности шумов, поступающих по боковым лепесткам ДН антенны. Поэтому необходима разработка реконфигурируемых алгоритмов [4], обеспечивающих адаптивное управление антенной ССС.

### **Библиографический список**

1. **Спутниковое** вещание. Общие принципы построения. – URL : [http://www.arstel.com/ru/articles/art1p\\_one.php](http://www.arstel.com/ru/articles/art1p_one.php)
2. **Спутниковая** связь и вещание : справочник / Г. Б. Аскинази и др; под ред. Л. Я. Кантора. – 2-е изд. – М. : Радио и связь, 1988. – 212 с.
3. **Покрас, А. М.** Антенны земных станций спутниковой связи / А. М. Покрас, А. М. Сомов, Г. Г. Цуриков. – М. : Радио и связь, 1985. – 28 с.
4. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН**

*А. А. Мжельский, Ю. Н. Панасюк*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Миллиметровый диапазон занимает спектр частот от 30 до 300 ГГц (длина волны – 1...10 мм). Из него выделяют три основные полосы частот 71...76, 81...86, 92...95 ГГц (Е-диапазон) и полосы частот

40,5...43,5 ГГц (Q-диапазон), которые являются «окнами» прозрачности распространения сигнала в атмосфере. Такое разделение спектра произошло из-за особенностей распространения ММВ в частотном диапазоне 30...00 ГГц [1].

Преимущества использования миллиметровых волн:

1. Высокие несущие частоты позволяют задействовать широкие полосы (вплоть до единиц ГГц), что позволяет обеспечить гигабитные скорости передачи данных с использованием относительно простых способов модуляции.

2. Возможность существенного снижения габаритов антенных систем и получения узких диаграмм направленностей передающей и приемной антенн.

3. Передача и прием в ММВ основаны на узконаправленном луче, благодаря чему отсутствует взаимовлияние между соседними базовыми станциями и увеличивается дальность действия канала связи. Данный параметр позволяет максимально близко располагать антенны друг к другу, до нескольких сантиметров, что имеет огромный плюс при создании базовой станции, работающей на многих частотах.

Но у ММВ есть существенный недостаток – сильная зависимость от погодных условий. Экспериментально установлено, что затухание сигнала во время сильного ливня или снега может достигать 30...50 дБ/км [2]. Однако такие осадки в средних широтах наблюдаются редко и заканчиваются быстро. К тому же, для частичной компенсации метеозависимости разрабатываются адаптивные механизмы, динамически меняющие в зависимости от погодных условий скорость передачи данных, ширину полосы, тип кодирования и модуляции. Подобные решения гарантируют трансляцию приоритетного трафика практически в любых погодных условиях [3].

Перспективные направления использования миллиметровых волн:

1. Спутниковая связь. Использование отведенной для спутниковой связи полосы частот позволяет увеличить более, чем на порядок, объем информации по линиям спутниковой связи. Узкие диаграммы направленности антенн на ММВ способствуют повышению скрытности связи и подавлению интерференционных помех, а большой коэффициент усиления позволяет уменьшать мощность передатчика и улучшать массогабаритные характеристики аппаратуры спутника.

2. Мобильные системы связи. Недавно созданная, но еще не реализованная повсеместно система связи 5G, позволяющая повисить

скорость передачи данных до 10 Гбит/с (а в перспективе и больше), по диапазону используемых частот (28, 37 и 39 ГГц) полностью входит в миллиметровый диапазон, а большой спектральный «запас» открывает широкий простор для дальнейших разработок и улучшений.

3. Цифровое телевидение. Передача видеосигналов требует огромной пропускной способности и, соответственно, высочайшей скорости передачи данных. Если же использовать сжатие сигнала, то скорость может быть снижена, но пострадает качество изображения. Технологии миллиметровых волн делают гигабитные скорости обычными и сравнительно легко достижимыми, что позволяет говорить о передаче несжатого видео, как о недалекой реальности. Использование ММВ позволяет организовать передачу данных по беспроводному каналу, используя протоколы таких популярных видеоинтерфейсов, как HDMI 1.3, DisplayPort 1.2. и беспроводной версии PCI Express.

Из других областей применения оборудования миллиметрового диапазона можно отметить концентраторы беспроводных базовых станций, РЛС ближнего действия и сканеры в аэропортах. Интересной сферой применения потенциально могут быть беспроводные соединения «плата-плата» или «микросхема-микросхема». На частотах миллиметрового диапазона кабели, разъемы и даже короткие дорожки печатной платы являются источниками ослабления сигнала. Организация короткой (несколько сантиметров) беспроводной связи решает эту проблему.

### Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2012. – 198 с.

2. Пудовкин, А. П. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2013. – 92 с.

3. Пудовкин, А. П. Современные системы радиосвязи [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 кн. Кн. 2 / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 139 с.

## БЕСПРОВОДНОЕ УСТРОЙСТВО ИДЕНТИФИКАЦИИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

*И. С. Мишустин, А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева*

*Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж)*

В современном мире появилась возможность использовать устройства беспроводной передачи информации, а также устройства бесконтактного доступа. Данная разработка подходит под эту категорию. Отличительной особенностью является возможность использования флэш-накопителей без необходимости подключения устройства к персональному компьютеру (ПК). В свою очередь это облегчает работу с носителем, а также повышает уровень доступности использования этого устройства.

Устройство представляет собой беспроводной флэш-накопитель и док-станцию (коннектор). При непосредственной близости флэш-накопителя и док-станции происходит установка связи между устройствами посредством телекоммуникационного блока (ТКБ), док-станция осуществляет питание флэш-накопителя посредством стандарта Qi. В результате пользователь получает доступ ко всем данным, хранящимся на флэш-накопителе и возможность работы с ними.

Принцип работы аппаратно-программного комплекса представлен на рис. 1.

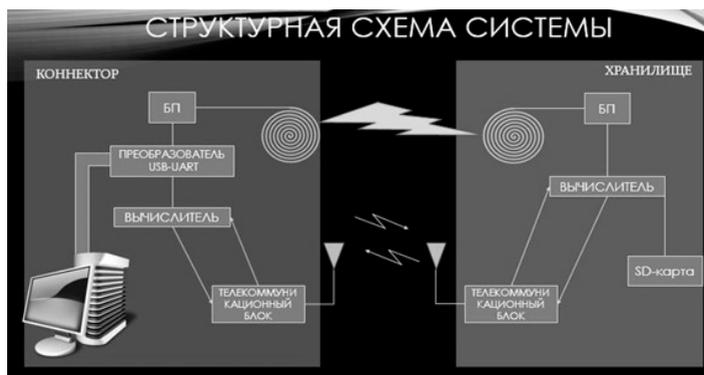


Рис. 1. Структурная схема устройства

Питание схемы осуществляется по принципу магнитно-связанных катушек.

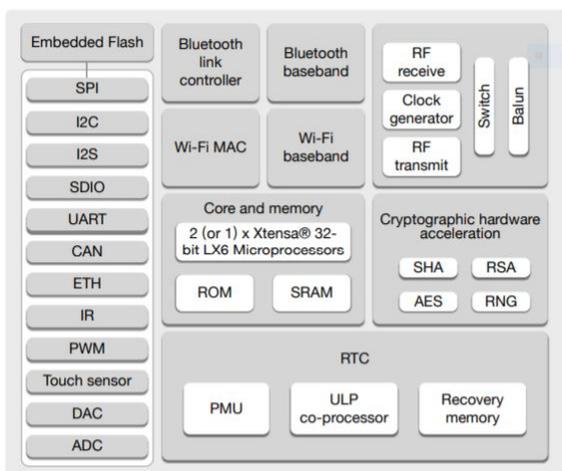
Помимо источника питания, важное место в работе устройства занимают вычислитель и телекоммуникационный блок. По большей

части это два разных устройств, но с развитием науки и техники все чаще стали появляться устройства, совмещающие в себе оба свойства.

В качестве вычислителя рассматриваются микроконтроллеры: ATmega328P и ESP32.

ATmega328P. Согласно технической спецификации для питания микроконтроллера ATmega328P требуется напряжение в диапазоне 1.8...5.5 В. В зависимости от напряжения питания микроконтроллер производит вычисления с частотами: 0 – 4MHz@1.8 – 5.5V, 0 – 10MHz@2.7 – 5.5.V, 0 – 20MHz@4.5 – 5.5V, т.е. для получения большей скорости вычисления требуется большее напряжение питания, следовательно, необходима большая мощность излучателя блока питания.

ESP32. Имеет встроенные блоки Wi-fi и Bluetooth (рис. 2), а значит более компактное расположение комплектующих.



**Рис. 2. Структурная блок-схема ESP 32**

Рабочее напряжение микроконтроллера лежит в диапазоне 1.8...3.6 В, следовательно, требует меньше мощности излучателя блока питания. Управление питанием осуществляется благодаря минимальному взаимодействию с хостом для минимизации периода активной нагрузки.

ESP32 реализует полный протокол Wi-fi MAC 802.11 b/g/n. Поддерживает базовый набор услуг (BSS).

Согласно IEEE – 802.11:

– стандарт 802.11b имеет максимальную скорость – 11 Мбит/сек, радиус действия в помещении – до 30 м;

- 802.11g – максимальная скорость – 54 Мбит/сек, радиус действия – до 50 м;
- 802.11n – максимальная скорость – 300...600 Мбит/сек, радиус действия – до 100 м.

Данные радиусы действия влекут за собой угрозу утечки данных при передаче и, соответственно, необходимость использования протоколов защиты.

Кроме этого, микроконтроллер имеет стек Bluetooth, соответствующий спецификациям Bluetooth v4.2 и Bluetooth LE. Из плюсов, данная спецификация имеет сниженное энергопотребление и минимальную дальность действия в 10 м, что меньше дальности действия Wi-fi. Из минусов – малая скорость передачи данных 4 Мб/с.

Резюмируя вышесказанное, целесообразно использование микроконтроллера ESP32, представляющего больше возможностей при компактном исполнении.

### Библиографический список

1. **Сукачев, А. И.** Разработка аппаратно-программной платформы интернета вещей / А. И. Сукачев, И. В. Миллер, Е. А. Сукачева // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития: Четвертая Всерос. молодеж. науч. конф., посвященная дню радио. – 2019. – С. 210 – 212.
2. **Особенности** проектирования устройств беспроводной передачи энергии / А. И. Сукачев, И. С. Мишустин, Е. А. Сукачева, Ю. В. Худяков // Цифровая трансформация в энергетике: материалы Всерос. науч. конф. – Тамбов, 2020. – С. 124 – 127.
3. **Semenov, V. Yu.** Development of portable charger with data storage function / V. Yu. Semenov, A. I. Sukachev // Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2020'AS) Proceedings of the XXV-th International Open Science Conference. – 2020. – P. 265 – 268.
4. **Особенности** проектирования энергосберегающего устройства с функцией хранения данных / А. И. Сукачев, Ю. С. Балашов, В. Ю. Семенов, Е. А. Сукачева // Цифровая трансформация в энергетике: материалы Всерос. науч. конф. – Тамбов, 2020. – С. 375 – 378.
5. **Особенности** разработки беспроводного устройства приема, хранения и передачи данных / А. И. Сукачев, П. С. Чесноков, И. С. Мишустин, А. В. Русанов // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сб. науч. ст. по итогам второй Междунар. науч. конф. – 2020. – С. 180 – 182.

## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*С. П. Москвитин, М. С. Демидов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Современные темпы развития технологий ставят задачи цифровизации во всех областях промышленности. Основными задачами при реализации программы цифровизации энергетической отрасли являются: применения передовых цифровых технологий в информационных системах управления энергообъекта, оснащение развитыми информационно-технологическими и управляющими средствами, разработка интеллектуальных систем учета электроэнергии и энергомониторинга, применение беспилотных летательных аппаратов, систем видеоконтроля, мобильных систем и ряда других. Успех в решении таких задач требует внедрения современных передовых достижений.

Реализация аппаратно-программного комплекса для удаленного мониторинга параметров электросетей с использованием беспроводной сети передачи данных требует последовательного решения следующих задач: определение перечня контролируемых параметров, разработка структуры сети для удаленного мониторинга, разработка алгоритма обработки и передачи информации, разработка и исследование метода передачи данных, разработка программного обеспечения для обработки информации в диспетчерских пунктах.

Современные достижения науки и техники сделали возможным создание недорогих миниатюрных вычислителей с чрезвычайно малым энергопотреблением, способных объединяться в сеть и взаимодействовать друг с другом посредством беспроводных каналов связи. Сети таких устройств получили название систем удаленного мониторинга или беспроводных сенсорных сетей (БСС), что, в частности, подчеркивает их основное назначение – сбор данных с датчиков (сенсоров) для последующего накопления, анализа и выдачи управляющих команд.

Беспроводные технологии передачи данных на сегодняшний день обладают большим временем автономной работы от батарей, что позволяет решать задачи мониторинга и контроля нагрузки энергосетей даже в условиях нестабильного электропитания. При организации сети на основе технологии ZigBee возможно создать распределенную самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации. Развитие беспроводного стандарта передачи данных ZigBee дало

возможность использовать сеть, построенную на данном протоколе беспроводной связи во многих областях автоматизации управления и мониторинга [1, 2].

Разработки в области микропроцессорных устройств позволяют создать специализированные терминалы защиты электросетей и оборудования. Преимуществами таких терминалов является их мультифункциональность. Так, помимо основных функций защит, управления и автоматики, данные устройства осуществляют замер основных электрических параметров электросети, ведут учет нагрузочных характеристик и аварийных ситуаций в реальном времени. Все микропроцессорные устройства подключаются к автоматизированной системе диспетчерского управления, которая собирает всю необходимую информацию и передает на программно-аппаратный комплекс, при помощи которого можно контролировать режим работы оборудования [3].

Данный комплекс предусматривает наличие монитора с анимированной схемой любой из контролируемых подстанций. На мониторе отображается анимированная схема электроустановки, фактическое положение коммутационных аппаратов, нагрузка по всем линиям электроподстанции.

Разрабатываемый комплекс позволяет реализовать следующие возможности:

- контроль в реальном времени нагрузочной способности электроустановок и фиксация возникающих аварийных ситуаций;
- дистанционное и(или) автоматическое управление переключателями на подстанциях в сервисных и аварийных ситуациях;
- отображение на виртуальной электронной карте положения и состояния коммутационных аппаратов;
- сохранение базы данных, позволяющей оценивать динамику работы любой из сетей и принимать решения о ее модернизации;
- хранение информации за весь период времени по контролируемым участкам электрической сети.

Таким образом, разработка и применение данного комплекса позволит оперативно отслеживать нагрузочные параметры любой из контролируемых линий электропередач, от центра питания вплоть до конечного пользователя, а также автоматизировать управление переключателями подсетей непосредственно с диспетчерских пунктов.

### **Библиографический список**

1. **Демидов, М. С.** Исследование работы беспроводной сенсорной сети с множеством операторов на основе сетевого протокола ZigBee / М. С. Демидов, Н. А. Глотов // Энергосбережение и эффек-

тивность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. 3 – 5 июня 2019 г. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2019. – С. 94 – 96.

2. Пудовкин, А. П. Современные системы радиосвязи [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 кн. Кн. 2 / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 139 с.

3. Аблин, И. Е. SCADA-системы в диспетчеризации зданий / И. Е. Аблин // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 10.

## УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ

*А. М. Новожилов, В. А. Кондусов*

*Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж)*

Разработанное устройство, схема которого представлена на рис. 1, позволяет управлять отопительными приборами в зависимости от температуры воздуха в помещении так, чтобы температура удерживалась в определенном диапазоне значений.

Устройство основано на ATmega328P-PU (рис. 2, а), 8-битном микроконтроллере на базе рiсoPower AVR RISC фирмы ATMEL. Данная микросхема получает значение температуры с датчика Bosch BMP180 (рис. 2, б).

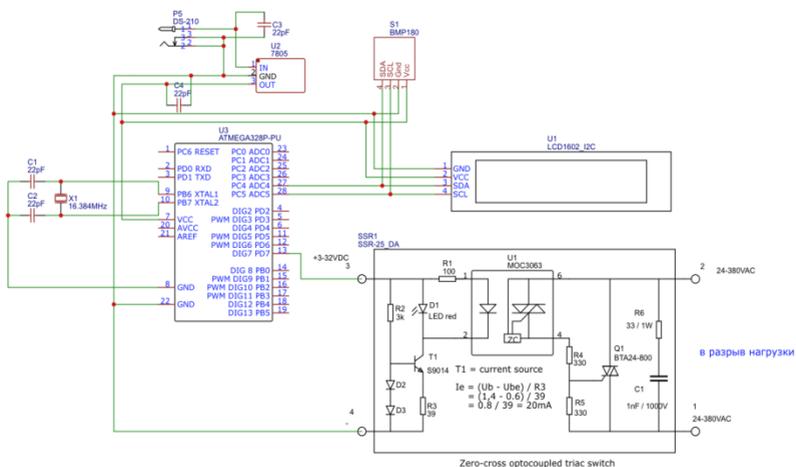
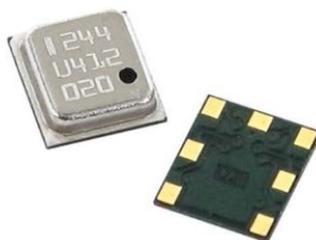


Рис. 1. Схема



*a)*



*б)*

**Рис. 2. Микроконтроллер (*a*) и датчик (*б*)**



*a)*



*б)*

**Рис. 3. Дисплей (*a*) и твердотельное реле (*б*)**

Полученные показания выводятся на дисплей LCD1602 (рис. 3, *a*). Микроконтроллер также управляет твердотельным реле Fotek SSR-25DA (рис. 3, *б*), к которому подключается отопительный прибор.

Диапазон поддерживаемой температуры задается в исходном коде [1] программы для микроконтроллера и выбирается индивидуально в зависимости от потребностей. Данное устройство было разработано для небольшого складского помещения без централизованного отопления в целях поддержания температуры в нем от 19 до 23 градусов в холодное время года.

### **Библиографический список**

1. **Соммер, У.** Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У. Соммер ; пер. с нем. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2016. – 256 с.

## **ФАКТОР НИЗКОЙ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ**

*А. А. Перишин, Е. В. Головченко*

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Термин «Ситуационная осведомленность» появился еще в начале XX века, а затем, к середине XX века стал применяться и в авиации. Под его значением понимается способность получения необходимого для принятия решения в реальном времени полного и точного объема информации с использованием современных инфрокоммуникационных авиационных сетей передачи данных. К таким информационным сведениям для летных экипажей судов гражданской авиации в Российской Федерации можно отнести аэронавигационную и метеорологическую информацию, передачу донесений о местоположении воздушных судов, оперативную информацию, связанную с началом, продолжением или прекращением полета, исходя из интересов обеспечения регулярности, эффективности и безопасности полетов. Выполнение полетных заданий экипажами – сложный процесс, требующий от летного состава всех его практических навыков и умений. Использование новых технологий, как следствие, ведет к усложнениям в конструкции летательных аппаратов. Вышеперечисленные факторы вводят дополнительные риски в процесс безопасной эксплуатации воздушных судов. Под безопасностью полетов понимается состояние авиационной системы, при котором факторы, связанные с авиационной деятельностью, по эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня, контролируются или полностью отсутствуют [1]. К таким факторам следует отнести и фактор низкой ситуационной осведомленности летного состава.

Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации в Российской Федерации за последние четыре года, подготовленный с использованием информации по результатам анализа производственных происшествий, инцидентов подчеркивает, что взлет, набор заданного эшелона по схеме, а также снижение в районе аэродрома посадки, предпосадочные маневры и сама посадка являются самыми сложными и напряженными этапами полета. Зачастую указанные этапы полета выполняются в сложных метеоусловиях, в условиях ограниченной видимости и интенсивного полета коммерческой авиации вблизи

крупных аэропортов. Ежегодные статистические данные показывают сохранившуюся устойчивую, повторяющуюся закономерность произошедших катастроф, аварий, инцидентов и происшествий практически с неизменным количественным значением практически в одинаковых условиях. Согласно проведенного исследования, в этих условиях достаточно часты нарушения порядка использования воздушного пространства, а именно: нарушение интервалов эшелонирования, использования воздушного пространства без разрешения, использование воздушного пространства запретной зоны ограничения, несанкционированное отклонение воздушного судна за пределы границ маршрута, взлет воздушного судна в контролируемое пространство без разрешения органа организации воздушного движения [2].

Все указанные нарушения в ряде случаев приводят к столкновениям в зонах взлета воздушных судов на этапе набора высоты и выхода по заданной схеме, к столкновениям на малых высотах с различными высотными объектами, с землей в районе аэродрома на этапах взлета, а также при снижении и заходе воздушного судна на посадку. Одним из факторов, которые могли привести к сложившейся кризисной ситуации с воздушными судами мог быть фактор низкой ситуационной осведомленности между экипажем воздушного судна и зональным диспетчером единой системы организации воздушного движения.

Кризисные ситуации – это процесс, протекающий в условиях жесткого дефицита времени. Наличие легко доступной, своевременно необходимой для выхода из сложившейся ситуации информации или информации, предупреждающей попадание в такую ситуацию, является необходимым условием. Поэтому развитие и практическая реализация собственных технологий воздушной радиосвязи, новых способов обеспечения надежных каналов связи с воздушными судами государственной авиации Российской Федерации при выполнении ими различных полетных заданий на территории Российской Федерации, а также за ее пределами может снизить фактор низкой ситуационной осведомленности, а в ряде случаев полностью исключить.

### **Библиографический список**

1. **Авиационные** инфокоммуникационные сети : монография / Е. В. Головченко, П. А. Федюнин, В. А. Дьяченко, М. А. Стафеев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), 2018. – 223 с.
2. **Федеральное** агентство транспорта. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации. – М., 2016. – 76 с.

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНЕ ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА

*А. С. Писарчук, Д. А. Сыщикова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

При передвижении в городе основной опасностью для жизни пешеходов является пересечение нерегулируемых пешеходных переходов. Поэтому очень важно контролировать соблюдение автомобилистами правил дорожного движения при приближении к перекрестку, а, следовательно, существует настоятельная необходимость в разработке систем контроля движения перед пешеходным переходом, работа которых не зависит ни от времени суток, ни от погодных условий.

Для решения данной проблемы можно использовать систему на основе радиолокационных датчиков. В данной работе использовался доплеровский СВЧ-датчик НВ100.

Датчик выбран таким образом, чтобы выполнялось условие различимости автомобиля на фоне земной поверхности (асфальта). Это условие выполняется, если эффективная площадь рассеивания (ЭПР) автомобиля больше ЭПР облучаемого диаграммой направленности антенны участка асфальтового покрытия.

$$S_{\text{покрываемая}} \cdot \sigma_{\text{асфальта}} < \sigma_{\text{автомобиля}},$$

где  $S_{\text{покрываемая}}$  – площадь покрытия датчика, пусть примерно равна  $50 \text{ м}^2$ ;  $\sigma_{\text{асфальта}}$  – удельная ЭПР участка асфальта для длины волны  $\lambda = 3 \text{ см}$ , равная  $0,063 \text{ м}^2$ ;  $\sigma_{\text{автомобиля}}$  – ЭПР автомобиля для длины волны  $\lambda = 3 \text{ см}$ , равная  $5 \text{ м}^2$ .

$$S_{\text{покрываемая}} \cdot \sigma_{\text{асфальта}} = 3 \text{ м}^2;$$

$$3 \text{ м}^2 < 5 \text{ м}^2.$$

Расчет произведен для длины волны 3 см, реальные же датчики имеют длину волны намного короче, а поэтому диаграмму направленности можно значительно сузить и это условие будет выполнено с большим запасом. Следовательно, автомобиль будет различим датчиком на фоне асфальта, так как ЭПР автомобиля больше ЭПР асфальта, покрываемого датчиком.

Датчик, расположенный над стоп-линией на высоте 5 м и направленный на проезжую часть, измеряет скорость транспорта начиная с расстояния около 15 м. Соответственно, автомобиль не должен превышать скорость в 35 км/ч, чтобы остановиться перед стоп-линией (рис. 1).

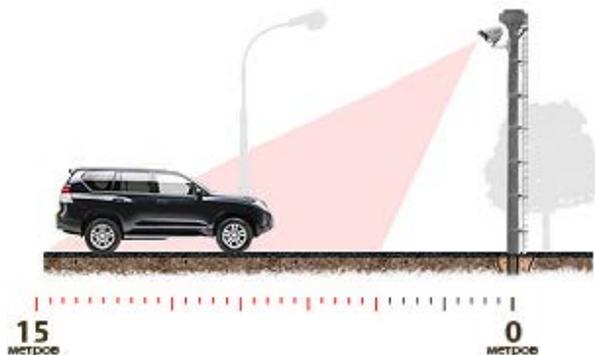


Рис. 1. Схема расположения датчика

По приближенному расчету, легковой автомобиль, двигающийся по сухой проезжей части, со скоростью 35 км/ч (9,72 м/с) будет иметь тормозной путь равный 6,24 м и остановочный путь 14,09 м.

Легковой автомобиль, двигающийся по мокрой проезжей части, со скоростью 35 км/ч (9,72 м/с) будет иметь тормозной путь, равный 7,55 м и остановочный путь 15,39 м.

Использование данной системы контроля целесообразно на нерегулируемых пешеходных переходах, при включении в систему датчика, контролирующего приближение пешехода.

### Библиографический список

1. **Данилов, С. Н.** Автомобильные радары / С. Н. Данилов, Д. А. Сыщикова // Радиозлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. третьей Всерос. молодежной науч. конф. – 2019. – С. 68 – 70.
2. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / А. Р. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.
3. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

## **ЗОНЫ «ТЕНЕЙ» ОДНОЧАСТОТНОЙ СЕТИ DVB-T2**

*Ю. П. Попова, Д. П. Увакин, Р. В. Тихомиров*

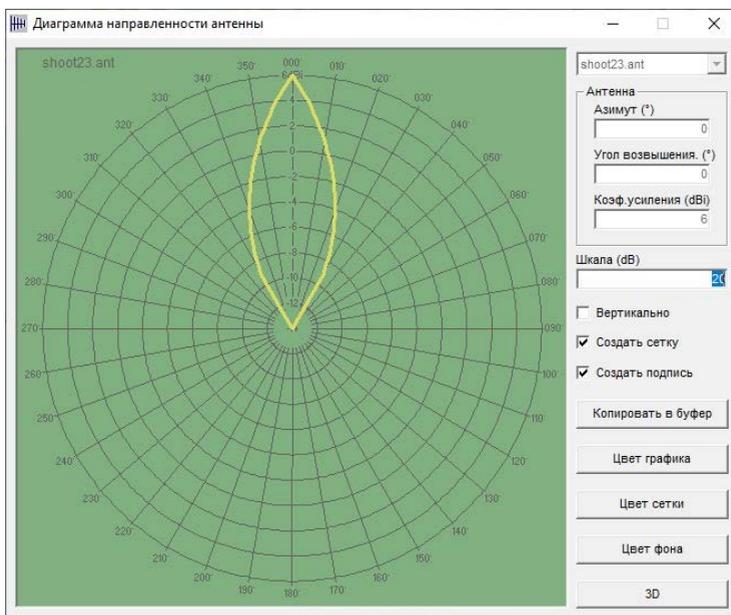
*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

В одночастотной сети (ОЧС) цифрового эфирного телевизионного вещания (DVB-T2) внутри зоны обслуживания существуют зоны «теней», которые обусловлены дифракционными потерями сигнала. Зоны «теней» вызваны большими застройками и сложным рельефом местности. Для расчетов зон обслуживания эфирных телевизионных сетей используют двумерные модели распространения в дальней зоне, такие как Окамура-Хата или рекомендации R.1546, COST. Вышеперечисленные модели расчета не отличаются высокой точностью и не применяются для профилей сложных трасс. В таком случае согласно рекомендациям МСЭ-R более всего подходит модель Лонгли-Райса [1], чтобы корректно рассчитать зону покрытия. Данная модель учитывает ослабление в свободном пространстве, дифракционные эффекты, тропосферное рассеивание, что обеспечивает высокую точность расчета для сложных трасс различной длины. Наличие зоны «теней» можно определить как графически по профилю трассы, так и по значению напряженности поля в исследуемом. Данное значение должно быть не менее 53 дБмкВ/м.

Проблемные участки зон покрытия телевизионных передатчиков можно осуществить двумя способами:

1. Установка дополнительного количества передатчиков ОЧС.
2. Установка Gapfillers.

Одной из основных причин появления теневых зон является закрытие сигнала естественным препятствием. Модуляция COFDM позволяет устранить эту проблему при помощи ретрансляторов (Gap Fillers). Они представляют собой маломощные и довольно простые устройства, принимающие и передающие сигнал на одном и том же канале и, следовательно, имеющие ту же самую частоту, что и вся сеть. Их излучение, как правило, не мешает другим ОЧС из-за небольшой мощности. Главным преимуществом использования COFDM является успешная борьба с эхосигналами, которые могут возникать из-за отражений от окружающих объектов. В качестве антенно-фидерного устройства для Gapfillers применяются панельные антенны, т.к. они предназначены для организации покрытия в заданной области, что значительно улучшает качество сигнала. Диаграмма направленности (ДН) с углом раскрыва 60 градусов и горизонтальной поляризацией представлена на рис. 1.



**Рис. 1. ДН панельной антенны с горизонтальной поляризацией и углом раскрытия 60°**

ДН панельной антенны была построена с помощью программного модуля RadioMobile.

При построении ОЧС особые требования предъявляются к точности/стабильности частоты. Все передатчики должны быть синхронизированы на одной частоте, таким образом, что обеспечивается сигналом спутниковой навигационной системы (GPS). Так как сигнал GPS может быть получен из любой точки мира и содержит точную информацию времени. Точность/стабильность частоты будут иметь величину порядка  $\pm 0,5$  Гц.

### Библиографический список

1. **Метод** прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц // Рекомендация МСЭ-R. 10/2009. 58 с. [Электр. публ. Женева, 2010]. – URL : [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-R.pdf)
2. **ГОСТ** РФ Р 56452–2015. Телевидение вещательное цифровое. Одночастотные сети системы цифрового телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2). Основные параметры.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ МЕТЕОНАВИГАЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА

*Ю. А. Рыкунов, И. А. Иванов*

*МИРЭА – Российский технологический университет (г. Москва)*

Бортовое оборудование летательного аппарата (ЛА) включает в себя огромное количество устройств, предназначенных для информирования летного экипажа о прохождении полета, о состоянии и параметрах самолета, его двигателей и систем.

Все современные магистральные пассажирские самолеты снабжаются метеонавигационной радиолокационной станцией (МНРЛС). Данное оборудование позволяет решать задачи, связанные с обеспечением безопасности полета, а именно:

- обнаружение зон грозовой деятельности;
- обзор рельефа земной поверхности;
- обнаружение сдвига ветра;
- анализ климатических условий.

Рассмотрим несколько аналогов МНРЛС в магистральных пассажирских самолетах, отвечающих вышеупомянутым задачам.

Первым аналогом является зарубежная метеорологическая радиолокационная система «RDR-4000». Основной функцией данной радиолокационной системы является определение отражающей способности грозового фронта при дождевых осадках на расстоянии до 600 км перед самолетом. Радиолокационная система сообщает летному экипажу и о других метеорологических опасностях, включая турбулентность в пределах 74 км и сдвиг ветра в пределах 9 км перед самолетом.

Также данная станция содержит в себе такие особенности, как:

- 1) технология компенсации затухания эха дождя (добавление на дисплей радара зоны ослабления осадков);
- 2) увеличенная дальность обнаружения турбулентности;
- 3) отображение опасности, а именно прогнозируемый град и молнии. Принцип анализа заключается в сборе данных о погоде наряду с данными о температуре в объемном 3D-буфере, чтобы предсказать клетки, в которых будут образовываться непригодные для полета условия.

К существенным недостаткам «RDR-4000» относится то, что в РЛС не предусмотрена функция землеобзора, а также можно выделить высокую стоимость и большую массу, равную 75 кг.

В качестве второго аналога стоит выделить отечественную разработку – метеонавигационная РЛС с режимами информационного обеспечения безопасности полетов, под названием «А882.04». Функции станции предоставляют информацию летному экипажу:

- 1) отображение метеобстановки по маршруту полета с выделением зон интенсивных осадков и повышенной турбулентности;
- 2) индикацию воздушных и наземных препятствий в виде встречных воздушных судов и элементов рельефа земной поверхности;
- 3) панорамный и детальный обзор земной поверхности для навигационного ориентирования.

Преимущество данной РЛС над зарубежным аналогом в том, что масса станции равна 35 кг, а также в наличии функции землеобзора.

К недостаткам отечественной разработки стоит отнести отсутствие функции представления метеобстановки и высокую стоимость.

Исследовав аналоги МНРЛС, было принято решение разработать новую станцию, которая будет включать в себя локатор, который имеет функции метеобстановки и функции землеобзора, современную элементную базу и более дешевую стоимость. Отдельное внимание стоит уделить совершенствованию конструкции с целью уменьшения ее массы при дополнении ее волноводным трактом.

### **Библиографический список**

1. **Кучерявый, А. А.** Бортовые информационные системы : курс лекций / А. А. Кучерявый ; под. ред. В. А. Мишина и Г. И. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 504 с.

2. **Википедия** – свободная энциклопедия. – URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Авионика>

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ВЫБОРЕ  
ЦЕЛЕВОЙ НАГРУЗКИ БЕСПИЛОТНОГО  
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ  
В ИНТЕРЕСАХ СИСТЕМЫ СВЯЗИ  
И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*М. В. Самсонов, Е. А. Богословский*

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Анализ основных направлений совершенствования средств вооруженной борьбы показывает, что в период до 2035 г. наибольшее развитие получают «безэкипажные» системы оружия и, в частности, комплексы с беспилотными летательными аппаратами (КБЛА). Уже в настоящее время прослеживается тенденция к сокращению количества пилотируемых летательных аппаратов при увеличении численности БЛА, при этом происходит постоянное расширение номенклатуры последних и перечня решаемых ими задач [1].

КБЛА применяются для исследования земной поверхности, проведения воздушной разведки, целеуказания, а также в интересах системы связи и радиотехнического обеспечения. Важнейшей проблемой применения КБЛА при организации систем связи различного назначения и систем радиотехнического обеспечения полетов авиации является выбор оптимальной целевой нагрузки (ЦН) БЛА.

Существуют определения понятий «полезная нагрузка» и «целевая нагрузка», часто эти два определения отождествляют. Полезная нагрузка – все оборудование БЛА за исключением двигателя и планера летательного аппарата. ЦН входит в состав полезной нагрузки, но предназначена для решения специальных задач. К примеру, для решения задач увеличения дальности радиосвязи аппаратура ретрансляции, для решения задач радиотехнического обеспечения контрольная аппаратура, радиомаячная аппаратура и т.д.

Массогабаритные размеры и вид ЦН зависят от летно-технических характеристик БЛА и характера решаемых задач. Для решения задач в интересах системы связи и радиотехнического обеспечения целесообразно использовать БЛА самолетного типа среднего класса (взлетная масса 100...300 кг, ЦН до 40 кг). Может использоваться

беспилотный вертолет легкого класса (взлетная масса 150 кг, ЦН до 35 кг) [2].

Пункт обработки информации, поступающей от БЛА, будет размещаться на наземной станции управления (НСУ), где помимо обработки и отображения информации, поступающей от радиотехнических средств, осуществляется также управление БЛА. Современные телекоммуникационные технологии позволяют организовать канал связи с пропускной способностью, достаточной для обмена данными между БЛА и НСУ. Перенос функций управления носителем и аппаратурой летного контроля на «землю» позволяет значительно сократить массу ЦН БЛА.

ЦН может применяться как в модульном варианте, так и жестко связанной с конкретным БЛА. В зависимости от летно-технических характеристик БЛА может использоваться комбинированная ЦН.

При использовании КБЛА средства связи должны выбираться из стоящих на вооружении в ВС РФ образцов.

Таким образом, выбор целевой нагрузки беспилотного летательного аппарата для решения задач в интересах системы связи и радиотехнического обеспечения должен определяться следующими параметрами:

- летно-техническими характеристиками БЛА;
- минимально возможными массогабаритными размерами бортовой аппаратуры;
- модульностью конструкции целевой нагрузки;
- возможностью комбинирования целевой нагрузки;
- надежностью работы системы связи и РТО.

### **Библиографический список**

1. **Ильин, С. В.** Беспилотная авиация зарубежных стран / С. В. Ильин, А. В. Онищук // Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития : сб. пленарных докл. II Всерос. НПК. 11–12 марта 2020 года. – Воронеж : ВУНЦ ВВС ВВА (г. Воронеж), 2020. – С. 21 – 35.

2. **Виноградов, А. Д.** Принципы построения и состояние разработки беспилотного вертолета легкого класса / А. Д. Виноградов, Д. А. Дьяконов, В. И. Евсеев // Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития : сб. пленарных докл. II Всерос. НПК. 11–12 марта 2020 года. – Воронеж : ВУНЦ ВВС ВВА (г. Воронеж), 2020. – С. 63 – 85.

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ АС ВУД

*Р. А. Сарычев, А. Р. Хребтов, Ю. Н. Панасюк*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Точность измерения угловых координат целей является одним из важнейших требований, которое предъявляется к радиолокационным системам (РЛС) различного назначения. Точность измерения углов зависит как от внутренних методов обработки сигнала, так и от внешних условий, например, из-за изменений давления воздуха, что влияет на измерение угла места и азимута, вызывая возникновение случайной ошибки измерения [1]. Однако более частые источники возникновения систематических ошибок определяются внутренними факторами [2].

Целесообразность повышения точности измерения угловых координат определяется взаимосвязью между показателями качества результатов первичных измерений и вторичной обработки полученной информации. Наилучшая точность измерения угловых координат на данный момент достигается при использовании метода конического сканирования и при моноимпульсной пеленгации [1].

Наряду с точностью важно следить и за достоверностью измерения, повышение которой приводит к уменьшению вероятности ложного захвата цели по боковому лепестку, что уменьшает вероятность перепутать траекторию сопровождаемой цели с траекториями близко расположенных целей.

Цель работы – повышение точности определения координат маневрирующей цели. Для этого предполагается использовать совместное измерение угловых координат двумя РЛС с фильтрующими устройствами, основанными на различных математических моделях.

Измерение угловых координат моноимпульсным методом при помощи одной РЛС показано на рис. 1.

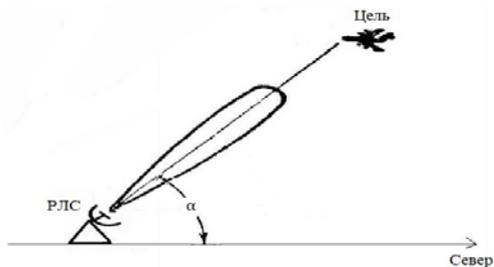


Рис. 1. Метод измерения с помощью одной РЛС

В данном случае в качестве устройства, производящего вторичную обработку информации, используется фильтр Калмана, построенный на основе 3-хмерной модели.

При измерении одной РЛС и выполнении с целью сложных резких маневров возрастает ошибка измерения. Для минимизации данного вида ошибок предполагается использование дополнительной РЛС.

При помощи двух РЛС, разнесенных в пространстве, можно реализовать метод измерения, показанный на рис. 2.

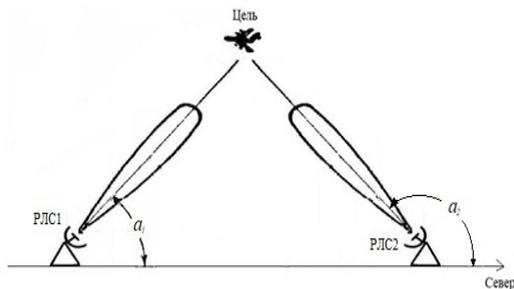


Рис. 2. Метод измерения при помощи двух разнесенных в пространстве РЛС

В отличие от первого метода, здесь будут использованы две РЛС с разными установленными фильтрами. Один из них так же, как и в первом методе, будет основан на 3-хмерной модели, а во втором будет применен фильтр, основанный уже на 2-хмерной модели. В одной и той же точке пространства для двух РЛС цель будет вести себя по-разному, т.е. будут различаться результаты первичного измерения, а также будут отличаться законы изменения траектории движения. В результате вторичной обработки с выходов обоих фильтров будут получены невязки, разность которых позволит оценить точность, а также производить дальнейшую экстраполяцию.

Таким образом, применение дополнительного 2-хмерного фильтра Калмана позволит нивелировать ошибки, связанные с резким маневрированием целей. Недостатком данного метода повышения точности измерения угловых координат цели состоит в том, что требуется тригонометрическое преобразование полученного измерения от РЛС-2.

### Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

2. **Kurnosov, R. Yu.** Improving Metrological Reliability of Information-Measuring Systems Using Mathematical Modeling of Their Metrological Characteristics / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 032077 doi :10.1088/1742-6596/1015/3/032077.

## МОДУЛЬ ДЛЯ СИСТЕМ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

*М. П. Свиридов, О. В. Рябинин, В. А. Кондусов*

*Воронежский государственный технический университет (г. Воронеж)*

Разработанное устройство (модуль) может осуществлять коммутацию восьми мощных нагрузок, расположенных от пункта управления на расстоянии более километра. Структурная схема устройства представлена на рис. 1.

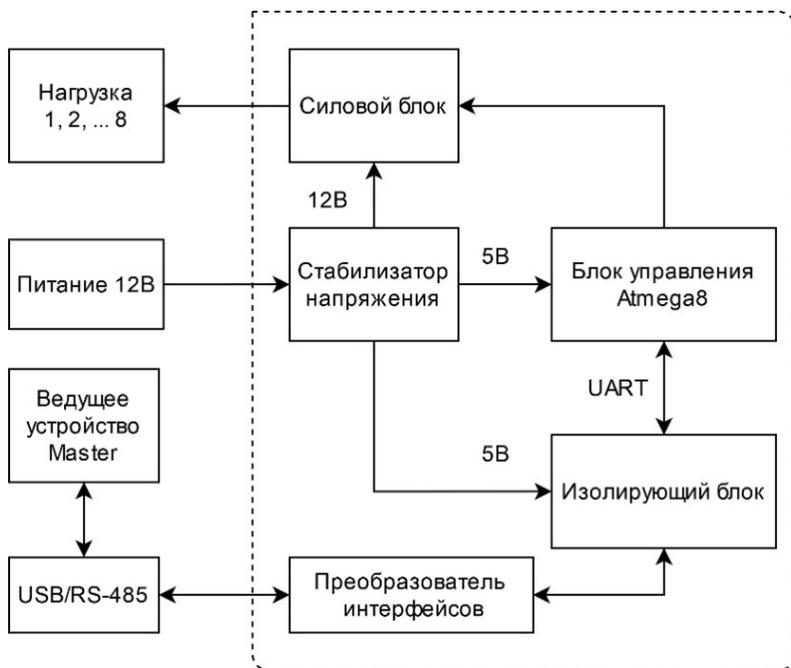


Рис. 1. Структурная схема устройства

Управление модулем осуществлено посредством протокола Modbus RTU, по линии RS-485 – одному из самых распространенных промышленных интерфейсов, который по сей день активно применяется в системах промышленной автоматизации, пожарной и охранной сигнализации, контроля доступа и пр. Также в модуле реализована обратная связь состояния каналов.

Для работы с устройством были предусмотрены переходник интерфейсов USB/RS-485 и программа, совместимая с Windows/Linux, простым и понятным интерфейсом пользователя.

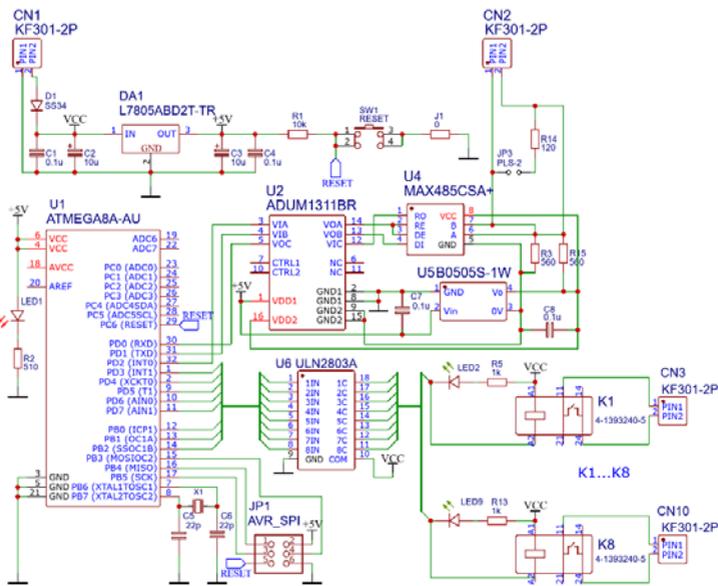


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

На разъем CN1 подается питание устройства напряжением 12 В. Стабилизатор L7805 понижает напряжение до 5 В для логической части схемы. CN2 – вход интерфейса RS485. Разъемы CN3 – CN10 служат для подключения нагрузки. Управляет модулем микроконтроллер AVRATMEGA8. Преобразователь интерфейсов RS485-RS232 (микросхема MAX485) гальванически развязан с остальной схемой посредством цифрового изолятора ADUM1311 и DC-DC преобразователя B0505S-1W. Напряжение изоляции до 5 кВ.

Силовая часть состоит из сборки Дарлингтона ULN2803 и восьми реле.

## Библиографический список

1. **Как общаются** машины: протокол Modbus [Электронный ресурс] // Хабр. – URL : [habr.com/ru/company/advantech/blog/450234/](http://habr.com/ru/company/advantech/blog/450234/)
2. **Белов, А. В.** Конструирование устройств на микроконтроллерах / А. В. Белов. – СПб. : Наука и техника, 2005. – 256 с.
3. **Рекомендации** по разводке сети интерфейса RS-485 [Электронный ресурс] // ИТеК ББМВ. – URL : <https://eni-bbmw.ru/index.php/ru/doc/statya/226-rs-485>

## РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОАНОДНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТЬЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ

*И. А. Соловьева<sup>1</sup>, Д. С. Соловьев<sup>2</sup>*

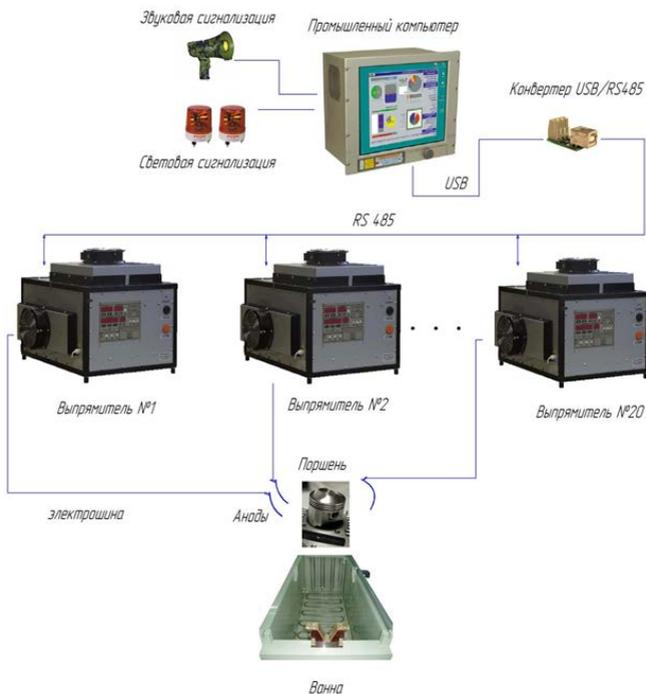
<sup>1</sup>*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов),*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный университет  
имени Г. Р. Державина (г. Тамбов)*

В предлагаемом способе для нанесения равномерного гальванического покрытия используются аноды, которые подключены к отдельным источникам питания. Данное конструкторское решение позволяет избирательно регулировать соотношение плотности тока на поверхности обрабатываемой поверхности катода (детали) путем использования различных значений силы тока на различных анодах. Однако произвольное изменение токов предлагаемым образом приводит к получению неоднородного профиля напряжения в гальванической ванне, что приводит к отличающейся плотности тока на поверхности катода, которая, как следствие, согласно закону Фарадея, обеспечивает неравномерное осаждение толщины гальванического покрытия. Таким образом, существует необходимость в создании системы управления многоанодными гальваническими процессами, которая позволяет одновременно оптимизировать толщину осаждения покрытия и осуществлять динамическое регулирование токовых режимов для анодов [1].

Размеры, форма, количество и расположение используемых анодов могут изменяться в процессе нанесения гальванического покрытия в зависимости от обрабатываемой формы катода. Путем комплексного или выборочного изменения данных варьируемых переменных система управления может обеспечивать выравнивание неоднородного профиля напряжения в электролите гальванической ванны, что в итоге обеспечит равномерность получаемого покрытия.

На рисунке 1 приводится реализация системы управления гальваническим процессом, которая состоит из промышленного компьютера, светозвуковой сигнализации, конвертера USB/RS485, совокупности выпрямителей, количество которых совпадает с количеством используемых анодов, поршня и ванны с катодом.



**Рис. 1. Реализации системы управления**

Следует отметить, что предлагаемая система управления может реализовывать не только стационарный режим электролиза, но и нестационарный (импульсный, асимметричный и реверсивный ток).

### **Библиографический список**

1. Соловьева, И. А. Алгоритмическое и аппаратное обеспечение системы управления многоанодными ваннами / И. А. Соловьева, Д. С. Соловьев, Ю. В. Литовка // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. Четвертой Всерос. молодежной науч. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 203 – 205.

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ РАДИОСВЯЗИ В МОРСКОЙ АВИАЦИИ**

*Е. П. Сорока, М. А. Стафеев*

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил  
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Возрастающие боевые возможности беспилотных и пилотируемых авиационных комплексов меняют характер современных боевых действий. Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов свидетельствует о возрастании роли авиации. В современных условиях значительно возрастает роль морской авиации. Являясь наиболее мобильным и маневренным родом сил Военно-морского флота, морская авиация наряду с подводными и надводными силами составляет его основную ударную мощь и предназначена для решения задач как самостоятельно, так и во взаимодействии с силами флота.

Основным средством управления авиацией является воздушная радиосвязь. Для успешного выполнения задач, таких как поиск и уничтожение подводных лодок противника, воздушная разведка в океанских и морских зонах, наведение и выдача целеуказания силам флота и др. воздушная радиосвязь должна обладать требуемым качеством.

Под качеством радиосвязи понимается ее способность обеспечивать своевременную, достоверную и безопасную передачу информации в процессе управления авиационными формированиями и отдельными экипажами воздушных судов.

Снижение качества воздушной радиосвязи с экипажами воздушных судов морской авиации может быть обусловлено следующими причинами [1]:

- насыщенность радиостанциями небольших участков при приблизительно одинаковом диапазоне волн работающих радиостанций;
- мешающее действие радиостанций большей мощности;
- атмосферные электрические разряды, особенно в летнее время;
- постановка помех противником и др.

При организации радиосвязи в дециметровом диапазоне длин волн, в силу непредсказуемости условий распространения радиоволн от сеанса к сеансу связи, изменяется значение сигнал/шум и в конкретном сеансе оно заранее неизвестно. Это может привести к невыполнению требований по достоверности доведения информации.

Одновременность приема и передачи замедляет темпы работы, так как искаженные знаки могут быть исправлены только по окончании передачи, или после запроса со стороны принимавшей радиостанции.

Для того, чтобы избежать возможности перехвата передаваемых по радио сведений противником необходимо применение шифрования или кодирования информационного обмена.

При современной скоротечности и динамичности боевых действий авиационная радиосвязь в ВМФ должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечение управления с самолета;
- максимальная, почти мгновенная, скорость передачи;
- возможность одновременной передачи и приема;
- возможность передачи данных.

Учитывая высокие требования и особо тяжелые условия работы на самолете для решения задач воздушной радиосвязи целесообразно комплексное применение радиосредств различных диапазонов, в том числе средств спутниковой связи.

### **Библиографический список**

1. **Радиосвязь** самолетов. Средства связи между самолетами в воздухе. – URL : <http://avia.pro/blog/radiosvyaz-samoletov>, <http://stroimsamolet.ru/radiosvjaz-samoletov-sredstva-svjazi-mezhdu> (дата обращения: 26.03.2020).

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОСАДОЧНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ**

*Д. А. Сторожев*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Посадочные радиолокационные станции (ПРЛС) предназначены для контроля с земли за выдерживанием воздушного судна (ВС) заданной линии курса и глиссады планирования на последней посадочной прямой, а также для управления посадкой путем передачи экипажу команд, корректирующих траекторию его снижения [1, 2].

На основании известных параметров существующих станций в ПРЛС необходимо продолжить внедрение фазированной антенной решетки (ФАР), которые позволят существенно улучшить точностные характеристики РЛС в режиме сопровождения на проходе, что важно для повышения качества прогноза воздушной обстановки, анализа аварийных ситуаций, повышения пропускной способности аэродромов. Измерители угловых координат должны быть моноимпульсными [1].

Гибкость управления лучом диаграммы направленности ФАР ПРЛС, например, позволяет адаптировать обзор к конкретным условиям. В качестве критерия для повышения темпа обновления информации можно использовать соотношения [1]:

$$\Delta h \leq K\Delta h_g;$$

$$\Delta z \leq K\Delta z_g,$$

где  $\Delta h$  и  $\Delta z$  – линейные отклонения ВС от заданной линии планирования (ЗЛП) в вертикальной и горизонтальной плоскостях;  $\Delta h_g$  и  $\Delta z_g$  – допустимые линейные отклонения ВС от ЗЛП, определяемые классом аэродрома [3];  $K$  – коэффициент расширения зоны допустимых отклонений [3].

Качество управления ВС, характеризуемое  $\Delta h$  и  $\Delta z$ , будет зависеть от алгоритмического обеспечения как бортового навигационного комплекса ВС, так и измерителей ПРЛС. Учитывая высокие требования по выдерживанию  $\Delta h$  и  $\Delta z$  для формирования команд управления с использованием дальности до ВС, угловых координат (азимута, угла места), угловых скоростей перемещения линии визирования в алгоритмах фильтрации экстраполированных траекторий в ПРЛС целесообразно использовать математический аппарат оптимальной калмановской фильтрации [3].

Актуальной является задача улучшения разрешающей способности по дальности и угловым координатам. Использование, например, фазоманипулированных сигналов в ПРЛ ФАР не только улучшает разрешающую способность по дальности, но и позволяет снизить большие импульсные мощности передатчиков, улучшить характеристики обнаружения сигналов ВС, наблюдаемых на фоне помех, повышает скрытность работы РЛС [3].

Особенно важными в ПРЛ являются вопросы автоматизации процессов измерения координат, решения задач в соответствии с алгоритмами вторичной обработки, вопросы их анализа, формирования сигналов управления для бортовой аппаратуры ВС. Передача сигналов управления может осуществляться не только через применяемые сейчас самостоятельные линии передачи данных, но и с использованием передающей аппаратуры ПРЛС в дискретно-адресном режиме вторичного канала.

### Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

2. **Kurnosov, R. Yu.** Improving Metrological Reliability of Information-Measuring Systems Using Mathematical Modeling of Their Metrological Characteristics / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 032077 doi :10.1088/1742-6596/1015/3/032077.

3. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В РСА**

*С. А. Титова, Д. А. Яковлева, А. П. Рыжков*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Обзор земной и водной поверхностей с помощью РСА является одним из распространенных способов получения информации при дистанционном зондировании. Однако следует ожидать, что в реальных условиях применения РСА решение этой задачи будет происходить при интенсивном радиоэлектронном противодействии. Поэтому при разработке РСА самое пристальное внимание уделяется обеспечению защиты от преднамеренных помех.

В работе [1] на основе использования методов Марковской теории фильтрации применительно к многоканальным системам изложены теоретические положения синтеза оптимальных и квазиоптимальных алгоритмов обработки сигналов в РСА, осуществляющей обзор земной поверхности в условиях преднамеренных помех с известными параметрами. На основе адаптивного байесовского подхода синтезированы адаптивные к неизвестным параметрам помех квазилинейные и субоптимальные алгоритмы.

Анализ полученных алгоритмов показывает, что в структуре адаптивных алгоритмов обработки сигналов в РСА, решающей задачи картографирования земной поверхности в условиях преднамеренных помех, можно выделить два параллельных, но взаимосвязанных канала обработки: канал оценки вектора  $E$  информационных параметров (совокупность пространственных и временных фильтров) и канал оценки неизвестных параметров помех (блок анализа). Обобщенная структурная схема такого алгоритма представлена на рис. 1.

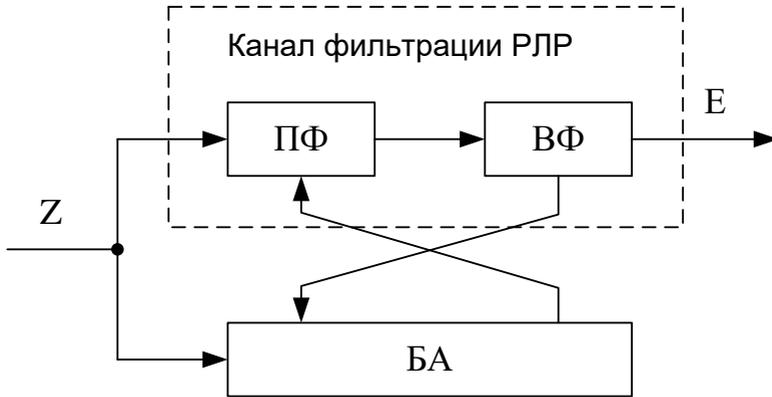


Рис. 1

Взаимная связь между выделенными двумя каналами проявляется в том, что при оценке вектора  $E$  информационных параметров используются оценки вектора неизвестных параметров помех и наоборот.

В работе методом статистического моделирования на ЭВМ была исследована работа оптимальных и адаптивных алгоритмов для двухканальной РСА при воздействии помехового сигнала от одной станции активных помех. Исследования проводились для следующих условий: отношение сигнал/шум – 30 дБ, отношение помеха/сигнал – –20 дБ, угол прихода помехи относительно направления, перпендикулярного базе антенн, составлял 45 градусов.

Результаты выполненного моделирования работы оптимального алгоритма показывают, что к концу интервала синтезирования дисперсия фильтрации радиолокационного рельефа (РЛР) не превышает дисперсии внутреннего шума, что соответствует потенциальной эффективности пространственной обработки [2, 3].

Дисперсия фильтрации РЛР, обеспечиваемая квазилинейным алгоритмом для рассматриваемой сигнально-помеховой ситуации, увеличивается на 2...4 дБ по сравнению с оптимальным алгоритмом и достигает значения порядка минус 26...28 дБ к концу интервала синтезирования.

Полученные результаты моделирования показывают, что исследуемые алгоритмы устойчивы, имеют высокую скорость сходимости, что обеспечивает к концу интервала синтезирования высокую точность оценки РЛР в условиях воздействия помех с неизвестными параметрами.

## Библиографический список

1. **Рыжков, А. П.** Синтез алгоритмов функционирования РСА в условиях активного радиоэлектронного противодействия / А. П. Рыжков, Г. Н. Нурутдинов // Радиотехника. – 2017. – № 2. – С. 37 – 46.

2. **Меркушова, К. А.** Оценка потенциальной эффективности пространственной обработки сигналов в РСА / К. А. Меркушова, Д. А. Яковлева, А. П. Рыжков // Книга: Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Четвертая Всерос. молодежная науч. конф., посвященная дню радио. – 2019. – С. 68 – 70.

3. **Меркушова, К. А.** Условия устойчивости пространственной обработки сигналов в двухканальной РСА / К. А. Меркушова, Д. А. Яковлева, А. П. Рыжков // Книга: Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Четвертая Всерос. молодежная науч. конф., посвященная дню радио. – 2019. – С. 70 – 72.

## РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ, РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ И ИХ ПРОСВЕТ

*Р. В. Тихомиров, Ю. П. Попова, Д. П. Увакин*

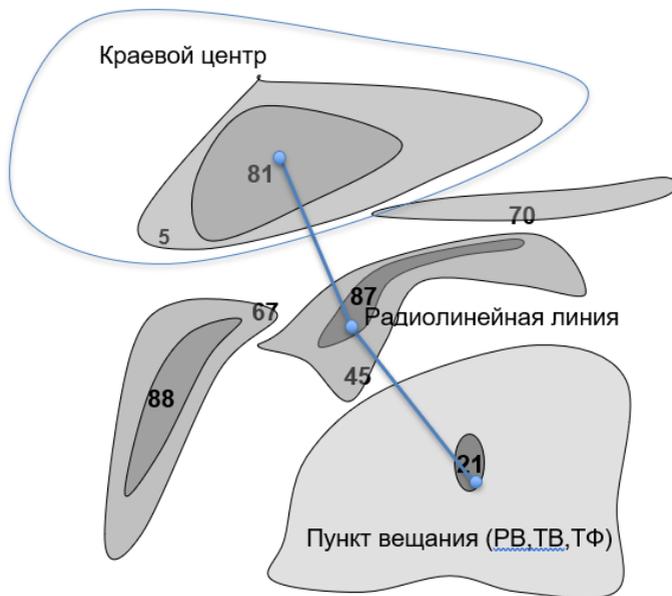
*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

Радиорелейная линия представляет собой магистраль, которая увеличивает дистанцию вещания с одного района в другой, выполняя роль ретрансляции.

Ниже представлена карта примерного расположения радиопередающих станций и РРЛ, которая увеличит дистанцию до необходимого района, где необходимо обеспечить любого рода вещание.

Как видно из карты, есть три точки, первая – откуда идет изначальное вещание, вторая – точка РРЛ (перенаправляет увеличивая дистанцию) и третья точка уже распределяет вещание по заданному району, то есть получается три графика показателей высот относительно уровня моря и для каждой свой просвет в зависимости от длины трассы и формы препятствий.

Для примера возьмем трассу с одним препятствием и обозначим минимальный просвет  $H^*(0)$ , абсолютный просвет  $H(0)$  и просвет с учетом влияния тропосферы  $H(q)$ . Расчетный просвет  $H_0$ , как правило, не обозначается на графике, как и относительный.



**Рис. 1. Картинка расположения радиопередающих линий и РРЛ**

В случае применения низкочастотных линий ТВ и РВ величина  $H_0$  может получиться такой, что соответствующие высоты антенных опор получаются, практически, труднореализуемы. В этих случаях следует ограничивать высоты антенн до 200...300 м (для РРВ) и 1,5...15,0 м допустим для приемников РВ, ТФ, ТВ. При этом на частотах меньше 500 МГц возможно построение радиолиний при более малых относительных просветах, которые могут браться от  $(0,1-0,5) \cdot H_0$ , и этот же относительный просвет обозначается как  $H(0)$  вместо полученного абсолютного просвета по формулам.

$$k = \frac{R_1}{R}; \quad (1)$$

$$H_0 = \sqrt{R\lambda k(1-k)/3}. \quad (2)$$

Определение абсолютного просвета без учета рефракции в тропосфере:

$$\Delta p(\bar{q}) = \frac{-\bar{g}k_{\text{трассы}}(1-k_{AY})R_{\text{трассы}}^2}{4H_{0\text{трассы}}}; \quad (3)$$

$$p_m(\bar{q}) = \sqrt{3(2m-1)}, \quad (4)$$

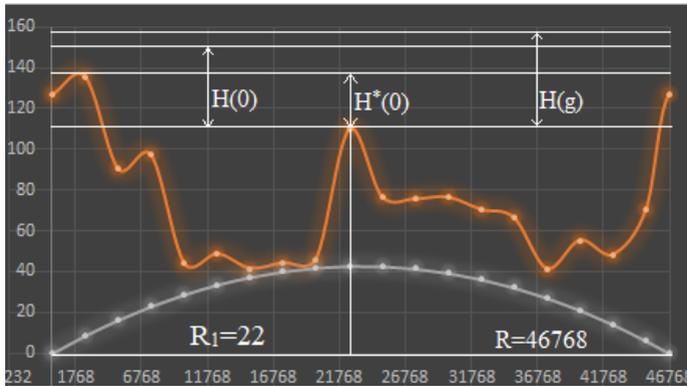
$p_m(\bar{q})$  – должно быть больше  $p^*(\bar{q})$  по условию  $\bar{g}$  – градиент диэлектрической проницаемости земли

$$H(0) = H_0(p_m(\bar{q}) - \Delta p(\bar{q})); \quad (5)$$

$$p^*(\bar{q}) = \frac{H^*(0)}{H_{0\text{трассы}}} + \Delta p(\bar{q}). \quad (6)$$

Определение просвета с учетом рефракции в тропосфере:

$$H(q) = p_m(q) \cdot H_{0\text{трассы}}. \quad (7)$$



**Рис. 2.** Примерный профиль трассы в зависимости от высот поверхности земли и три варианта подвеса антенны в зависимости от просвета

**Закключение.** Расположение приемопередающих устройств – одна из важных частей, от которой зависит просвет и экономия на материалах на подвес антенн, поэтому, как правило, антенны стараются располагать на самых высоких точках поверхности земли относительно уровня моря. Исходя из примеров, выбор просвета является одним из ключевых аспектов при построении трасс для любого вида вещания. Как видно из примеров, просвет подбирается в зависимости от препятствий на трассе и рефракции в тропосфере. Если мы хотим уменьшить вероятность перекрытия трассы, то выбор просвета с учетом рефракции в тропосфере будет лучшим вариантом, но при этом увеличатся замирания сигнала, поэтому выбор просвета не статичен, и подбирается в зависимости от поставленных задач.

## Библиографический список

1. **Орошук, И. М.** Космические и наземные системы связи и сети телерадиовещания : сборник лекций / И. М. Орошук. – Владивосток, 2000. – 100 с.
2. **Тищенко, М. Г.** Проектирование радиорелейных линий / М. Г. Тищенко. – М. : Связь, 1976. – 240 с.

## ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОТОВОГО МОНИТОРИНГА В КАМПУСЕ ДВФУ

*Д. П. Увакин, Ю. П. Попова, Р. В. Тихомиров*

*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

Согласно документации сотового оператора, предоставляющего услуги сотовой сети на кампусе ДВФУ, соединение является стабильным, а время дозвона полностью соответствует руководящему документу.

Эксперимент проводился в одном из зданий Кампуса ДВФУ по отношению к конкретной базовой станции. Измерения проводились в 12 точках на трех разных уровнях.

На рисунках 1 и 2 представлены графики полученных измерений.

Из полученных данных видна прямая зависимость времени дозвона сигнала от его уровня, а покрытие базовой станции распределено неравномерно относительно одного уровня высоты. Самый худший уровень сигнала наблюдался в точке 3 на 6 этаже и ему же соответствует наибольшее время дозвона.

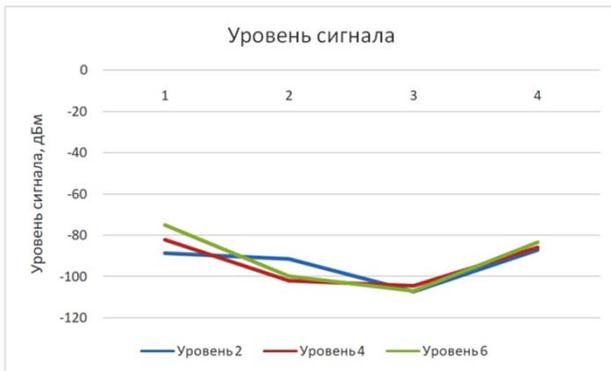
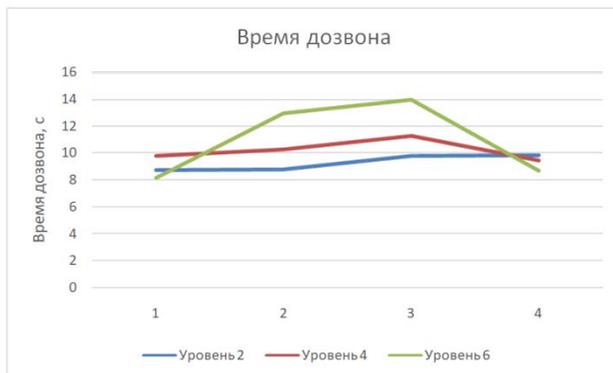


Рис. 1. Уровень сигнала в 4 точках на 3 уровнях



**Рис. 2. Время дозвона в 4 точках на 3 уровнях**

Время дозвона, измеренное опытным путем, согласно РД, не удовлетворяет высокому качеству связи в 100% измерений, а стандартному качеству связи в 91,7% измерений.

Заключение. Полученное время дозвона не соответствует предоставляемым сотовым оператором значениям. Это говорит о том, что покрытие сотовой сети все еще требует развития.

### **Библиографический список**

1. РД 45.162-2001. Ведомственные нормы технологического проектирования. Комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования. – М. : Институт сотовой связи.

## **ВЛИЯНИЕ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ АВТОМОБИЛЕЙ**

*А. Р. Хребтов, Р. А. Сарычев, С. Н. Данилов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Система контроля за движением транспортных средств (ТС) должна контролировать координаты положения ТС и определять поведение водителя на проезжей части. Так как предлагаемая система базируется на фазовом методе измерения угловых координат, то по сути

своей она является импульсной радарной системой с выходом в виде фазового детектора.

В данном исследовании рассмотрено влияние многолучевого распространения на ошибку измерения угла. Угловой пеленг автомобиля – главная характеристика, с помощью которой определяется поведение ТС[1].

Многолучевое распространение (МР) наблюдается чаще всего в городских условиях, когда на антенну приемника приходят не только прямые лучи, но и отраженные, искажающие принимаемый радиосигнал. Данная проблема актуальна не только для принимающей сигнал антенны, но и для приемопередатчика, установленного на ТС [2].

Целью данной работы является исследование влияния МР радиоволн на величину ошибки измерения угла, полученного на выходе системы.

На рисунке 1 схематично изображены пути радиоволн, отражающихся от объектов, расположенных в зоне действия системы. Как видно из рисунка, на автомобиль, движущийся по проезжей части поступает не только несущий сигнал, но и сигналы с задержкой. Далее сигнал принимается транспондером, установленным в автомобиле и ответный сигнал передается обратно на антенны системы контроля. В результате многократного отражения от объектов, образуется большое количество радиоволн, поступающих с различными задержками по времени.

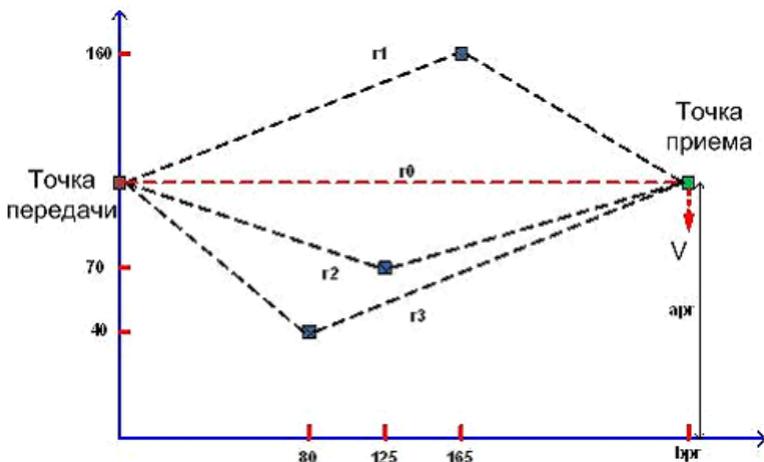
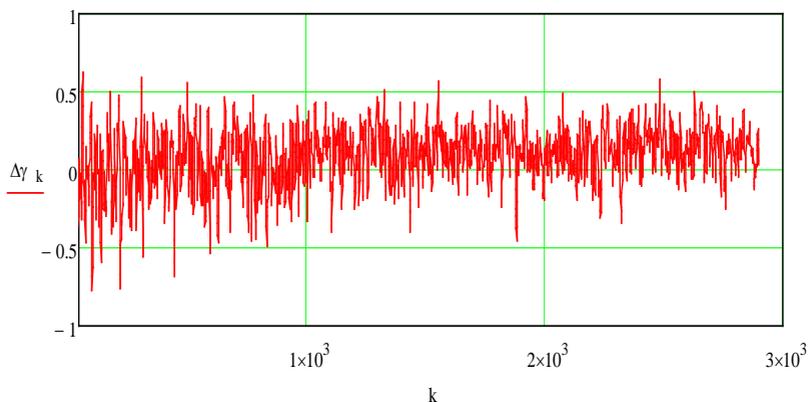


Рис. 1. Ошибка измерения угла

Для сравнения результатов оценки точности работы системы были путем моделирования оценены величины ошибок измерения угла. Зная погрешность в градусах, можно пересчитать эту величину в линейный эквивалент и понять, насколько увеличатся ошибки оценки положения ТС на местности (проезжей части).

На рисунке 2 представлена реализация оценки ошибки измерения угла при многолучевом распространении радиоволн при движении ТС.



**Рис. 2. Ошибка измерения угла**

В таблице 1 представлены величины среднеквадратических ошибок (СКО) в условиях отсутствия и наличия МР. Все величины получены при СКО шума 0,02 В.

### 1. Сравнение величин ошибки

Присутствие многолучевого распространения	Ошибка измерения угла, град.	Ошибка измерения в линейном эквиваленте, м
Нет	0,144	0,063
Да	0,194	0,085

Как видно из табл. 1, при выбранном методе измерения угла пеленга МР не критично сказывается на точности системы. По отношению к габаритам автомобиля, погрешность в 8,5 см является вполне допустимой.

## Библиографический список

1. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.

## СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ФИЛЬТРАЦИИ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЗА ДВИЖЕНИЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

*А. Р. Хребтов, Р. А. Сарычев, С. Н. Данилов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

С целью наблюдения и распознавания опасных ситуаций при движении транспортных средств требуется разработка различных систем обеспечения безопасности на проезжих частях. Одной из возможных систем является информационная система, способная контролировать положение транспортных средств (ТС) на проезжей части. Такая система дает возможность определить, каким является поведение автомобилиста на проезжей части с точки зрения его опасности для окружающих.

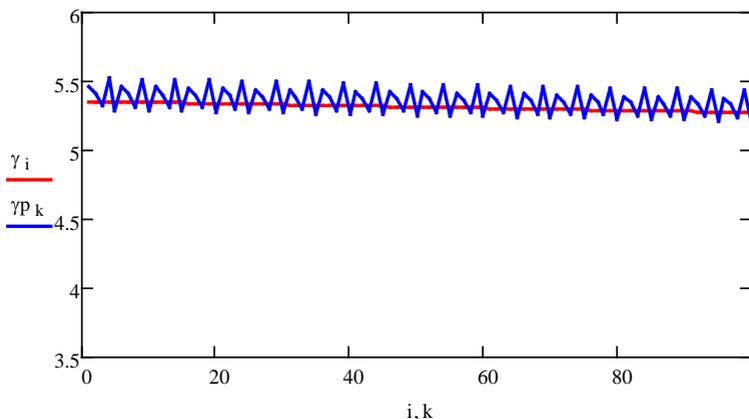
Предлагаемая система основана на фазовом методе измерения угловых координат. Измеритель угловых координат является по сути своей двухканальной импульсной радарной системой, подключенной к фазовому детектору (ФД). В состав системы входят две антенны или одна антенна с двойным облучателем, передатчик, два приемника, фазовый детектор и сглаживающий фильтр на выходе, после которого сглаженный сигнал проходит дальнейшую обработку [1 – 3].

Целью данной работы является исследование влияния структуры и типа сглаживающего фильтра на качество обработки сигнала с выхода фазового детектора и результирующую ошибку оценки угла.

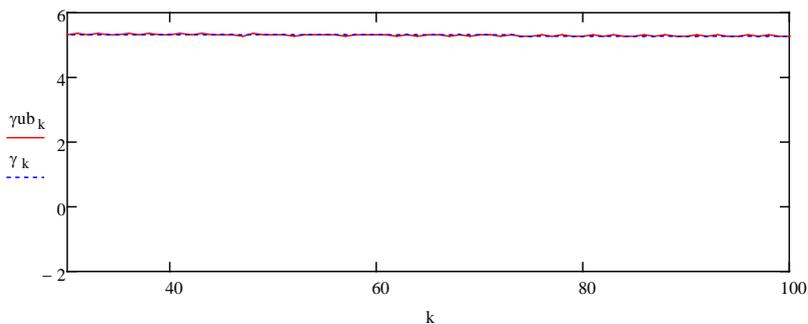
Сглаживающий фильтр используется для того, чтобы удалить сигналы комбинационных частот и помех с входа ФД. В частности, исследовались два сглаживающих фильтра: фильтр со скользящим окном и фильтр Баттерворта третьего порядка. Сравнение этих двух фильтров произведено по величине ошибки изменения угла, так как эта ошибка является главной характеристикой данной системы.

Фильтр со скользящим окном – в данном случае это фильтр с конечной импульсной характеристикой, в котором на выходной сигнал влияют только  $N$  последних измеренных значений. Для скользящего усреднения при моделировании было выбрано окно размером в 100 отсчетов. При выборе фильтра Баттерворта расчет коэффициентов полиномов производился из стремления обеспечить максимально плоскую АЧХ фильтра. При этом были получены следующие коэффициенты фильтра:  $a_0 = 1$ ;  $a_1 = -1,483$ ;  $a_2 = 0,9296$ ;  $a_3 = -0,2033$ ;  $b_0 = 0,03047$ ;  $b_1 = 0,0914$ ;  $b_2 = 0,0914$ ;  $b_3 = 0,03047$ .

На рисунках 1 и 2 для сравнения представлены результаты работы этих фильтров.



**Рис. 1. Выходной сигнал фильтра со скользящим окном**



**Рис. 2. Выходной сигнал фильтра Баттерворта**

Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что сглаживающий фильтр Баттерворта намного лучше сглаживает помеховую составляющую сигнала, по сравнению с фильтром со скользящим окном. После фильтра Баттерворта почти не наблюдается пульсирующей части составляющей с удвоенной частотой. Ориентировочная оценка точности угломера показывает, что ошибка оценивания угла уменьшается примерно в 3 – 5 раз.

### Библиографический список

1. **Пудовкин, А. П.** Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // *Journal of Physics : Conference Series*. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1 – 6.
3. **Алгоритм** дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // *Радиотехника*. – М., 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

**Секция 3**  
**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ**  
**И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**  
**В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ**

---

**РАСПОЗНАВАНИЕ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ**  
**РАДИОСИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

*Т. В. Аксенова, С. Н. Калашиников*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Системы передачи и обработки информации, как правило, являются составной частью сложных комплексов управления. Важность передаваемой информации делает их объектом информационного противодействия. Следует ожидать того, что система передачи будет непрерывно анализироваться средствами радиотехнической разведки третьих лиц и подвергаться подавлению в некоторые моменты времени [1].

В данном случае целесообразным является такой режим связи, при котором обеспечивается обнаружение факта воздействия на канал связи структурной помехи и последующая адаптация канала передачи к помеховой обстановке [2].

Во многих случаях наряду со слежением за информативной составляющей последовательности имеется возможность регистрации неинформативного признака, стохастически связанного с наблюдаемой последовательностью данных. Контроль состояния и управление структурой канала связи можно производить с учетом информации индикаторов сопутствующих признаков, представляющих собой измерительные датчики с определенным порогом срабатывания. Обнаружение факта воздействия помехи может быть осуществлено в результате совместной обработки совокупности индикаторных функций, порождаемых воздействием на канал структурной помехи [3]. Поскольку несущая частота передачи  $\omega_k$  сигнала  $s(t)$ , в точке расположения станции РЭП в момент  $t_0$  неизвестна, то помеха  $\eta(t)$  в точке приема появляется со случайной задержкой  $\tau > 0$  относительно момента времени  $t_0 \geq 0$  начала передачи. Для определения факта присутствия или отсутствия структурной помехи в ЗКС необходимо ввести индикаторную функцию  $\gamma(t | \tau)$ :

$$\gamma(t | \tau) = \begin{cases} 0, & \text{при } 0 \leq t \leq \tau; \\ 1, & \text{при } \tau < t < \infty. \end{cases} \quad (1)$$

Если за начало передачи сигналов  $s(t)$  принять время  $t_0 \geq 0$ , то структура наблюдаемых на входе приемника реализаций  $x(t)$  из (3) перейдет в

$$x(t) = \mu(t)S(t) + \xi(t) + \gamma(t | \tau)\eta(t). \quad (2)$$

С учетом (1) и (2), реализации  $x(t)$  на входе приемника будут иметь вид

$$x(t) = \begin{cases} \mu(t)S(t) + \xi(t), & \text{при } 0 \leq t \leq \tau; \\ \mu(t)S(t) + \xi(t) + \gamma(t | \tau)\eta(t), & \text{при } \tau \leq t \leq \infty. \end{cases}$$

В зависимости от вида структурной помехи несущим воздействием индикаторной функции может служить амплитуда, фаза, частота, момент появления и другие характеристики сигналов, уровень и дисперсия шума принимаемого сигнала.

Высокая скорость адаптации алгоритма функционирования канала передачи к существующей помеховой обстановке за счет использования индикаторных функций и изменения способов борьбы с помехами способна истощить информационную систему станции РЭП и минимизировать последствия воздействия организованных помех.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ,  
грант № 20-08-00091.*

### Библиографический список

1. **Куприянов, А. И.** Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А. И. Куприянов, Л. Н. Шустов. – М. : Вузовская книга, 2011. – 800 с.
2. **Аксенов, В. В.** Применение байесовского подхода для оценки сигнально-помеховой обстановки канала передачи информации технологической системы связи / В. В. Аксенов, В. И. Павлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Изд-во «Тамбовполиграфиздат», 2013. – Т. 19, № 2. – С. 284 – 290.
3. **Распознавание** состояния информационно-измерительной системы при неточных измерениях вектора ее фазовых координат / Г. Г. Себряков и др. // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. – № 11. – С. 15 – 19.

## АДАПТИВНАЯ РАДИОСВЯЗЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

*Т. В. Аксенова, С. Н. Калашиников*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Дистанционное взаимодействие оператора наземного комплекса управления и БПЛА организуется на основе радиосистемы управления. К системам управления БПЛА предъявляются и постоянно ужесточаются требования по снижению массы, уменьшению габаритов, увеличению функциональности, полетной дальности БПЛА, повышению энергоэффективности и улучшению характеристик командно-телеметрических линий радиосвязи.

Изменение условий распространения радиосигналов на участке НКУ-БПЛА ставит перед необходимостью адаптивного изменения параметров радиосигналов с целью выбора оптимального режима канала связи для текущих условий. Адаптивное изменение параметров должно обеспечивать требуемый уровень вероятности битовой ошибки независимо от соотношения сигнал/шум на входе приемников НКУ и БПЛА [1, 2]. Порогом для адаптивной смены режима канала связи можно считать число ошибок канального декодера, установленное соотношение сигнал/шум.

Основным адаптивно изменяемым параметром является вид модуляции. При небольших дистанциях БПЛА и НКУ следует использовать модуляцию с низкой энергозатратностью и высокой спектральной плотностью. На больших дистанциях следует придерживаться обратной зависимости и использовать соответствующие виды модуляции. Помимо модуляции адаптивной перестройке подлежат: способ канального кодирования, ширина полосы пропускания, скорость передачи данных, излучаемая мощность сигнала и др. [2].

Учитывая разнородность передаваемых по каналам связи данных (видеоизображение, данные с инфракрасных датчиков, навигационные параметры, команды управления и пр.) требования к вероятности символической ошибки, максимальной дальности функционирования системы связи, уровню сигнал/шум, скорости передачи данных и другим характеристикам каналов связи будут значительно варьироваться.

Решение задачи оптимального распределения энергетического ресурса по каналам связи представляется возможным в рамках единой многоканальной системы связи [3]. Сущность обработки информации такой системы состоит в формировании потоков данных с близкими по требованиям характеристиками каналов передачи. В зависимости от решаемых с помощью БПЛА задач и требований для надежной пе-

редачи данных на заданном уровне может быть выделено разное количество потоков, которые, в свою очередь, занимают отдельный канал связи. Задействованные каналы связи должны обладать минимальными для достоверной передачи энергетическим ресурсом.

Адаптивное изменение параметров каналов связи с БПЛА позволит эффективнее использовать энергетические ресурсы каналов связи и значительно повышать характеристики системы управления малогабаритных БПЛА. Формирование потоков данных с близкими требованиями надежной передачи позволяет минимизировать лимит каналов связи в рамках решаемых с помощью БПЛА задач.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ,  
грант № 20-08-00091.*

### **Библиографический список**

1. **Артемова, С. В.** Интеллектуальная информационно-управляющая система энергосберегающего управления / С. В. Артемова, А. А. Артемов, М. А. Каменская // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2019. – №2. – С. 9 – 17.
2. **Павлов, В. И.** Энергетические закономерности при дистанционном определении координат подвижных объектов полупассивным способом / В. И. Павлов, С. Н. Калашников, В. Н. Коломейцев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 1(63). – С. 212 – 216.
3. **Обоснование** требований к алгоритмическому обеспечению бортового комплекса беспилотного летательного аппарата / Г. Г. Себряков и др. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2017. – № 3(153). – С. 11 – 15.

## **СИНТЕЗ ФРАКТАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ДЛЯ СИСТЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB**

*С. В. Бабкин, М. М. Кирюпин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

На данный момент все чаще встает вопрос о синтезе новых типов микрополосковых антенн для систем широкополосного беспроводного доступа, которые, в свою очередь, не будут уступать предыдущим

типам антенн, а также обзаведутся улучшенными параметрами многодиапазонности, типа поляризаций и заданной формы диаграммы направленности. Немаловажным вопросом встает задача создания методов корректирования резонансных частот, модернизация геометрических размеров, которые способны гарантировать наличие требуемой диаграммы направленности.

Этим набором характеристик обладает класс антенн, основанных на печатных излучателях. Конструкция печатного излучателя довольно простая, но в то же время обладает большим количеством функций. Может осуществлять работу как на одной так и на нескольких частотах, в том числе имеет возможность создавать поля с различными поляризациями (линейная, круговая) [1].

Для задания узконаправленной формы диаграммы направленности с высоким значением коэффициента усиления микрополосковые антенны объединяют в антенные решетки либо применяют антенну. Для упрощения расчетов и производства модельных образцов проводится компьютерное моделирование. Если результаты расчета диаграммы направленности фрактальной антенной решетки совпадают с результатами компьютерной модели антенны, то это будет указывать, что модель системы удовлетворяет всем параметрам.

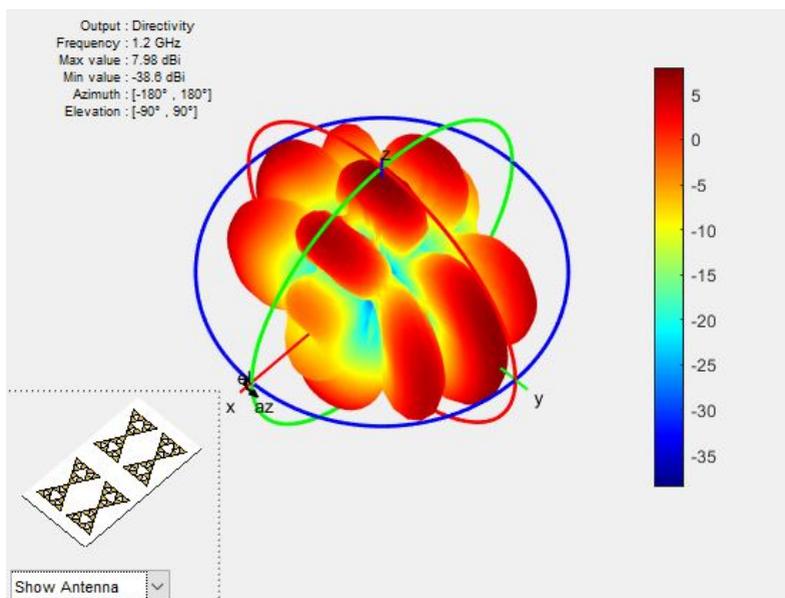


Рис. 1. Антенная решетка 2x2

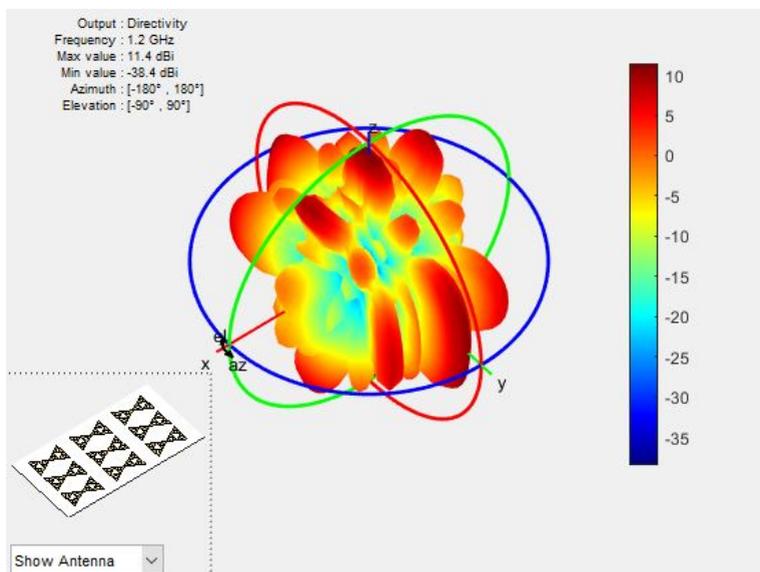


Рис. 2. Антенная решетка 3×3

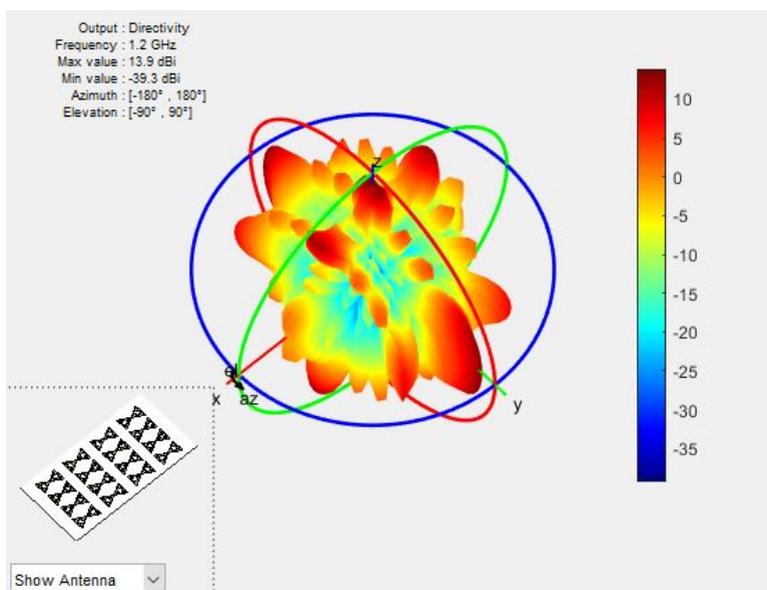
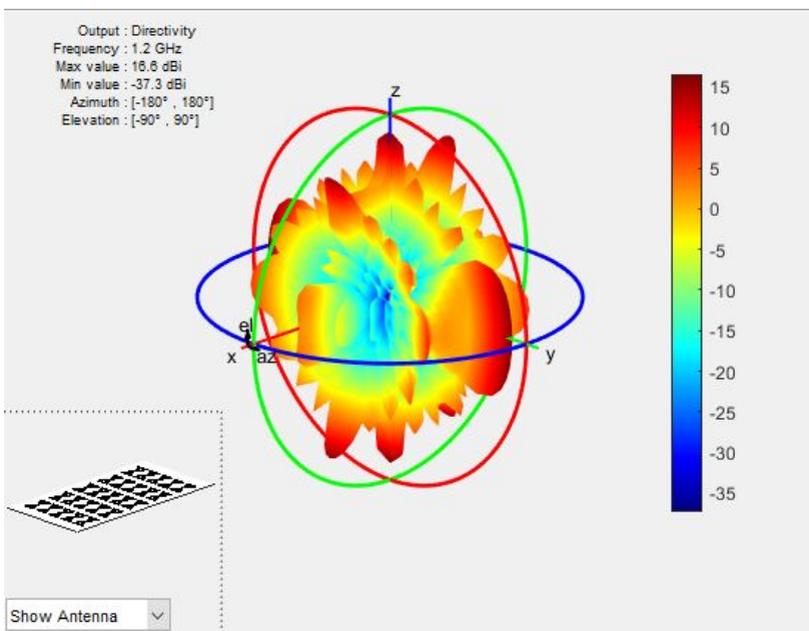


Рис. 3. Антенная решетка 4×4



**Рис. 4. Антенная решетка 5×5**

Применение микрополосковых антенных решеток является самым распространенным способом увеличения коэффициента усиления микрополосковых антенн. Для создания антенной решетки возьмем модернизированный фрактальный излучатель Серпинского, создадим антенные решетки и промоделируем его в Matlab.

Микрополосковые антенные решетки предназначены для работы в приложениях с линейной поляризацией и узкой полосой частот, где приемно-передающие антенны фиксировано направлены друг на друга для обеспечения режима работы в максимуме диаграммы направленности [2].

При увеличении количества элементов увеличивается коэффициент усиления и сужается диаграмма направленности антенны. Увеличение количества элементов антенной решетки произведено при сохранении внешних габаритных размеров антенны. Такой подход приводит к уменьшению размера элемента и смещению резонансной частоты в область высоких частот. Данные характеристики отлично подходят для использования в системах широкополосного доступа.

## Библиографический список

1. **Применение** фрактальных антенн для беспроводных широкополосных сетей четвертого поколения / А. С. Ефремова, О. А. Белоусов, С. Н. Калашников, О. А. Казарян // Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 56 – 61.
2. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ**

*К. С. Баев, А. Д. Афанасьев, В. А. Дьяченко*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В настоящее время в формированиях противовоздушной обороны для информационного обмена при управлении подчиненными силами и средствами у доверенных операторов связи арендуются цифровые каналы связи с фиксированной пропускной способностью [1]. Однако, как показывает опыт проводимых учений и мероприятий подготовки войск, в часы наибольшей нагрузки пропускные способности данных каналов не всегда обеспечивают информационные потребности должностных лиц органов управления [2]. При этом дополнительная аренда канального ресурса является достаточно затратной и нецелесообразной.

В то же время в системе связи формирования противовоздушной обороны между узлами связи развернуты и эксплуатируются линии прямой связи, образованные средствами радио, радиорелейной, тропосферной или спутниковой связи, которые, в первую очередь, предназначены для резервирования проводных каналов связи, арендуемых у операторов связи [3]. Соответственно для информационного обмена данные средства используются только при выходе из строя проводных линий.

Предлагается канальный ресурс, образованный различными линиями радиосвязи, использовать для информационного обмена при перегрузке проводных каналов связи в часы наибольшей нагрузки [4].

С одной стороны это позволит путем повышения пропускной способности системы связи обеспечить своевременное прохождение

всей необходимой информации без лишних затрат и привлечения дополнительных сил и средств.

Но, с другой стороны, это приведет к необходимости решения ряда проблемных вопросов:

усложнение процессов обмена информацией и распределения информационных потоков по разнородным каналам связи;

усложнение управления связью на оперативно-техническом и технологическом уровнях;

возможное снижение разведывательной защищенности элементов системы связи формирования противовоздушной обороны.

решение данных вопросов возможно проведением ряда технических и организационных мероприятий:

объединение в единую сеть разнородных средств связи (проводных, радио, радиорелейных, тропосферных, спутниковых);

разработка способов маршрутизации информационных потоков, учитывающих нагрузку на систему связи, возможности ее элементов по пропускной способности, приоритетность информации;

ведение постоянного ложного радиообмена по интенсивности схожего с часами наивысшей нагрузки;

разработка алгоритмов работы органов управления связью при организации и управления связью, а также комплексов средств автоматизации их реализующих.

### **Библиографический список**

1. **Арсланов, Х. А.** Автоматизированная система управления связью вооруженных сил российской федерации и приоритетные направления ее развития / Х. А. Арсланов, А. С. Башкирцев, А. М. Лихачев // Связь в вооруженных силах Российской Федерации. – 2016. – С. 17 – 20.

2. **Костарев, С. В.** Современные подходы к обеспечению разведывательной защищенности и живучести системы связи объединения в операциях (боевых действиях) / С. В. Костарев, И. Г. Воробьев // Военная мысль. – 2019. – № 11. – С. 58 – 68.

3. **Ермишян, А. Г.** Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях : учебник. Ч. 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи / А. Г. Ермишян. – СПб. : ВАС, 2005. – 740 с.

4. **Словарь** войск связи вооруженных сил Российской Федерации. – М. : Воениздат, 2008. – 216 с.

## ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

*К. С. Баев, А. Д. Афанасьев, Е. В. Головченко*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Для управления инфокоммуникационной сетью необходимо адекватное описание функционирования данной сети и, в первую очередь, оценка эффективности ее функционирования. Данная оценка должна учитывать особенности построения инфокоммуникационной сети, характеристики ее элементов, решаемые задачи, условия функционирования, воздействие внешних и внутренних дестабилизирующих факторов. Данным требованиям должен также удовлетворять и выбранный показатель эффективности функционирования инфокоммуникационной сети.

В большинстве случаев потеря или искажение информации имеет негативные последствия, поэтому эффективность функционирования сети можно оценивать не по положительному эффекту, а по отрицательному. В работе [1] в качестве показателя эффективности функционирования сети предлагается использовать риск сети, характеризующий материальные потери, которые понесет надсистема-пользователь из-за неверно переданной или потерянной информации, используя для передачи информации данную сеть:

$$R = PG ,$$

где  $G$  – потери пользователя;  $P$  – вероятность возникновения данных потерь.

Достоинством данного показателя является то, что он учитывает требования надсистемы, т.е. пользователя, в интересах которого инфокоммуникационная сеть создана и работает, и, в определенной степени, отражает целенаправленность функционирования сети.

В то же время, достаточно сложно рассчитать материальные потери пользователя и определить их зависимость от показателей функционирования инфокоммуникационной сети [2]. Это может ограничить применимость данного показателя для оценки реальных сетей и значительно усложнит физический смысл численных значений. Поэтому актуальной является задача разработки и обоснования показателя потерь, а также определение аналитических зависимостей выбранного показателя от показателей функционирования сети.

## Библиографический список

1. Головин, О. В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О. В. Головин, С. П. Простов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 598 с.
2. **Recommendation** ITU-T Y.1540. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters. – 2011. – 52 p.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ЛОГИКИ ПРЕДИКАТОВ В ВОПРОСЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ

*М. В. Букин*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Распределенные информационно-управляющие системы (ИУС), к которым относятся системы управления полетами (СУП) воздушных судов, как по назначению, так и по структуре относятся к классу сложных систем. Формальное описание динамики процесса функционирования таких систем представляет собой чрезвычайно сложную научную задачу.

Процесс функционирования СУП будем рассматривать с точки зрения ее способности обслуживать входящий поток требований, так как главная задача этой системы – обеспечение требуемой пропускной способности воздушного пространства при заданном уровне безопасности.

Из алгебры предикатов известно [1 – 3], что предикат с одной переменной позволяет описать свойство объекта, а предикат с  $n$  переменными – логические связи между объектами. В дальнейшем предикаты, устанавливающие соотношения между переменными функционирования СУП, будем рассматривать как высказывательные функции (ВФ). Будем считать, что ВФ  $F$  задается (определяется) множеством составляющих ее переменных  $M$ . В множестве  $M$  нас будет интересовать подмножество  $N\{t \in M/F(t)\}$ , на котором ВФ является истинной. Это подмножество называют областью истинности  $F$  и обозначают как  $F = N\{t \in M/F(t)\}$ .

Рассмотрим процесс управления полетами на отрезке времени  $[0, t]$  реализации  $S$ . Введем ВФ

$$F_{Sv}(t) = F_{Sv}^H(t) \wedge F_{Sv}^P(t). \quad (1)$$

В выражении (1) функция  $F_{Sv}^H(t)$  описывает входящий поток системы, а функция  $F_{Sv}^P(t)$  – процесс обслуживания требований системой.

Функция  $F_{Sv}(t)$  устанавливает значение истинности высказывания: требование, поступившее в СУП в момент времени  $t_v^H$  и пробывшее в ней до момента  $t_v^k$ , обслужено. Конкретное содержание функции  $F_{Sv}(t)$  и область ее значений, на которой определен процесс функционирования СУП, полностью определяются системой множеств:

$$\{ M_n, M_d, M_{в.п}, M_3, M_{БНС}, M_{УВД}, M_{ВС}, M_0M_v, M_{п.п}, M_y \}.$$

Поступление требований в систему может быть описано ВФ

$$F_{Sv}^H(t) = 0 \leq t_{Sv}^H \leq 1. \quad (2)$$

Момент поступления  $v$ -го требования входящего потока можно определить как

$$t_{Sv}^H = t_{S(v-1)}^H + \tau_{Sv}. \quad (3)$$

Переменная  $\tau_v$  – это интервал времени между наступлением событий  $v$  и  $v - 1$ . Ее можно вычислить следующим образом:

$$\tau_v = C_1 + C_2 \varepsilon_v. \quad (4)$$

Переменная  $C_1$  может быть задана числом или функцией. Компонента  $C_2 \varepsilon_v$  – случайная составляющая, причем  $C_2$  – некоторая константа,  $\varepsilon_v$  – случайная величина с законом распределения  $F(\varepsilon_v)$ . Введение такой компоненты позволяет учесть реальную картину функционирования СУП, когда точный учет всех факторов невозможен. ВФ (2) с учетом выражений (3) и (4) полностью описывает входящий поток требований на отрезке  $[0, t]$ .

Использование аппарата логики предикатов для формального описания процесса функционирования СУП – одно из перспективных направлений в исследовании эффективности таких систем и позволяет исследовать модели СУП с переменной структурой.

## Библиографический список

1. **Гуц, А. К.** Математическая логика и теория алгоритмов / А. К. Гуц. – Наследие, Диалог-Сибирь, 2003. – 231 с.
2. **Игошин, В. И.** Математическая логика и теория алгоритмов / В. И. Игошин. – Academia, 2008. – 198 с.
3. **Ершов, Ю. Л.** Математическая логика / Ю. Л. Ершов, Е. А. Палютин. – М. : Наука, Физматлит, 1987. – 203 с.

## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОМ

*В. В. Бурдюг, Т. В. Подвойская*

*Национальный исследовательский университет  
Высшая школа экономики (г. Москва)*

**Введение.** Существует много типов тренажеров по управлению летательными аппаратами (ЛА). Международный документ «Руководство по критериям квалификации тренажеров по имитации полета» предлагает несколько классов тренажерных установок в соответствии со сложностью их функционала [1]. Все эти тренажеры используют математические модели, симулирующие полет летательного аппарата.

В то же время возрастает спрос на обучение управлению квадрокоптером. Если говорить о возможности развития и отработки навыков управления реальным воздушным судном, использование стандартных пультов управления не совсем уместно. Общие принципы управления ЛА удобнее и правильнее развивать с помощью комплексной системы управления, аналогичной реальной системе управления ЛА: рычаг управления, педали, рычаг тяги.

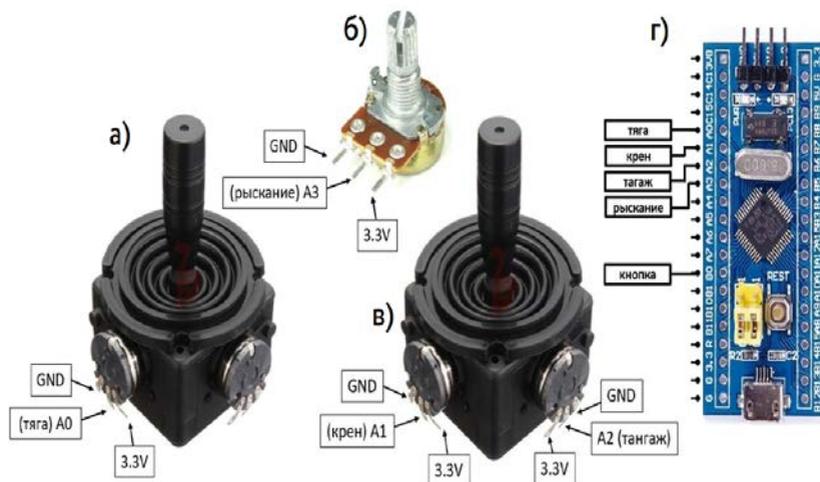
**Постановка задачи.** В рамках данной работы была поставлена задача спроектировать аппаратно-программную составляющую собственного тренажерного комплекса, с помощью которого можно осуществлять управление реальным квадрокоптером.

**Архитектура системы управления.** В основе аппаратной части создаваемого прототипа системы управления выбран контроллер на базе STM32F103C8T6 (рис. 1, 2), который прошит как игровой многоосевой джойстик и распознается ОП в качестве стандартного HID устройства. Для осуществления управления воздушным судном необ-

ходимо контролировать минимум *четыре оси*: крен, тангаж, рыскание и высоту с помощью специальных органов управления: рычагов и педалей, поэтому в контроллере нами задействованы 4 аналоговых входа (A0 – A3).

В качестве элементной базы используются стандартные переменные резисторы и джойстики.

Так, для управления креном и тангажом используется джойстик (рис. 1, *в*), который является основой для рычага управления. Для управления рысканием используется переменный резистор (рис. 1, *б*), который встроен в конструкцию педалей. Для регулирования мощности моторов квадрокоптера и, как следствие, высоты полета – используется второй модуль джойстика, изменяемый только по одной оси (рис. 1, *а*). Данный джойстик встроен в конструкцию рычага тяги.



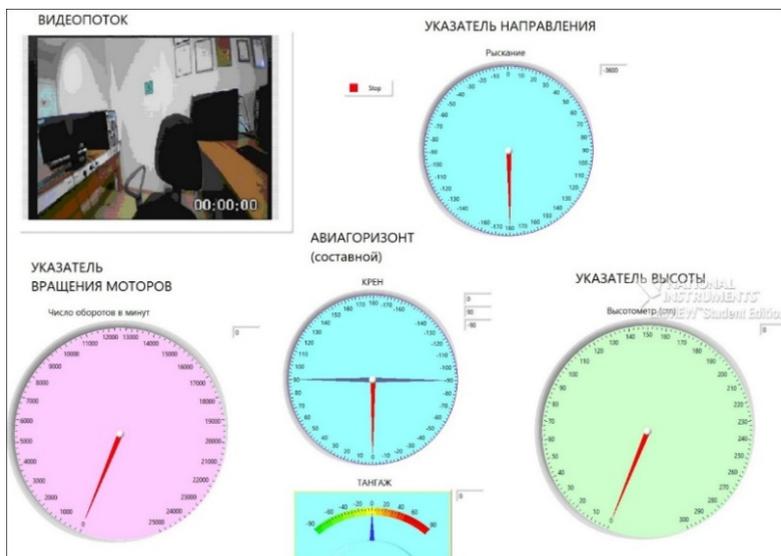
**Рис. 1. Аппаратные компоненты системы управления:**

*а, в* – модули джойстиков; *б* – переменный резистор;

*г* – контроллер на базе STM32F103C8T6.

**Программная часть.** Взяв за основу принципы организации приборной панели в ЛА, мы создали прототип виртуальной пилотажно-приборной панели в программе LabVIEW (рис. 2).

Сейчас уже реализован прибор захвата видеопотока с камеры на квадрокоптере. Однако, сохраняются сложности в программной реализации приборов, демонтирующих телеметрию квадрокоптера.



**Рис. 2. Внешний вид прототипа виртуальной приборной панели**

**Заключение.** В дальнейшем планируется доработка программы виртуальных приборов с помощью протокола передачи данных ZMQ.

### **Библиографический список**

1. **Стандарт** ICAO–Doc 9625. Руководство по критериям для квалификации тренажеров по имитации полета. Т. 1. Самолеты. – Изд. Генеральный секретарь Международной организации гражданской авиации, 2015. – 616 с.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОМ**

***В. В. Бурдюг, Т. В. Подвойская***

*Национальный исследовательский университет  
Высшая школа экономики (г. Москва)*

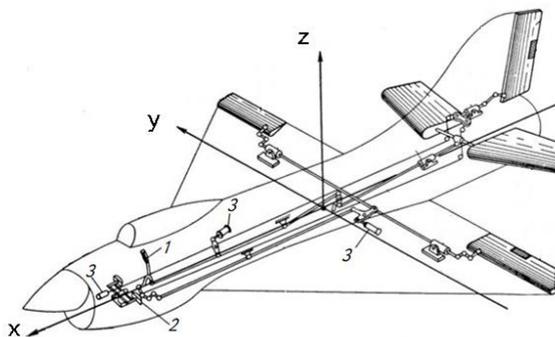
**Введение.** Существует много однотипных систем управления квадрокоптером, все они представляют собой стандартные пульты управления. Для осуществления управления такие системы предполагают использование больших пальцев обеих рук. С практической точ-

ки зрения, если говорить о возможности развития и отработки навыков управления реальным воздушным судном, использование стандартных пультов не совсем уместно.

Кроме того, существует большое количество тренажеров по управлению летательными аппаратами (ЛА) разного типа. Большинство тренажеров предоставляют возможность отработки навыков пилотирования на системах управления, которые копируют реальные управляющие механизмы ЛА – такие как штурвал или рычаг управления [1 – 3]. Для воссоздания полета в стандартных тренажерах используются компьютерные симуляции.

**Постановка задачи.** В рамках данной работы необходимо было создать модели элемента управления комплексной системы управления, аналогично той, которая используется в реальных ЛА.

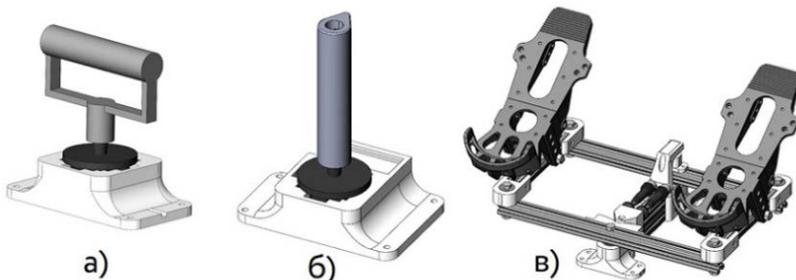
**Основные органы управления ЛА.** В реальных ЛА используется управление по четырем направлениям: крен ( $x$ ), тангаж ( $y$ ), рыскание ( $z$ ) – относительно самого ЛА (рис. 1) и высота – относительно поверхности взлета ( $z$ ). Управление осуществляется с помощью специальных управляющих органов. Так, для управления креном и тангажом используется один элемент управления: штурвал либо *рычаг управления* [5]. Для управления рысканием – *педали*, для регулирования высоты – *рычаг тяги* (рис. 1).



**Рис. 1. Схема расположения органов управления самолета:**

1 – ручка управления стабилизатором и элеронами (тангаж и крен соответственно); 2 – педали, управляющие рулем направления – ось рыскания; 3 – руль высоты

**Проектирование системы управления.** Взяв за основу принципы организации управления в реальных ЛА, мы спроектировали собственную систему управления в программе 3D-моделирования SolidWorks (рис. 2).



**Рис. 2. Система управления квадрокоптером, спроектированная в SolidWorks:**

*a* – рычаг тяги; *б* – ручка управления креном и тангажом; *в* – педали

Основные принципы управления:

1. Ручка тяги вперед (рис. 2, *a*) – взлет и увеличения расстояния над поверхностью взлета.
2. Рычаг управления (рис. 2, *б*) влево/вправо – поворот ЛА относительно продольной оси (крен).
3. Рычаг управления (рис. 2, *б*) вперед/назад – поворот относительно поперечной оси (тангаж).
4. Педали (рис. 2, *в*) нажатие левой педали – поворот по часовой стрелке, нажатие правой педали – против часовой стрелки.

**Заключение.** К настоящему моменту реализован первый прототип системы управления и протестирован в связке с квадрокоптером. В дальнейшем планируется физическая реализация второго прототипа предлагаемой системы (рис. 2).

### **Библиографический список**

1. **Стандарт** ICAO–Doc 9625. Руководство по критериям для квалификации. Т. 1. Самолеты. – Изд. Генеральный секретарь Международной организации гражданской авиации, 2015. – 616 с.
2. **Стандарт** 2018/006/R. CS-FSTD(A). Технические условия на сертификацию тренажеров для моделирования полета. – Европейское агентство по авиационной безопасности, 2018. – 184 с.
3. **Стандарт** 14CFR Part 60. Учебное устройство для имитации полета. Начальная и дальнейшая аттестация и использование. – Изд. Федеральное авиационное управление, 2012. – 639 с.
4. **Авиатренажер** Airbus A320 [Электронный ресурс]. – URL : <https://tft.aero/airbus> (дата обращения: 01.04.2018).

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОРАЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

*А. В. Васильев<sup>1</sup>, У. М. Сидиков<sup>2</sup>, В. А. Васильев<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России*

*<sup>2</sup>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Ситуация, в которой сегодня осуществляется модернизации российских ВКС, характеризуется значительным технологическим отставанием от вооруженных сил развитых государств на уровне оперативной и тактической разведки, а также ограниченной пропускной способностью и доступностью средствам разведки и радиоэлектронного подавления вероятного противника. Данные обстоятельства являются главной причиной того, что для ударной авиации задачи обнаружения и поражения часто меняющихся позиций целей, а также мобильных целей, остаются одними из сложных. Очевидно, требуется поиск альтернативных решений, позволяющих приблизить уровень разведывательного обеспечения ударных действий авиации к современным требованиям. Одно из таких решений основывается на том, что технологическая база современных средств разведки и комплексов средств автоматизации наземных пунктов управления позволяет не только решать задачи точного определения координат движущихся целей, но и автоматизировать расчеты, связанные с прогнозированием их местоположения для наведения боевых средств. Комплексная обработка оперативных данных разведки и геопространственных данных позволяет восполнить недостающие сведения (например, скорость движения) для прогнозирования местоположения движущейся цели при ее сопровождении и последующем поражении.

Предложена информационная технология, основывающаяся на методологии геоинформационного прогнозирования и позволяющая снижать неопределенность в оценке местоположения движущейся цели при ее сопровождении в условиях загруженности трафика в каналах воздушной радиосвязи, а также при воздействии преднамеренных и (или) непреднамеренных помех, приводящих к снижению интенсивности обновления координатной информации о цели. Данная технология интегрирует методы геоинформационного моделирования [1], экстраполяционные методы (или другие методы) прогнозирования и включает следующие этапы: сбор и обобщение первичных данных (геоданных, оперативных данных разведки и данных о маневренных характеристиках цели); моделирование вторичных данных; прогнозирование местоположения цели на заданный период упреждения.

Объектами моделирования могут быть: элементы местности, например, участок дороги (сеть дорог); процесс движения цели в границах контролируемого участка местности; дорожные и погодные условия; помеховая обстановка в контролируемой зоне и другие факторы, оказывающие влияние на процесс движения цели.

Для оценки возможностей предложенной технологии по повышению эффективности выполнения авиацией ударных задач в условиях мобильности целей использовались геоинформационные модели конкретного участка дороги и процесса движения одиночной цели по дороге [2], а также алгоритмы прогноза нулевого порядка и кусочно-линейной экстраполяции. Расчеты, проведенные с помощью рассмотренного в работе [3] научно-методического аппарата, показали для типового сценария сопровождения движущейся по дороге цели средних (по совокупности исходных данных) прирост величины информационно-боевого показателя – «вероятности выхода ударного авиационного комплекса на цель» при использовании указанных алгоритмов прогноза соответственно 10 и 18%.

#### **Библиографический список**

1. **Розенберг, И. Н.** Геоинформационное моделирование как фундаментальный метод познания / И. Н. Розенберг // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 3(21). – С. 12 – 15.
2. **Имитационное** пространственно-временное моделирование процесса движения наземной цели / В. А. Васильев, П. А. Федюнин, М. П. Беляев, А. В. Васильев // Автоматизация процессов управления. – 2019. – № 3(57). – С. 103 – 111.
3. **Модель** учета задержки информации в канале связи при оценивании эффективности функционирования системы управления авиацией / В. А. Васильев, П. А. Федюнин, М. П. Беляев, А. В. Васильев // Теория и техника радиосвязи. – 2019. – № 2. – С. 13 – 18.

### **СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА НЕЙРОСЕТИ В СИСТЕМЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ**

***Д. С. Гурин, Д. А. Сидорова, Т. Дзадагу, Н. Г. Чернышов***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Логистика является быстрорастущей и важной отраслью мировой экономики. В то же время, увеличивается и количество данных, которые накапливаются в процессе логистической деятельности. И здесь

на помощь – в анализе и интерпретации этих больших массивов данных – приходят алгоритмы машинного обучения (МО), некоторые из которых претендуют на звание искусственного интеллекта (ИИ) или нейросети. Цель МО – делать прогнозы, основанные на ранее определенных тенденциях и свойствах. Используя алгоритмы МО и ИИ есть возможность анализировать большие базы данных без включения человека в этот процесс. Иными словами, машинное обучение – это способ поставить аналитику больших данных на поток [1]. С помощью такой технологии компьютер можно научить выявлять определенные закономерности, встречаясь с которыми, он будет выполнять определенные действия, которыми могут быть: расчет кратчайшего маршрута доставки, моментальное вычисление стоимости перевозки, оптимизация расписаний, флота (машины, вагоны), а также оптимизация эксплуатации оборудования [2].

На деятельность логистических организаций влияет ряд экономических факторов: спрос на услуги перевозок, стоимость топлива, тип транспорта, внутренние и внешние коммуникации, надежность цепей поставки и т.д. Для их всестороннего анализа, учета и корректировки необходимы обработанные и структурированные большие данные, которые при умелом использовании в алгоритмах МО, являются базисом для улучшения отдельных бизнес-показателей и, в целом, рентабельности предприятия [3]. Благодаря использованию алгоритмов машинного обучения и анализу больших данных транспортные компании смогут получить колоссальную выгоду.

Инструменты машинного обучения, которые могут быть использованы в логистике:

1. Агрегация огромного количества заказов, а также их последующий анализ, для оптимального распределения нагрузки на автотранспортные средства.

2. Эффективное планирование маршрутов, благодаря технологии нейросетей и МО, которая обучается на базе данных о перевозках за прошедшие периоды.

3. Оптимизация расписаний, флота (машины, вагоны) и эксплуатации оборудования за счет выявленных ранее закономерностей на основе алгоритмически определенных, свойств и тенденций [4].

4. Компьютерное зрение для обеспечения безопасности зон, не предназначенных для посторонних, контроля остатков на складе, мониторинга отгрузки товаров, распознавания работников, сбора данных. И это только некоторые из множества примеров возможностей компьютерного зрения.

Таким образом, применение нейросетей и ИИ является универсальным средством контроля и управления сложных логистических операций, которое в обозримом будущем вытеснит человеческое участие в основе данной деятельности.

### **Библиографический список**

1. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

2. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.

3. **Чернышов, Н. Г.** Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

4. **Малик Магдон-Исмаил, Сюань-Тянь Лин, и Ясер Абу-Мостафа.** – Learning from Data, 2012. – С. 112 – 120.

## **ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ РАДИОСВЯЗИ В ФОРМИРОВАНИЯХ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

***М. А. Данилин, Е. Ыдырысулы***

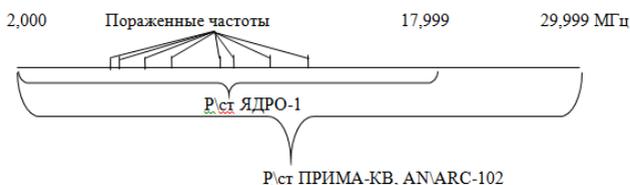
*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В настоящее время в формированиях армейской авиации Республики Казахстан осуществляются интенсивные поставки новой авиационной техники Ми-171Ш, Ми-17В-5, Ми-35М, Eurokopter EC-145, Bell-205 УН-1Н «Ирокез», которая эксплуатируется наряду с техникой старого парка Ми-26, Ми-8. Вертолеты оснащаются различными бортовыми комплексами связи или отдельными радиостанциями иностранного производства, этот аспект необходимо учитывать при организации управления экипажами вертолетов и взаимодействия их с другими воздушными судами в соответствии с регламентирующими воздушную радиосвязь документами [1].

При организации коротковолновой (КВ) радиосвязи в бортовых комплексах связи вертолетов используются радиостанции со следующими характеристиками (рис. 1):

- радиостанция Ядро-1 с диапазоном рабочих частот 2,000...17,999 МГц, шаг сетки 1 кГц;
- радиостанция AN/ARC-102 с диапазоном рабочих частот 2,000...30,000 МГц, шаг сетки 1 кГц [2];
- радиостанция ПРИМА-КВ с диапазоном рабочих частот 2,000...29,999 МГц, шаг сетки 0,1 кГц

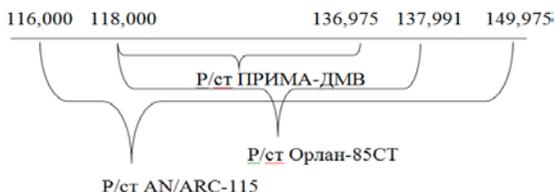
Следовательно, при организации воздушной КВ радиосвязи в условиях взаимодействия экипажей вертолетов разных поколений целесообразно использовать диапазон частот 2,000...17,999 МГц с исключением запрещенных (пораженных) частот бортовых радиостанций и радиостанций наземной составляющей.



**Рис. 1. Коротковолновый диапазон бортовых радиостанций**

При организации ультракоротковолновой (УКВ) радиосвязи в диапазоне МВ-1 используются бортовые радиостанции вертолетов со следующими характеристиками (рис. 2):

- радиостанция ПРИМА-ДМВ с диапазоном рабочих частот 118,000...136,975 МГц, шаг сетки 25 кГц;
- радиостанция Орлан-85СТ с диапазоном рабочих частот 118,000...137,9917 МГц, шаг сетки 8,33/25 кГц;
- радиостанция AN/ARC-115 с диапазоном рабочих частот 116,000...149,975 МГц, шаг сетки 8,33/25 кГц [2, 3];
- радиостанция Р-863 с диапазоном рабочих частот 118,000...136,975 МГц, шаг сетки 25 кГц.



**Рис. 2. Диапазон МВ-1 бортовых радиостанций**

Эти особенности должны учитываться при организации воздушной радиосвязи в авиационных формированиях армейской авиации, а также при постановке задач летному составу (предполетных указаниях). Для учета особенностей всех бортовых радиостанций вертолетов целесообразно разработать программу расчета радиоданных, которая должна соответствовать следующим требованиям и содержать сведения:

- общую базу данных по диапазонам рабочих частот бортовых и наземных радиостанций;
- общую базу данных по запрещенным (пораженным) частотам бортовых и наземных радиостанций.

Таким образом, при организации воздушной радиосвязи, а, следовательно, организации управления и взаимодействия экипажей вертолетов и самолетов необходимо учитывать тактико-технические характеристики и особенности различных производителей бортовых радиостанций и комплексов связи.

### **Библиографический список**

1. **Регламент** радиосвязи, приложение 2. Международный союз электросвязи. – Издание 1990. – 819 с.
2. **Инструкция** по эксплуатации вертолета Bell-205 УН-1.
3. **Инструкция** по эксплуатации вертолета Eurocopter EC-145.

## **СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА**

***Н. Г. Чернышов, Т. Дзадагу***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В то время как в передовых странах мира разрабатывают все новые способы получения «чистой энергии», большая часть мира до сих пор потребляет такие энергоносители как дерево, уголь и нефть. Даже в развитых странах уголь до сих пор сохраняет высокие позиции. Поэтому в глобальном масштабе переход на газовое топливо считается большим шагом вперед в силу его энергетической эффективности и экологической чистоты.

Этот проект направлен на разработку электронной системы, которая поможет предотвратить несчастные случаи, которые происходят в результате пожаров и взрывов баллонов со сжиженным нефтяным газом в жилых домах и промышленных предприятиях. Кроме решения задач безопасностей, система позволяет вести учет энергоресурсов, обеспечивает информирование потребителя о затратах и позволяет вести учет топливных ресурсов.

Система имеет следующие функции:

- отслеживание температуры в помещении;
- использование модальной сети 6507 для передачи данных пользователю;
- управление подачей газа.

Когда система снижения нефтяного газа обнаруживает концентрацию в воздухе, превышающую определенный уровень, происходит мгновенное предупреждение потребителя. Это происходит путем отправки сообщений на указанный вами мобильный телефон. При активации тревоги или зуммера – отображается на дисплее температура в градусах Цельсия. Это нужно для того, чтобы принять необходимые меры, например, включить вытяжной вентилятор, который уменьшит концентрацию газа в воздухе.

В этом проекте выходное напряжение с датчика газа будет доставлено на Arduino. Эта программа является сердцем системы. Все входы и выходы будут подключены к Arduino. Когда датчик MQ5 обнаружит присутствие газа, он отправит аналоговый сигнал в аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) внутри Arduino. В это время программа будет анализировать сигнал в соответствии с пороговым значением концентрации газа. Значение концентрации газа вызывает зуммер, для того, чтобы предупредить пользователей о концентрации газа на опасном уровне. В качестве меры предосторожности перед опасным уровнем, запускается реле – для включения вытяжного вентилятора, чтобы убрать весь опасный газ в комнате. В этот момент Arduino посылает AT-команды в модуль G.S.M, в результате этого отправляются сообщения на сохраненный номер мобильного телефона пользователя.

### **Библиографический список**

1. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

2. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.

3. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.

4. **Чернышов, Н. Г.** Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

5. **Интеллектуальная** система энергосберегающего управления асинхронными двигателями (на английском языке) / Н. Г. Чернышов, М. А. Каменская, С. В. Артемова, А. А. Артемов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 374 – 380.

## **СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В АДАПТИВНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМАХ**

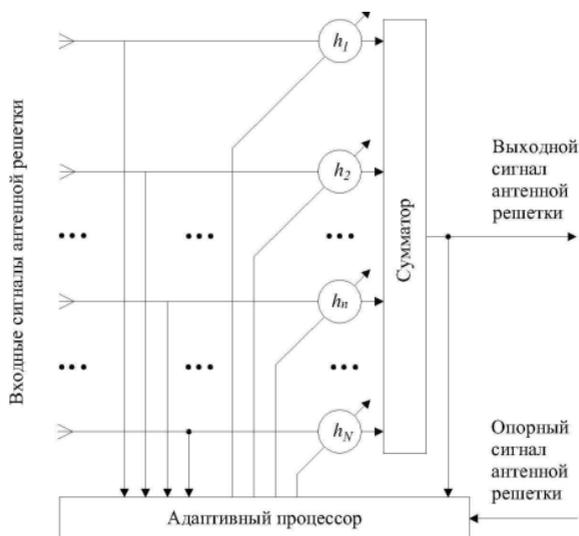
***А. Ю. Дмитриевцев, К. В. Скоморохов, О. Г. О. М. Макрам***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

С каждым днем адаптивные антенные решетки все больше используются в различных системах, все сильнее вытесняя простые антенны. Это связано с большим количеством преимуществ, по сравнению с простыми антеннами.

Важнейшими конструктивными составляющими любой адаптивной антенной системы являются управляющие устройства, в задачу которых входит управление фазой (иногда амплитудой) волн, распространяющихся в цепях антенны (рис. 1) [1].

Основой управляющего устройства служит материал, электродинамические параметры которого изменяются под воздействием приложенного к нему магнитного или электрического поля, или под воздействием протекающего через него тока. Очевидно, что скорость изменения управляющих напряжений или токов гораздо меньше скорости изменения СВЧ-поля, хотя интервал времени, в течение которого должно измениться состояние управляющего устройства, измеряется, как правило, единицами или долями микросекунды [2].



**Рис. 1. Обобщенная структурная схема адаптивной антенной решетки**

Существует несколько типов устройств управления фазой:

- 1) фазовращатели на основе  $p-i-n$  диодов;
- 2) фазовращатели на полевых транзисторах;
- 3) микроэлектромеханических структуры (МЭМС);
- 4) фазовращатели на основе намагниченного феррита;
- 5) сегнетоэлектрические фазовращатели и бездисперсионные линии задержки.

Большинство управляющих устройств являются устройствами дискретного действия. Такими устройствами были первые ферритовые ФВ, в которых фазовый сдвиг волны был аналоговым способом связан с напряженностью управляющего магнитного поля. Полезное действие управляющего устройства неизбежно связано с некоторым затуханием волны, прошедшей через управляющее устройство. Поэтому важнейшей характеристикой управляющего устройства является его качество, которое характеризует соотношение между полезным действием устройства и вносимыми им потерями в СВЧ-цепи, например отношение фазового сдвига к потерям, измеренное в град/дБ [3].

В результате исследования методов управления фазой, можно сделать вывод, что наиболее простым в реализации является метод с использованием линий задержки, данный способ оптимальным образом позволяет осуществить изменение диаграммы направленности в адаптивных антенных решетках, что позволит получить хорошее

качество сигнала, передаваемого пользователю, так как при нахождении абонента в зоне покрытия сигнала создается устойчивый канал связи, благодаря чему, вне зависимости от нахождения абонента, ему будет поставляться сигнал с мощностью, достаточной для того чтобы обеспечить высокое качество передаваемого контента.

### Библиографический список

1. **Активные** фазированные антенные решетки / А. Н. Братчиков и др. ; под ред. Д. И. Воскресенского и А. И. Канащенкова. – М. : Радиотехника, 2004. – 488 с.
2. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.
3. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АУДИОСТЕГОСИСТЕМЫ, ПОСТРОЕННОЙ НА ОСНОВЕ РЕВЕРБЕРАЦИИ

*У. А. Дурнева*

*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

Аудиостеганография – это способ сокрытия существования секретной информации путем вложения ее в другой носитель, такой как аудиофайл. Это не только мешает злоумышленникам знать скрытую информацию, но также не позволяет думать, что таковая существует [1]. Базовая модель стегосистемы состоит из носителя (аудиофайл), сообщения и пароля [3]. Стеганография не позволяет непреднамеренному получателю заподозрить, что данные существуют. Безопасность стеганографии зависит от секретности системы кодирования данных.

Цифровой водяной знак (ЦВЗ) – это невидимая информация, вставленная в изображение, аудио или видео [2]. Обычно содержит информацию об авторских правах на файл. ЦВЗ могут быть извлечены или обнаружены позже.

Схема погружения и извлечения цифрового водяного знака изображена на рис. 1.

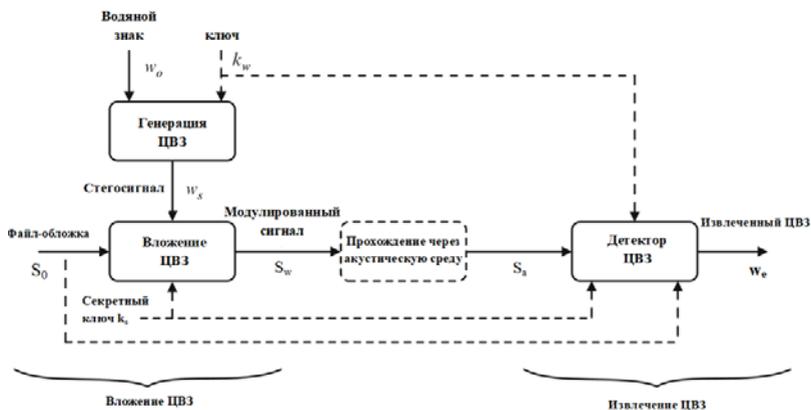


Рис. 1. Схема погружения и извлечения ЦВЗ

Кодер используется для вставки цифрового водяного знака в покрывающее сообщение (файл-обложку). ЦВЗ может представлять собой любой текстовый сигнал. Во время прохождения через акустическую среду модулированное сообщение может быть подвержено атакам со стороны злоумышленников [2]. В процессе извлечения детектор проверяет наличие водяного знака. Извлеченный водяной знак сравнивается с исходным.

### 1. Результаты эксперимента

Композиция	Амплитуда	BER, %
И. С. Бах, месса си бемоль, «Credo», wav	0,8	1,61
	1,2	1,179
	1,5	9,464
И. С. Бах, месса си бемоль, «Sanctus», wav	0,8	2,29
	1,2	0
	1,5	0
И. С. Бах, месса си бемоль, «Crucifixus», wav	0,8	9,28
	1,2	1,179
	1,5	1,372
И. С. Бах, месса си бемоль, «Kyrie Eleison», wav	0,8	6,39
	1,2	6,13
	1,5	50

В таблице 1 приведены результаты экспериментального исследования для различных музыкальных композиций и вложения реверберации с различными амплитудами. Вкладываемая информация – 300 бит.

Из таблицы видно, что наилучшие значения битовой вероятности ошибок (BER) получаются при амплитуде 1,2. Также следует отметить, что подбирать амплитуду, а также время задержки для каждого эхо-сигнала необходимо таким образом, чтобы при прослушивании исходной композиции и файла, содержащего водяной знак, не было заметной разницы.

### Библиографический список

1. **Arend, J. M. and Pörschmann, C.** “Audio watermarking of bin-aural room impulse responses,” in Audio Engineering Society Conference: 2016 AES // International Conference on Headphone Technology, Aug 2016. – DOI: 10.17743/aesconf.2016.978-1-942220-09-1. [Online]. – Available : <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=18346>

2. **Korzhik, V. I., Morales-Luna, G. and Fedyanin, I.** “Audio watermarking based on echo hiding with zero error probability.” // International Journal of Computer Science and Applications. – 2013. – V. 10, No. 1. – P. 1 – 10.

3. **Korzhik, V.** The Use of Wet Paper Codes with Audio Watermarking Based on Echo Hiding [Text] / V. Korzhik, G. Morales-Luna, I. Fedyanin // Proc. of the Federated Conf. on Computer Science and Information Systems. – 2012. – P. 727 – 732.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОЛУЧЕВОГО КРУПНОАПЕРТУРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

*А. И. Дякин, М. А. А. Зайн*

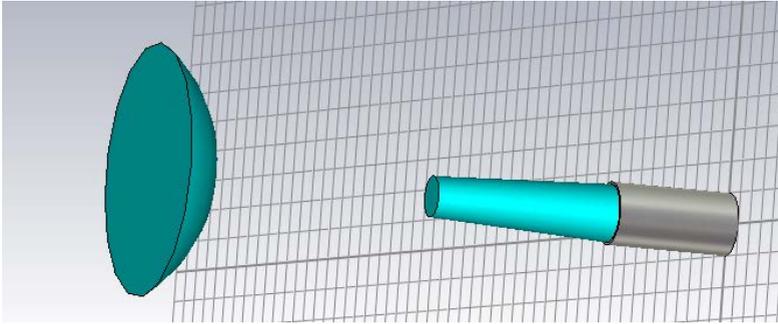
*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Преимуществом данного крупноапертурного излучателя (КАИ) является простота изготовления.

Диаграмма направленности данного КАИ будет определяться в первую очередь диаграммой направленности облучателя, а также свойствами линзы [1, 2].

$$E(M) = F_{\text{обл}}(\psi)C_1(\psi)C_2(\psi)C_3(\psi),$$

где  $M$  – точка на раскрыве, соответствующая лучу, падающему на раскрыв при падении его на освещенную поверхность линзы под углом  $\psi$ .



**Рис. 1. Трехмерная модель однолучевого КАИ**

Диаграмма направленности облучателя будет определяться по предыдущей формуле.

Коэффициенты  $C_1(\psi)C_2(\psi)C_3(\psi)$  обязаны перераспределению мощности в раскрыве линзы из-за рефракции, отражения от поверхности линзы и потерь в линзе [1, 3].

Для замедляющей линзы рефракция влияет на уменьшение амплитуды поля в раскрыве к краям линзы. Количественное изменение амплитудного распределения из-за рефракции определяется следующим выражением:

$$C_1(\psi) = \frac{(n \cos \psi - 1)^{3/2}}{\sqrt{n - \cos \psi}}. \quad (1)$$

Влияние отражения на амплитудное распределение в большей степени зависит от освещенной поверхности линзы и будет определяться по формуле:

$$C_2(\psi) = \sqrt{1 - |\Gamma(\psi)|^2}, \quad (2)$$

где  $\Gamma$  – коэффициент отражения от освещенной поверхности линзы.

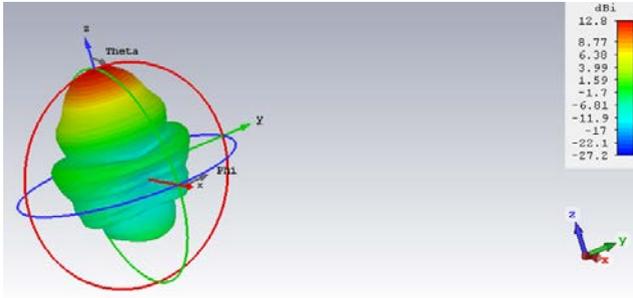
$$\Gamma(\psi) = \frac{n^2 \cos \varphi - \sqrt{n^2 - (\sin \varphi)^2}}{n^2 \cos \varphi + \sqrt{n^2 - (\sin \varphi)^2}}. \quad (3)$$

Множитель  $C_3(\psi)$  зависит от влияния активных потерь в линзе на форму амплитудного распределения в раскрыве. Для диэлектрических замедляющих линз график  $C_3(\psi)$  к краям раскрыва больше, так как в центре происходит больше потерь (из-за толщины линзы), чем на краю. Зависимость множителя для диэлектрических линз имеет вид:

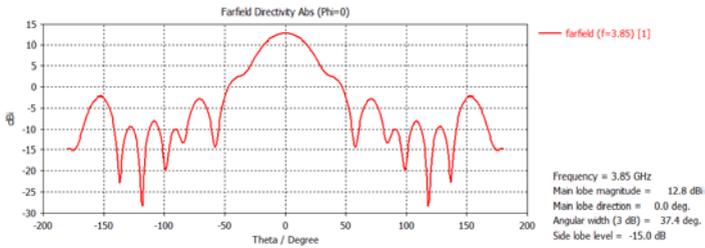
$$C_3(\psi) = e^{-\pi \operatorname{tg}(\delta) \frac{t}{\lambda}}, \quad (4)$$

где  $\operatorname{tg}(\delta)$  – тангенс угла потерь в диэлектрике;  $t$  – текущая толщина линзы, соответствующая направлению  $\psi$  падения волны на линзу [2].

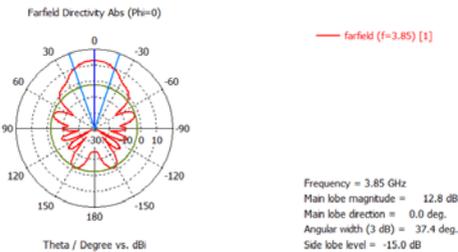
Моделирование основных характеристик излучения антенны произведем в программном пакете CST Studio Suite.



**Рис. 2. Трехмерная модель диаграммы направленности однолучевого КАИ**



**Рис. 3. Диаграмма направленности однолучевого КАИ в декартовой системе координат**



**Рис. 4. Диаграмма направленности однолучевого КАИ в полярной системе координат**

На основе электромагнитного моделирования можно сделать вывод, что однолучевой КАИ обладает низким уровнем коэффициента усиления. Это приводит к необходимости увеличить количество облучателей.

### Библиографический список

1. **Применение** алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белоусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762.
2. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.
3. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.

## СИНТЕЗ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАМЕДЛЯЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

*А. И. Дякин, М. А. А. Зайн*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Диэлектрическая замедляющая линза позволяет преобразовать цилиндрический или сферический фронт волны в плоский. Это, в свою очередь, позволяет сформировать узкую диаграмму направленности.

На рисунке 1 показан профиль диэлектрической замедляющей линзы и введены соответствующие обозначения. Рассмотрим две точки  $O$  и  $N$  на раскрые линзы. Точка  $O$  лежит на фокальной оси линзы, точка  $N$  произвольная. В точку  $O$  падает волна из фокуса  $F$  по прямой  $FO$ , в точку  $N$  – по ломаной  $FMN$  [1].

Условие равенства электрических длин  $FO$  и  $FMN$  имеет вид:

$$\frac{2\pi}{\lambda} FO + \frac{2\pi}{\lambda_{\text{д}}} O'O = \frac{2\pi}{\lambda} FM, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны в свободном пространстве;  $\lambda_{\text{д}}$  – длина волны в линзе.

Введем обозначения  $FM = \rho(\psi)$ ,  $FO = f$  ( $f$  – фокусное расстояние), тогда  $OO' = \rho(\psi)\cos\psi - f$ . При этом (1) можно записать:

$$\frac{2\pi}{\lambda} f + \frac{2\pi}{\lambda_{л}} [\rho(\psi)\cos\psi - f] = \frac{2\pi}{\lambda} \rho(\psi), \quad (2)$$

где  $\rho(\psi)\cos\psi - f$  – угол раскрыва;  $\frac{2\pi}{\lambda} \rho(\psi)$  – фокальное расстояние.

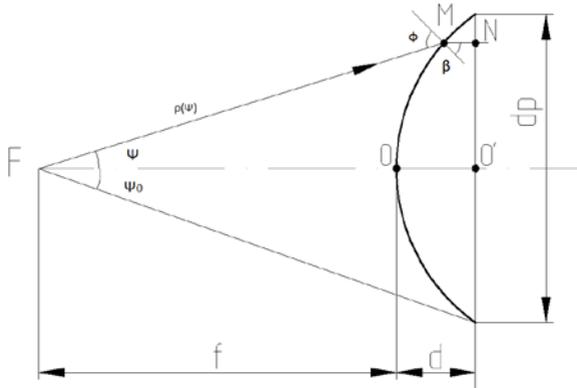


Рис. 1. Схема профиля замедляющей диэлектрической линзы

Учитывая коэффициент преломления:

$$n = \frac{c}{v_{\phi}} = \frac{\lambda}{\lambda_{л}}, \quad (3)$$

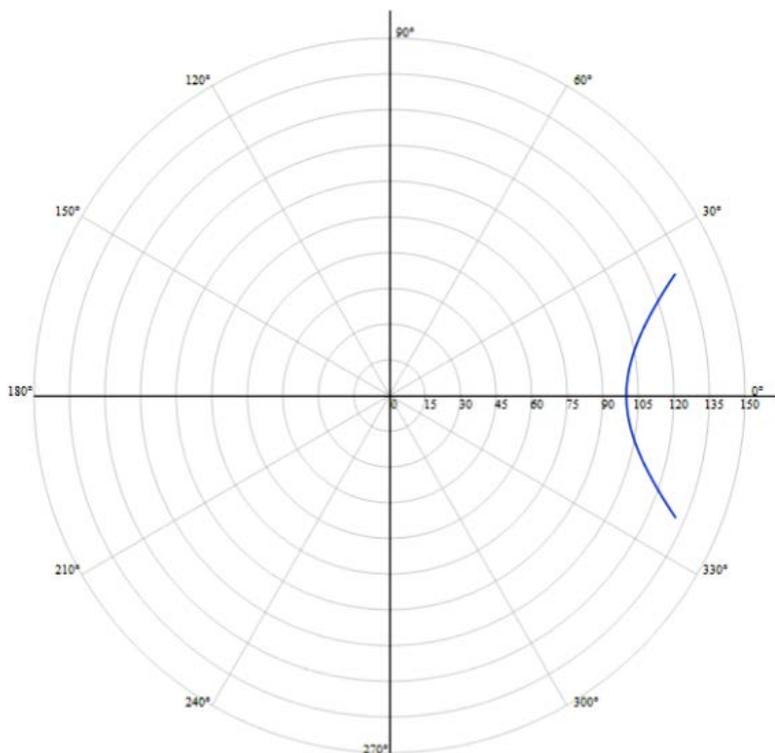
где  $v_{\phi}$  – фазовой скорости волны в диэлектрическом волноводе;  $\lambda_{л}$  – длина волны в линзе.

Получаем уравнение профиля диэлектрической замедляющей линзы:

$$\rho(\psi) = f \frac{n-1}{n \cos\psi - 1}, \quad (4)$$

где  $n-1$  – показатель преломления.

В качестве диэлектрика выберем наиболее часто применяемый на практике полистирол с  $\epsilon = 2,2$ . При фокусном расстоянии  $f = 100$  мм выберем угол  $\psi = 8,7^{\circ}$ , что соответствует сектору обзора с геостационарной орбиты [2]. Уравнение (4) будет иметь решение в полярной системе координат.



**Рис. 2. Профиль линзы в полярной системе координат**

Толщина линзы  $d$  зависит от фокусного расстояния  $f$  и ширины раскрыва  $d_p$ . С помощью выражения (1) для данной линзы получаем:

$$d = f \frac{1 - \cos \psi_0}{n \cos \psi_0 - 1}. \quad (5)$$

Подставляя в (4) выражение косинуса угла раскрыва линзы получаем:

$$\cos \psi_0 = \frac{f + d}{\sqrt{(d_p/2)^2 + (f + d)^2}}, \quad (6)$$

где  $d_p$  – расстояние раскрыва линзы;

После преобразований получаем выражение для толщины диэлектрической замедляющей линзы:

$$d = -\frac{f}{n+1} + \sqrt{\left(\frac{f}{n+1}\right)^2 + \frac{(d_p/2)^2}{n^2 - 1}}, \quad (7)$$

где  $n$  – коэффициент преломления [2, 3].

Таким образом, при выбранном фокусном расстоянии получаем толщину линзы  $d = 20$  мм, что является приемлемым и не требует зонирования линзы. Коэффициент использования поверхности повышается, ДН имеют более узкую игольчатую форму.

### Библиографический список

1. **Применение** алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белоусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762.
2. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.
3. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

*А. И. Казьмин, П. А. Федюнин, Д. А. Рябов*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Оценка точности восстановления структуры электрофизических параметров (ЭФП) многослойных диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн (МПЭМВ) является актуальной научной задачей.

В состав имитационной модели для оценки точности реконструкции входят: блок решения прямой задачи, позволяющий определять теоретические значения коэффициентов ослабления поля поверхностных медленных электромагнитных волн  $\alpha_m(f_k, \underline{\xi})$  для частот  $f_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, L$  и вектора ЭФГП  $\underline{\xi} = \{\varepsilon_i, \dots, \varepsilon_n, b_{n+1}, \dots, b_{2n}\}$ , блок формирования экспериментальных значений коэффициентов ослабления  $\alpha_s(f_k, \underline{\xi})$ ,  $k = 1, 2, \dots, L$ , имитирующий погрешности измерений коэффициента ослабления поля ПМЭМВ  $\Delta\alpha(f_k, \underline{\xi})$ , блок решения обратной задачи, реализующий нахождение минимума целевой функции.

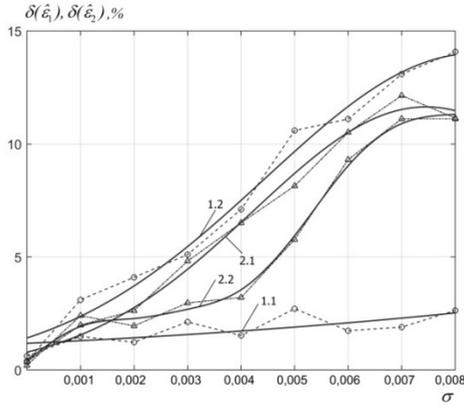
Рассмотрим оценку точности реконструкции на примере двухслойного диэлектрического покрытия.

Для экспериментального и численного эксперимента выбран наиболее сложный случай, когда двухслойное покрытие является высококонтрастным (по диэлектрической проницаемости). Исследовано двухслойное покрытие на основе двух диэлектриков: полиметилметакрилат ( $\varepsilon = 2,7$ ) и СВЧ-материала фирмы Rogers RO 3010 ( $\varepsilon = 11,2$ ) с толщинами слоев 2 мм: двухслойное покрытие «Rogers RO 3010-полиметилметакрилат» и покрытие в котором слои поменяли местами: «полиметилметакрилат-Rogers RO 3010». Коэффициент ослабления поля ПМЭМВ, как и в случае однослойного покрытия, измеряли в диапазоне частот 9...10 ГГц с шагом по частоте 0,1 ГГц (количество частот  $N = 10$ ).

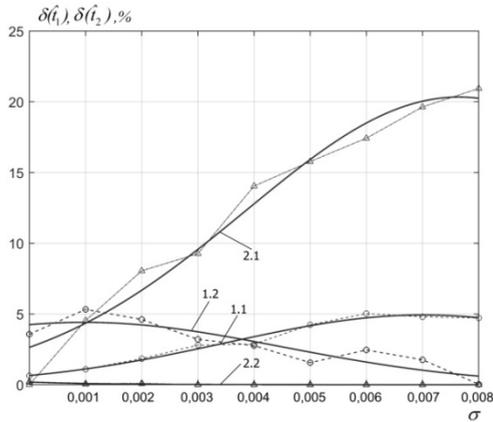
На рисунке 1, *а* представлены зависимости относительной погрешности оценок диэлектрической проницаемости слоев  $\delta(\hat{\varepsilon}_1)$  и  $\delta(\hat{\varepsilon}_2)$  двухслойного покрытия с толщинами слоев 2 мм, при возрастании уровня среднеквадратического отклонения (СКО) шума в измерительных данных от 0...0,008, для покрытий «Rogers RO 3010-полиметилметакрилат» и «полиметилметакрилат-Rogers RO 3010».

На рисунке 1, *б* показано, как при этом меняется погрешность оценки толщин слоев  $\delta(\hat{t}_1)$  и  $\delta(\hat{t}_2)$ .

МПЭМВ дает устойчивые оценки относительных погрешностей ЭФГП слоев двухслойного покрытия не больше 10%, при уровне СКО шума  $\sigma = 0,003$  и более, с доверительной вероятностью 0,95. При этом экспериментальные значения погрешностей оценок диэлектрических проницаемостей  $\delta(\hat{\varepsilon}_1)$  и  $\delta(\hat{\varepsilon}_2)$  слоев и их толщин  $\delta(\hat{t}_1)$  и  $\delta(\hat{t}_2)$  для покрытия «Rogers RO 3010-полиметилметакрилат» составляют 3 и 7%, 2 и 6%, соответственно, а для покрытия «полиметилметакрилат-Rogers RO 3010» 4 и 5%, 8 и 0,1%, соответственно.



a)



b)

**Рис. 1. Зависимости средней относительной погрешности оценок диэлектрической проницаемости и толщин слоев двух двухслойных покрытий при увеличении СКО уровня шума: 1 –  $\sigma = 0,001$ ; 2 –  $\sigma = 0,003$ ; 3 –  $\sigma = 0,005$ ;**

*a* – оценка диэлектрической проницаемости: 1.1, 1.2 –  $\delta(\hat{\epsilon}_1)$

и  $\delta(\hat{\epsilon}_2)$  покрытия «Rogers RO 3010- полиметилметакрилат»;

2.1, 2.2 –  $\delta(\hat{\epsilon}_1)$  и  $\delta(\hat{\epsilon}_2)$  покрытия «полиметилметакрилат-Rogers RO 3010»;

*b* – оценка толщины: 1.1, 1.2 –  $\delta(\hat{t}_1)$  и  $\delta(\hat{t}_2)$  покрытия

«Rogers RO 3010-полиметилметакрилат»; 2.1, 2.2 –  $\delta(\hat{t}_1)$  и  $\delta(\hat{t}_2)$  покрытия

«полиметилметакрилат-Rogers RO 3010»

## Библиографический список

1. Казьмин, А. И. Контроль дефектов в многослойных диэлектрических материалах СВЧ-методом / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2020. – Т. 86, № 2. – С. 37 – 43.

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

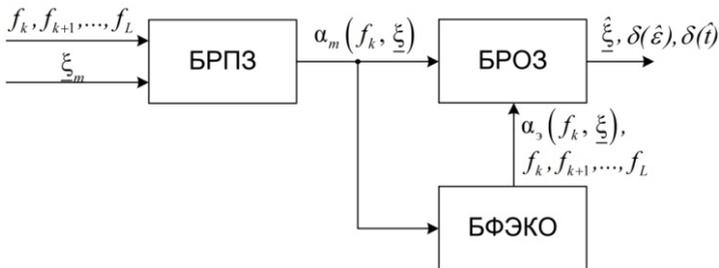
*А. И. Казьмин, П. А. Федюнин, В. А. Манин*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Метод поверхностных электромагнитных волн (МПЭМВ) обладает высокой чувствительностью и локальностью при контроле электрофизических и геометрических (ЭФГП) параметров диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытий на металле, значительно превышающий возможности методов «на отражение» и «на прохождение» электромагнитных волн.

Между тем, оценки точности измерения ЭФГП с помощью МПЭМВ, учитывающие значение уровня шума в измерительных данных, практически не исследованы.

Разработана имитационная модель реального измерительного комплекса [ЗЛ], которая приведена на рис. 1.

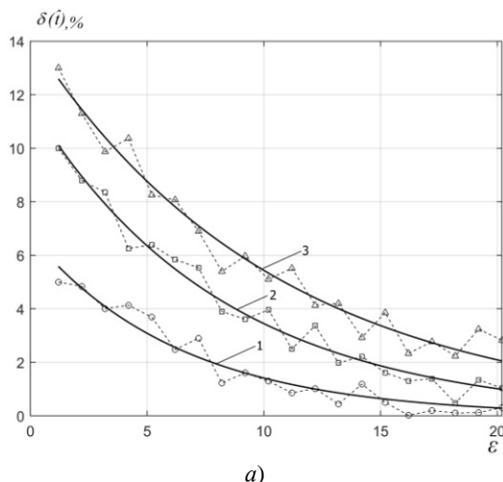


**Рис. 1. Структурная схема имитационной модели:**

БРПЗ – блок решения прямой задачи; БРОЗ – блок решения обратной задачи; БФЭКО – блок формирования экспериментальных коэффициентов ослабления поля поверхностной электромагнитной волны

В состав имитационной модели входят: блок решения прямой задачи (БРПЗ), позволяющий определять теоретические значения коэффициентов ослабления поля поверхностных медленных электромагнитных волн  $\alpha_m(f_k, \underline{\xi})$  для частот  $f_k, k = 1, 2, \dots, L$  и вектора ЭФГП  $\underline{\xi} = \{\varepsilon_i, \dots, \varepsilon_n, b_{n+1}, \dots, b_{2n}\}$ , блок формирования экспериментальных значений коэффициентов ослабления (БФЭКО)  $\alpha_s(f_k, \underline{\xi}), k = 1, 2, \dots, L$ , имитирующий погрешности измерений коэффициента ослабления поля ПМЭМВ  $\Delta\alpha(f_k, \underline{\xi})$ , блок решения обратной задачи (БРОЗ), реализующий нахождение минимума целевой функции.

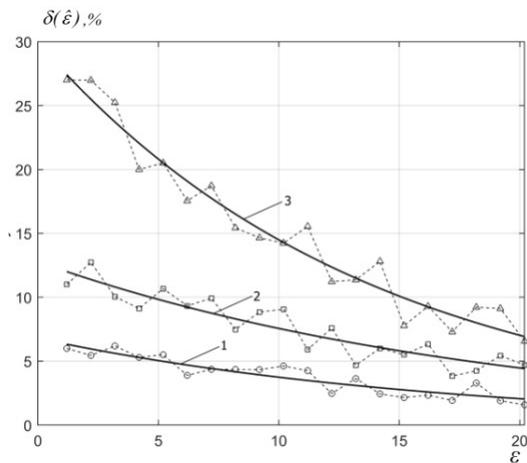
На рисунке 2, *a* представлены зависимости средней относительной погрешности оценки диэлектрической проницаемости  $\delta(\hat{\varepsilon})$  однослойного покрытия с толщиной  $b = 1$  мм при увеличении значений диэлектрической проницаемости слоя от 1,2 до 20, для трех значений среднеквадратического отклонения (СКО) уровня шума: 0,001; 0,003; 0,005. На рисунке 2, *б* представлено, как при этом меняется погрешность оценки толщины слоя  $\delta(\hat{t})$ . Коэффициент ослабления поля ПМЭМВ определяли в диапазоне частот 9...10 ГГц с шагом по частоте 0,1 ГГц (количество частот  $N = 10$ ).



**Рис. 2. Зависимости средней относительной погрешности оценки ЭФГП однослойного диэлектрического покрытия при фиксированных значениях СКО шума:**

1 -  $\sigma = 0,001$ ; 2 -  $\sigma = 0,003$ ; 3 -  $\sigma = 0,005$ ;

*a* - оценка толщины  $\delta(\hat{t})$ ; *б* - оценка диэлектрической проницаемости  $\delta(\hat{\varepsilon})$



б)

**Рис. 2. Окончание**

Анализ зависимостей рис. 2 для однослойного диэлектрического покрытия показывает, что относительная погрешность  $\delta(\hat{\epsilon})$  оценки диэлектрической проницаемости слоя, при фиксированном значении уровня СКО шума и толщине слоя, уменьшается с возрастанием их величины. Относительная погрешность оценки толщины слоя  $\delta(\hat{t})$ , также уменьшается.

Экспериментальные значения погрешностей оценки диэлектрической проницаемостей  $\delta(\hat{\epsilon})$  для однослойных покрытий толщиной 1 мм на основе полиметилметакрилата ( $\epsilon = 2,7$ ) и Rogers RO 3010 ( $\epsilon = 11,2$ ), полученные на измерительном комплексе [1], составляют 6 и 5%, соответственно, а погрешности оценки толщин слоя 5 и 4%, соответственно.

### Библиографический список

1. **Казьмин, А. И.** Контроль дефектов в многослойных диэлектрических материалах СВЧ-методом / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2020. – Т. 86, № 2. – С. 37 – 43.

## **ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ СОВРЕМЕННОСТИ**

*Е. П. Кайдаш, И. С. Назмутдинов*

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Анализ военных конфликтов последних лет, а также опыт, полученный при ведении боевых действий в Сирийской Арабской Республике, позволяет выделить некоторые новые аспекты в развитии процессов подготовки и ведения вооруженного противоборства.

Началу открытого противоборства предшествует информационная подготовка, проводимая каждой стороной с привлечением всех имеющихся сил и средств воздействия в информационном пространстве на мировую общественность с целью формирования благоприятной обстановки для отстаивания своих интересов [1]. Для демонстрации и возможного применения силы в зоне конфликта создаются разнородные группировки войск и сил составом, необходимым для решения поставленных задач, с организацией между ними тесного информационного взаимодействия.

До начала активной фазы вооруженного конфликта, стороны, в силу своих возможностей, проводят глубокую и детальную разведку обстановки, складывающейся в зоне предстоящих боевых действий с целью получения максимально полной информации о противнике, физико-географических и гидрометеорологических условиях ведения предстоящих боевых действий. Комплексное применение различных видов, методов и средств разведки – от агентурной сети до наблюдения за противником из космоса, позволяет оперативно, во времени, близком к реальному, получать различные по содержанию и форме представления сведения о скоротечно меняющейся обстановки в зоне конфликта. Полученные результаты разведки (массивы информационных данных) формализуются, систематизируются, сравниваются и анализируются, в результате чего производится определение объектов поражения, их классификация по степени важности и времени воздействия на них, а также определяются формы и способы применения имеющихся в распоряжении сил и средств воздействия.

Ввиду нарастающего смещения области вооруженной борьбы в сторону космического пространства, проведению операций и боевых действий на суше всегда предшествует активное и комплексное применение разнородной авиации и имеющихся в распоряжении беспилотных летательных аппаратов.

Использование в военных конфликтах высококомбинированных комплексов вооружения и военной техники, высокоскоростных (вплоть до гиперзвуковых) средств огневого поражения, средств воздействия, построенных на новых физических принципах, обуславливает высокую интенсивность изменения обстановки в районе военного конфликта.

Непосредственно ведение боевых действий сопряжено с применением разведывательно-ударных и роботизированных комплексов, оснащенных различными средствами высокоточного поражения цели [2].

Количество информации, поступающей в распоряжение командира (начальника) для принятия решения и объем выполняемых задач постоянно возрастают, а сроки на принятие решения и выполнение необходимых мероприятий стремительно сокращаются.

Каждый последующий вооруженный конфликт характеризуется сокращением промежутка времени от момента обнаружения цели до момента применения по ней средств поражения.

Общим для всех перечисленных аспектов является обеспечение высокого качества и оперативности передачи необходимого объема информации в востребованных информационных направлениях, а также между отдельными элементами применяемых систем и комплексов вооружения. Без отлаженного информационного обмена становится в принципе невозможным противостояние в военном конфликте.

Таким образом, для обеспечения своевременного реагирования на резкое изменение обстановки, выработки и доведения управленческих решений по реализации превентивных мер (упреждающих действий) и наиболее эффективного применения войск (сил), на острие актуальности подготовки и ведения военного противоборства становятся вопросы построения, управления и обеспечения функционирования системы информационного обмена, технической основой которой является информационно-телекоммуникационная сеть.

### **Библиографический список**

1. **Макаренко, С. И.** Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века : монография / С. И. Макаренко. – СПб. : Научное издание, 2017. – 546 с.
2. **Интеллектуальная** поддержка принятия решений в интересах управления связью ВМФ : учебник / Г. П. Пуха, П. В. Попов, В. П. Чемиринко, А. М. Жидков. – СПб. : ВМА, 2019. – 442 с.

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАДИОСИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ИМИТАЦИОННЫХ ПОМЕХ**

*С. Н. Калашиников, Т. В. Аксенова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Радиосистему составляет совокупность технических средств, способных обмениваться между собой информацией посредством общей коммуникационной среды (каналов передачи информации). Важность передаваемой информации делает их объектом внимания со стороны третьих лиц, заинтересованных как в простом получении передаваемой информации, так и нарушениях в приеме-передаче, включая искажение информации.

Данный факт ставит под угрозу функционирование системы передачи, конфиденциальность и достоверность передаваемой информации. Третьими лицами с помощью средств технической разведки возможно длительное накапливание и анализ информации о режиме связи, используемых частотных диапазонах, модуляции, типах и структуре сигналов. Данная информация с помощью станции помех системы противодействия может использоваться для манипуляций сигналами в канале передачи. В этих условиях наиболее вероятным и опасным является применение имитационных помех, замаскированных под полезный сигнал истинного передатчика канала.

Эффективность постановки имитационных помех разных уровней сложности во многом будет зависеть от достаточного количества накопленной информации о режиме связи в канале, структуре и содержании передаваемой информации [1]. Усложнение и маскировка передаваемого сигнала, использование конечного числа сменяющих друг друга режимов работ канала, кодировок и пр. будет сопровождаться дополнительными затратами, являясь при этом малоэффективной мерой [2].

Поэтому для повышения помехоустойчивости каналов передачи телекоммуникационной системы возникает необходимость организации режима связи, при котором обеспечивается своевременное обнаружение факта постановки имитационной помехи в принимаемом сигнале и последующая адаптация канала связи к существующей помеховой обстановке на уровне алгоритма функционирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решение ряда задач [3]. Первая связана с необходимостью постоянного мониторинга как информационных составляющих сигнала (амплитуда, фаза или частота), так и неинформативных (мощность принимаемого сигнала, временная задержка, наличие сигналов на субчастотах и др.), что позволит судить о наличии имитационной помехи в принимаемом сигнале. Вторая состоит в изменении режима работы приемника и передатчика (перестройка частоты и др.) для исключения возможности воздействия имитационной помехи.

Первая задача является основополагающей и представляет наибольший интерес. В целом ее можно свести к наблюдению за параметрами сигналов и обнаружению изменений в них. Техническая сложность постановки помехи в точности повторяющей полезный сигнал, оставляет возможность регистрации небольших изменений или фактов наличия конфликтных сигналов (приемник принимает сигналы, противоречащие друг другу).

По мере развития и распространения радиосистем передачи данных возможности, реализуемые посредством имитационных помех, существенно расширились, и все более остро встает вопрос повышения помехоустойчивости. Развитие методов и средств защиты от имитационных помех представляет собой приоритетное направление повышения помехоустойчивости в будущем.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ,  
грант № 20-08-00091.*

### **Библиографический список**

1. **Современная** радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / под ред. В. Г. Радзиевского. – М. : Радиотехника, 2006. – 424 с.
2. **Куприянов, А. И.** Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А. И. Куприянов, Л. Н. Шустов. – М. : Вузовская книга, 2011. – 800 с.
3. **Аксенов, В. В.** Применение байесовского подхода для оценки сигнально-помеховой обстановки канала передачи информации технологической системы связи / В. В. Аксенов, В. И. Павлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Изд-во «Тамбовполиграфиздат», 2013. – Т. 19, № 2. – С. 284 – 290.

## АДАПТИВНАЯ РАДИОСВЯЗЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

*С. Н. Калашиников*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Практика применения малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в виде квадрокоптеров прочно вошла во многие сферы деятельности человека и с течением времени только развивается.

Дистанционное взаимодействие оператора наземного комплекса управления и БПЛА организуется на основе радиосистемы управления. К системам управления БПЛА предъявляются и постоянно ужесточаются требования по снижению массы, уменьшению габаритов, увеличению функциональности, полетной дальности БПЛА, повышению энергоэффективности и улучшению характеристик командно-телеметрических линий радиосвязи.

Изменение условий распространения радиосигналов на участке НКУ-БПЛА ставит перед необходимостью адаптивного изменения параметров радиосигналов с целью выбора оптимального режима канала связи для текущих условий. Адаптивное изменение параметров должно обеспечивать требуемый уровень вероятности битовой ошибки независимо от соотношения сигнал/шум на входе приемников НКУ и БПЛА. Порогом для адаптивной смены режима канала связи можно считать число ошибок канального декодера, установленное соотношение сигнал/шум.

Основным адаптивно изменяемым параметром является вид модуляции. При небольших дистанциях БПЛА и НКУ следует использовать модуляцию с низкой энергозатратностью и высокой спектральной плотностью. На больших дистанциях следует придерживаться обратной зависимости и использовать соответствующие виды модуляции. Например, градация сигналов фазовой модуляции по пропускной способности (сокращению дальности связи) канала связи происходит в следующей последовательности: BPSK (binary phase-shift keying) – 1 бит/символ, QPSK – (quadrature phase shift keying) или 4-PSK – 2 бит/символ, 8-PSK – 3 бит/символ, 16-PSK – 4 бит/символ.

Помимо модуляции адаптивной перестройке подлежат: способ канального кодирования, ширина полосы пропускания, скорость передачи данных, излучаемая мощность сигнала, временной интервал работы на прием и на передачу сигналов (для полудуплексных каналов связи).

Отдельное внимание при рассмотрении адаптивных систем связи необходимо уделить распределению энергетического ресурса между каналами передачи данных. Учитывая разнородность передаваемых по каналам связи данных (видеоизображение, данные с инфракрасных датчиков, навигационные параметры, команды управления и пр.) требования к вероятности символьной ошибки, максимальной дальности функционирования системы связи, уровню сигнал/шум, скорости передачи данных и другим характеристикам каналов связи будут значительно варьироваться.

Решение задачи оптимального распределения энергетического ресурса по каналам связи представляется возможным в рамках единой многоканальной системы связи. Сущность обработки информации такой системы состоит в формировании потоков данных с близкими по требованиям характеристиками каналов передачи. В зависимости от решаемых с помощью БПЛА задач и требований для надежной передачи данных на заданном уровне может быть выделено разное количество потоков, которые, в свою очередь, занимают отдельный канал связи. Задействованные каналы связи должны обладать минимальным для достоверной передачи энергетическим ресурсом.

Адаптивное изменение параметров каналов связи с БПЛА позволит эффективнее использовать энергетические ресурсы каналов связи и значительно повышать характеристики системы управления малогабаритных БПЛА. Формирование потоков данных с близкими требованиями надежной передачи позволяет минимизировать лимит каналов связи в рамках решаемых с помощью БПЛА задач.

*Материал подготовлен при поддержке РФФИ,  
грант № 20-08-00091.*

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА С АДАПТИВНЫМ ОПРОСОМ ОЧЕРЕДЕЙ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СЕТЯХ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА**

***М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, С. В. Бабкин***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Для обеспечения непрерывной и корректной работы систем сбора данных развернутых на беспроводных высокоскоростных стандартах широкополосного доступа, таких как IEEE 802.15.4 (ZigBee),

беспроводных сетей NanoNET, а также сетей, работающих в экосистеме Интернета вещей (LPWAN), требуются хорошо подобранные и отлаженные системы, которые будут организовывать работы этих сетей [1]. Одной из таких систем является система поллинга.

Неотъемлемой частью этих беспроводных сетей являются механизм адаптивного опроса очередей, который решает задачу возникающего конкурентного доступа в сеть, предотвращать появления коллизионного эффекта на базовой станции, а также предоставлять приоритетный доступ к среде поступающему сигналу.

Суть работы адаптивного опроса подразумевает, что сервер, из большого числа очередей цикла, опрашивает лишь те, которые имеют сигнал для передачи при опросе, либо не опрашивались в предыдущем цикле. Данный механизм обслуживания описывает принцип работы широкополосных беспроводных сетей под управлением протоколов ZigBee, NanoNET и LPWAN. В ситуации, когда имеется большое число абонентских станций, на протяжении полного цикла опроса всех абонентов затрачивается большой временной отрезок [2].

Если при опросе сервером очередей он не обнаружил в них активных заявок, то сервер принимает решение пропустить их, а также ставит запрет на ее посещение при следующем «обходе», тем самым уменьшает временной промежуток посещения всех очередей в цикле. В случае когда во всем цикле не находится ни одной активной заявки, сервер останавливает опрос и находится в режиме простоя случайно заданный временной интервал, по истечении которого начинает опрос всех очередей [3]. Перейдем к расчету данного механизма.

Нашему вниманию предоставлена система с двумя потоками очередей. Допустим, что средний временной интервал для обслуживания одной очереди равен  $b = 0,311$ , а среднее время для перехода от очереди к очереди  $g = 0,091$ . Посредством выполненных расчетов, предоставленных в табл. 1, было найдено среднее время продолжительности цикла, столбец номер 2, вероятность того, что очередь в цикле будет опрошена, столбец номер 3 и среднюю длину очереди при различных значениях интенсивностей входных потоков  $\lambda$  и параметра распределения времени простоя сервера  $\tau$ , столбец номер 4.

Применение таких механизмов адаптивного опроса очередей в беспроводных сетях из семейства стандартов IEEE 802.15.4 (ZigBee), беспроводных сетей NanoNet, а также сетей, LPWAN, для систем поллинга, позволяющего решать задачи многочисленного конкурирующего доступа к сети, делать невозможным возникновение коллизии, а также гарантировать приоритетный доступ к среде поступающему сигналу.

## 1. Расчет системы поллинга с двумя очередями

Задаваемые параметры	Полученные значения		
	$C$	$u$	$L$
$\lambda = 0,5$ $\rho = 0,311$ $\tau = 0,05$	0,154	0,526	0,240
$\lambda = 0,5$ $\rho = 0,311$ $\tau = 0,1$	0,171	0,528	0,247
$\lambda = 1$ $\rho = 0,622$ $\tau = 0,05$	0,300	0,595	0,697

### Библиографический список

1. **Широкополосные** беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишнеvский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – Техносфера, 2005. – 315 с.
2. **Вишнеvский, В. М.** Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях / В. М. Вишнеvский, О. В. Семенова. – Техносфера, 2007. – 312 с.
3. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ ОЧЕРЕДЕЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB

*М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, С. В. Бабкин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В настоящее время для создания управляющего механизма большой инфраструктуры, состоящей из множества объектов сбора информации, все чаще применяют стандарты беспроводного высокоскорост-

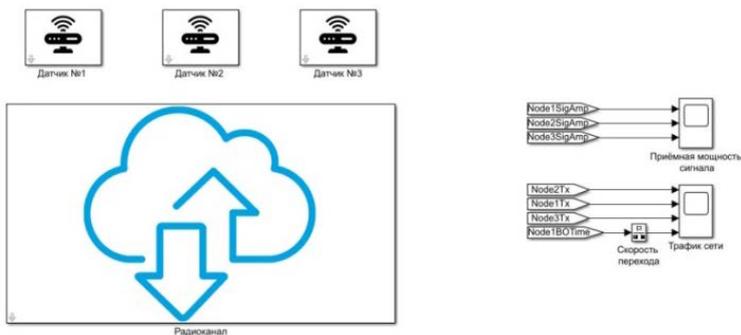
ного широкополосного доступа из семейства стандартов IEEE 802.15.4 (ZigBee), беспроводных сетей NanoNET, а также сетей, работающих в экосистеме Интернета вещей (LPWAN) [1].

Неотъемлемой частью корректного функционирования беспроводных сетей является система множественного доступа, реализованная на основе системы поллинга, которая решает задачу конкурирующего доступа к сети, предотвращает возникновение коллизии, а также гарантирует приоритетный доступ к среде [2].

Для реализации системы не хватает одних теоретических расчетов. На практике, реализация всей системы может обернуться провалом, при котором система не будет выполнять свои заданные функции. Во избежание фатальных ошибок системы, а также конечной отладки системы, необходимо произвести компьютерное моделирование функционирующего объекта.

Для этого необходимо смоделировать систему, для снятия ее реальных характеристик, состоящую из непрерывно радиопередающих устройств, обменивающихся данными в едином радиоканале, а также теоретически просчитанным алгоритмом, для контроля потока очередей, создающихся в исследуемой системе. В качестве среды моделирования, способной реализовать поставленные условия, был выбран программный продукт MATLAB и одна из его подсистем для моделирования – Simulink.

Для реализации всей системы множественного доступа будет использоваться следующая построенная структура (рис. 1), в которой дополнительно заключены основные подблоки функционирующей системы. Обмен данными осуществляется в циклическом режиме по следующей схеме: Датчик № 1 → Датчик № 3 → Датчик № 2 → Датчик № 1.



**Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы множественного доступа в среде MATLAB**

По полученным графикам можно наблюдать трафик, пропущенный через разработанную систему, на которых отражается объем переданного полезного сигнала от датчиков, а также кадры опроса сети, формируемые на логическом уровне системы. Самый нижний график отражает значение счетчика отката, привязанного к «Датчик № 1».

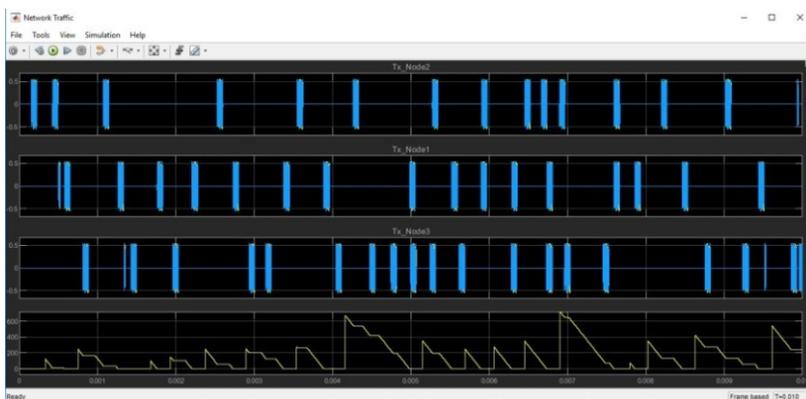


Рис. 2. Результаты моделирования системы

В результате проделанной работы были выполнены моделирование системы в программном продукте Matlab в среде Simulink, для проверки разработанного алгоритма для функционирующей системы. В ходе моделирования были показаны следующие результаты – это способность решения задачи конкурирующего доступа к сети, предотвращение возникновения коллизии между N-м количеством устройств, гарантируемое предоставление приоритетного доступа к среде radio-передающим устройствам.

### Библиографический список

1. **Широкополосные** беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишнеvский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2005. – 315 с.
2. **Вишнеvский, В. М.** Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях / В. М. Вишнеvский, О. В. Семенова. – М. : Техносфера, 2007. – 312 с.

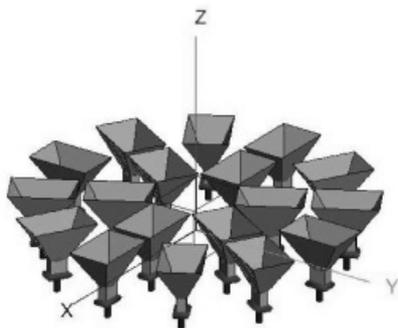
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СИСТЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА ММ-ДИАПАЗОНА

*А. Д. Киселев, М. А. Кудряшов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В настоящее время бурное развитие систем беспроводного широкополосного доступа привело к высокой загруженности диапазонов, что препятствует дальнейшему повышению качества предоставляемых услуг. Поэтому осваиваются более новые диапазоны, к примеру, миллиметровых волн, к которому предъявляются высокие требования, в частности требования, касающиеся применения высокоэффективного антенного комплекса с формированием узких диаграмм направленности антенн и большого затухания сигнала, что сделает помехи маловероятными.

Для узконаправленного излучения и обеспечения возможностей формирования нескольких лучей в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях необходимо использовать фазированную антенную решетку (ФАР). Для решения поставленной задачи выберем ФАР с гексагональным способом размещения элементов, представленную на рис. 1. Применение этого способа позволит увеличить расстояние между соседними излучателями, что повлечет за собой уменьшение их взаимного влияния друг на друга и облегчение конструктивного размещения фазирующих устройств [1].



**Рис. 1. 3D-модель ФАР из 18 излучателей**

Согласно теореме перемножения диаграмма направленности (ДН) плоской фазированной антенной решетки, состоящей из одинаковых излучателей, будет иметь следующий вид:

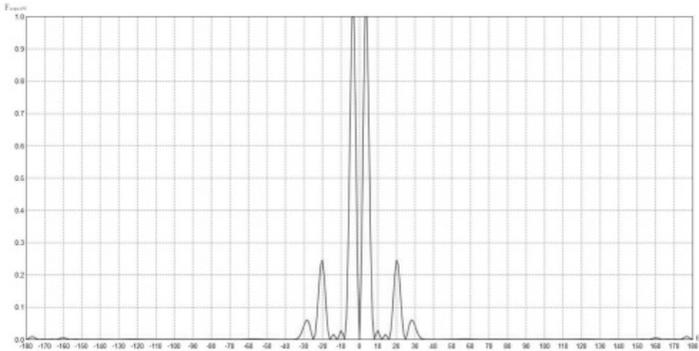
$$F_p(\theta, \varphi) = F(\theta, \varphi)F_\varepsilon(\theta, \varphi), \quad (1)$$

где  $F(\theta, \varphi)$  – диаграмма направленности одиночного излучателя;  
 $F_\varepsilon(\theta, \varphi)$  – множитель антенной решетки, определяемый по формуле:

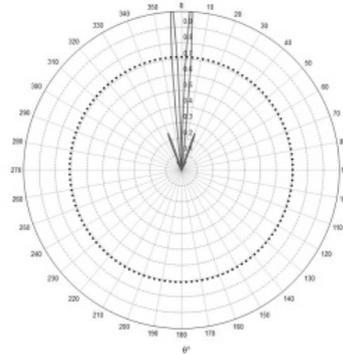
$$F_\varepsilon(\theta, \varphi) = \sum_{m,n=1}^{M,N} A_{mn} \exp[i(\Phi_{mn} + \Phi_{mn}^{\Pi})], \quad (2)$$

где  $A_{mn}$  – амплитуда возбуждения элемента решетки;  
 $\Phi_{mn}^{\Pi} = k(x_{mn} \cos \varphi + y_{mn} \sin \varphi) \sin \theta$  – пространственный фазовый сдвиг для направления наблюдения  $(\theta, \varphi)$  [2].

На основе аналитических выражений определим основные электродинамические характеристики в среде моделирования (рис. 2, 3).

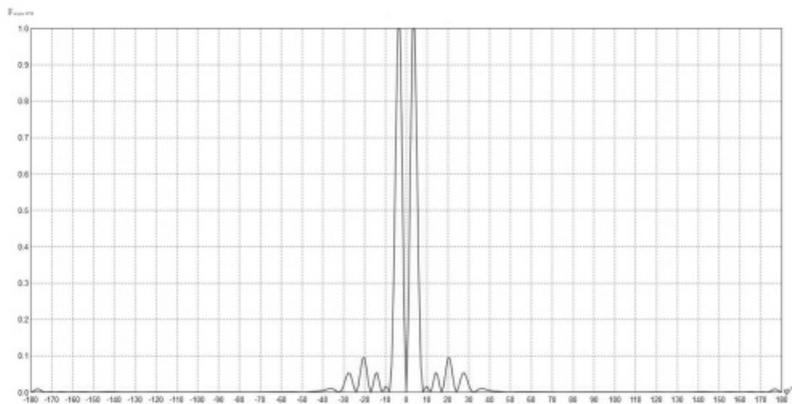


a)

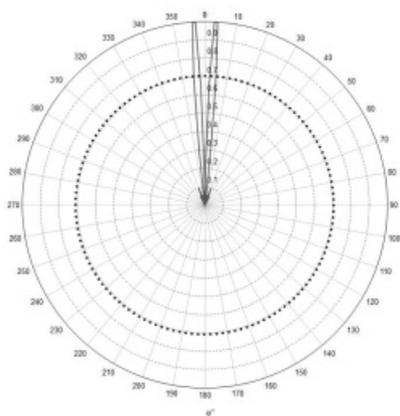


b)

Рис. 2. ДН по напряженности поля в плоскости E в декартовой (a) и полярной (b) системе координат



a)



б)

**Рис. 3. ДН по напряженности поля в плоскости Н в декартовой (а) и полярной (б) системе координат**

В результате моделирования были получены нормированные ДН для Н и Е плоскостей антенной решетки. Ширина диаграммы направленности для Н и Е плоскостей по уровню 0,707 приблизительно равна  $2^\circ$ , что позволяет говорить о целесообразном использовании ее в данном диапазоне. Таким образом, использование данной антенной решетки в Е-диапазоне частот позволит расширить полосу пропускания высокоскоростного широкополосного беспроводного доступа.

## Библиографический список

1. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.

2. **Белоусов, О. А.** Фазируемая антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЧНОМ КОМПЛЕКСЕ

*А. М. Кувшинчиков, И. А. Иванов*

*МИРЭА – Российский технологический университет (г. Москва)*

Для увеличения урожайности применяют различные современные способы ведения сельского хозяйства. Для каждой отрасли сельского хозяйства разработаны дорогостоящие промышленные решения, которые помогают решать стоящие перед агрономами задачи. Например, дроны используют для мониторинга сельскохозяйственной техники и персонала на полях, доильные системы, роботизированные тракторы и т.п. Отдельно в этом списке стоят промышленные тепличные комплексы, управляемые автоматикой под контролем человека [1].

В России помимо промышленных сельскохозяйственных комплексов немалую долю в объеме производства занимают урожай частных участков. Они не отличаются высокой урожайностью и уровнем автоматизации, поскольку относительно малое количество людей используют теплицы и еще меньше используют системы контроля за теплицей. Причиной подобной ситуации является высокая цена на системы автоматизации, поскольку по большей части они разработаны для крупных промышленных комплексов.

В рамках данной работы предложено бюджетное решение, представляющее собой модульную систему контроля за тепличным комплексом для частных участков. За основу были взяты «Голландские теплицы» и требования, возлагаемые на них с точки зрения автоматизации [2].

В ходе анализа был определен необходимый набор компонентов для создания «умной» системы поддержания микроклимата в теплице. В него входят базовые компоненты, необходимые для работы системы:

1. Актuator открытия окон (количество определяется индивидуально, в зависимости от теплицы, но не менее 1 шт.).
2. Блок управления.
3. Датчик температуры.
4. Датчик влажности воздуха.
5. Датчик влажности почвы.
6. Система освещения.
7. Система полива с электронным управлением.

Определив минимальный необходимый состав комплекса, разработаны электрическая принципиальная и структурная схемы. Основными требованиями к данному изделию являлись: простота использования, низкая стоимость, устойчивость к климатическим воздействиям европейской части России и возможность дальнейшего дооснащения любым из вышеперечисленных модулей.

Поскольку на частных участках теплицы небольших размеров, обычно не более 28 м<sup>2</sup>, не имеет смысла выносить блок управления за ее пределы. Соответственно корпус блока управления должен выдерживать температурные нагрузки, быть легким, достаточно компактным и водонепроницаемым, а оборудование внутри него не бояться повышенной влажности и перепадов температур.

Одной из значимых проблем при проектировании, над решением которой пришлось потрудиться, был расчет сечения проводников, поскольку нельзя было допустить искажения или потери сигнала на пути его следования.

Внедрение подобных систем позволит владельцам частных участков оставлять теплицы без присмотра на достаточно продолжительный период времени, при условии защиты от сорняков и наличия запаса воды для полива. А упрощение процесса выращивания культур привлечет людей, которые до этого не имели возможность тратить много времени на уход за огородом.

### Библиографический список

1. URL : <https://www.computerra.ru/235530/kak-sovremennye-tehnologii-menyayut-podhod-k-vedeniyu-selskogo-hozyajstva/> (дата обращения: 25.04.2020)
2. URL : <https://moidachya.ru/teplichnye-xozyajstva-v-niderlandax-kak-eto-rabotaet.html> (дата обращения: 15.02.2020).

3. **Пирогова, Е. В.** Проектирование и технология печатных плат : учебник / Е. В. Пирогова. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 560 с.
4. **Удалов, А. И.** Основы теплообмена в радиоэлектронных системах : учебное пособие / А. И. Удалов. – М. : МИРЭА, 2002. – 60 с.
5. **Медведев, А. М.** Сборка и монтаж электронных устройств / А. М. Медведев. – М. : Техносфера, 2007. – 256 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СТРУКТУР В ВИДЕ МНОГОПРОВОДНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С ОГРАНИЧЕННЫМ КОЛИЧЕСТВОМ СТОЯЩИХ ВОЛН**

*М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В настоящее время существует достаточно много методов и подходов, направленных на синтез различных антенных структур, однако большинство этих методов используют в своей основе методы конечных элементов, натурного моделирования, методы, связанные со строгим решением электродинамических задач, а также методы, которые используют в своей основе построение физической модели. Не всегда такие методы можно применить при разработке новых излучателей, так как они – в первом случае достаточно громоздки вычислительно, а во втором – необходима постройка непосредственно физической модели. Поэтому предлагаемый подход направлен на построение феноменологической модели излучателя. Используя данные модели можно достаточно легко и оперативно синтезировать различные антенные структуры без сложных аналитических выкладок. Этот метод существенно сокращает время разработки новых антенных структур и позволяет портативно произвести оценку основных электродинамических характеристик излучателей, а в ряде случаев получить и геометрические параметры [1]. В качестве примера реализации такого подхода рассмотрим создание феноменологической модели спиральной антенны с многопроводными излучателями, используя в своей основе идеологию квадрифилярного излучателя.

КСА представляет из себя антенную систему, состоящую из 4-х спиральных излучателей, сдвинутых относительно друг друга на 90 градусов [1]. Роль возбудителя спиральных излучателей на себя берут элементы питания, которые расположены на основании антенны.

Напряжение на них формируется специальной схемой питания. В дальнейшем будут рассматриваться феноменологические модели КСА на основе многопроводных спиральных излучателей.

Под понятием феноменологической модели квадрифилярной спиральной антенны будем понимать модель, которая верно показывает основные явления, происходящие в моделируемой антенне, однако из-за того, что при моделировании учитываются не все параметры антенны, результат моделирования нельзя считать исключительно достоверным.

В данной вариации КСА спиральные излучатели состоят из нескольких проводников, намотанных по спирали, что должно позволить осуществить независимую настройку входного сопротивления антенны и облегчить ее согласование со схемой питания. Для анализа данного типа антенн были смоделированы две квадрифилярные спиральные антенны: полуволновая и четвертьволновая КСА.

Обе модели КСА работают в резонансном режиме. В случае с четвертьволновой КСА антенна выступает резонатором в отрезке линии передачи, он закорочен с одной стороны и разомкнут с другой. Роль короткозамыкателя в данном случае выполняет основание антенны. Полуволновая КСА работает аналогичным способом, действуя как отрезок линии передачи, который замкнут с обеих сторон [1, 2].

Было проведено компьютерное моделирование двух моделей КСА. Модель четвертьволновой квадрифилярной спиральной антенны обладает коэффициентом усиления 2,5 дБи.

Геометрические размеры данной антенны: высота спирали – 61 мм, радиус спирали – 19 мм.

Полуволновая КСА имеет коэффициент усиления 3,5 дБи. Геометрические размеры полуволновой квадрифилярной спиральной антенны такие же как у четвертьволновой модели.

Интенсивнее излучая в верхнее полупространство, обе антенны имеют хорошую направленность. Так же они обладают симметрией поворота. Оба излучателя являются взаимными, так как они не имеют невзаимных сред. Эти факторы позволяют уменьшить число элементов матрицы рассеяния, что позволяет облегчить процесс моделирования данных излучателей [1, 2].

Применение вышеизложенного подхода позволит синтезировать сложные антенные системы и комплексы без использования методов натурального моделирования и без построения физических моделей, так как этот подход показывает адекватные результаты и расхождение с физической моделью составляет менее пяти процентов.

## Библиографический список

1. **Фрадин, А. З.** Антенны сверхвысоких частот / А. З. Фрадин. – Ленинград : [б. и.], 1950. – 267 с.
2. **Применение** алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белоусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МЕТЕОСТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*Д. С. Куренков, З. М. Селиванова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

При производстве изделий радиоэлектронных средств на промышленных предприятиях по изготовлению различных видов материалов, в агропромышленном комплексе необходим точный и оперативный контроль температуры и влажности как объектов исследования, так и окружающей среды (ОС). Целью исследования является расширение функциональных возможностей существующей интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС) [1, 2] и создание на ее основе интеллектуальной метеостанции (ИнМ).

ИнМ осуществляет мониторинг параметров ОС (температура  $T_{OC}$ , влажность  $W_{OC}$ , давление  $P_{OC}$ , индекс УФ-излучения) и почвы (температура  $T_p$ , влажность  $W_p$ ). В ИнМ предусмотрена возможность установки в удаленных местах, передача данных по каналу Wi-Fi. Повышение функциональных возможностей ИИИС достигается в результате реконфигурирования структуры системы ( $S$ ) с адаптацией к предметной области применения ИнМ. Применяемые структуры системы:  $S_1$  – для мониторинга параметров объектов исследования (ОИ),  $S_2$  – почвы ( $p$ ),  $S_3$  – окружающей среды. Для каждой структуры ИИИС ( $S_1, S_2, S_3$ ) разработаны алгоритмы мониторинга параметров.

*Постановка задачи выбора структуры ИИИС в соответствии с информационной ситуацией (ИС). Задаются множества:*

$\mathbf{V}_S = \{V_{S_1}, V_{S_2}, V_{S_3}\}$  – модулей структур ( $S$ ) ИИИС;  
 $\mathbf{V}_M = \{V_i^M, i, \dots, k_M\}$  – методов контроля параметров, где  $V_i^M$  –  $i$ -й метод контроля;  $\mathbf{V}_{MO} = \{V_i^{MO}, i, \dots, k_{MO}\}$  – модулей метрологического обеспечения;  $\mathbf{V}_{ПО} = \{V_{S_1}^{ПО}, V_{S_2}^{ПО}, V_{S_3}^{ПО}\}$  – модулей программного обеспечения;  $\mathbf{V}_{МАТО} = \{V_{S_1}^{МАТО}, V_{S_2}^{МАТО}, V_{S_3}^{МАТО}\}$  – модулей математического обеспечения;  $\mathbf{V}_{ИО} = \{V_i^{ИО}, i, \dots, k_{ИО}\}$  – модулей информационного обеспечения;  $\mathbf{V}_{ИМ} = \{V_{S_1}^{ИМ}, V_{S_2}^{ИМ}, V_{S_3}^{ИМ}\}$  – исследуемых материалов(ИМ);  $\mathbf{V}_{СВ} = \{V_i^{СВ}, i, \dots, k_{СВ}\}$  – сведений о свойствах ОИ, почвы. Необходимо выбрать структуру ИИИС  $\mathbf{V}_S = \{V_{S_1}, V_{S_2}, V_{S_3}\}$ , которая соответствует представленным множествам. Для формирования множества ИС используется декартово произведение множеств  $\mathbf{H}$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H} &= V_S \times V_M \times V_{MO} \times V_{ПО} \times V_{МАТО} \times V_{ИО} \times V_{ИМ} \times V_{СВ} = \\
 &= \{h_{i,j,l,n,m,c,d,p}, i \in \{S_1, S_2, S_3\}; j = 1, \dots, k_M; l = 1, \dots, k_{MO}; \\
 &n \in \{S_1\Pi, S_2\Pi, S_3\Pi\}; m = \{S_1M, S_2M, S_3M\}; c = 1, \dots, k_{ИО}; \\
 &d \in \{S_1И, S_2И, S_3И\}; p = 1, \dots, k_{СВ}\}.
 \end{aligned}$$

Элементы  $h_{i,j,l,n,m,c,d,p}$  в множестве  $\mathbf{H}$ , которые соответствуют информационным ситуациям, задаются в виде кортежей:

$$h_{i,j,l,n,m,c,d,p} = \langle V_i^S, V_j^M, V_l^{MO}, V_n^{ПО}, V_m^{МАТО}, V_c^{ИО}, V_d^{ИМ}, V_p^{СВ} \rangle.$$

В структуре множества  $\mathbf{H}$  определяются  $q$  – подмножеств  $\mathbf{H}_i, i = 1, \dots, q$ .

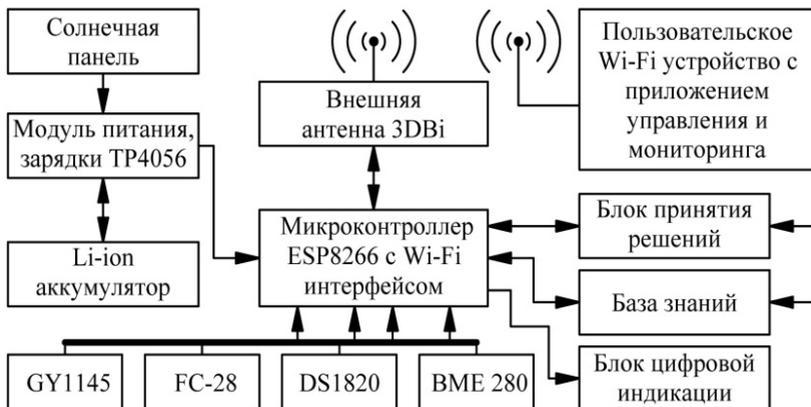
ЕСЛИ  $h_{i,j,l,n,m,c,d,p} \in \mathbf{H}_i$ , ТО применять структуру системы  $V_{S_i}$ ;

. .

ЕСЛИ  $h_{i,j,l,n,m,c,d,p} \in \mathbf{H}_q$ , ТО применять структуру системы  $V_{S_q}$ .

ИнМ создана на основе ИИИС с использованием микроконтроллера ESP8266 с интерфейсом Wi-Fi (рис. 1).

В ИнМ применяются цифровые датчики для измерения параметров окружающей среды, ИМ и почвы: ВМЕ280 – окружающей среды; GY-1145 – ультрафиолетового излучения; DS1820 – температуры почвы; FC-28 – объемного содержания воды в почве.



**Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной метеостанции на основе информационно-измерительной системы**

### Библиографический список

1. **Selivanova, Z. M.** Intelligent information-measuring system of thermophysical properties of trunk pipelines / Z. M. Selivanova, V. I. Pavlov // Bulletin of the tomsk polytechnic university. Geoassetsengineering. – 2019. – V. 330, Is. 10. – P. 145 – 154.
2. **Чернышов, Н. Г.** Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

## ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И РАССОГЛАСОВАНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

*М. А. Майоров, К. В. Скоморохов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Рассмотрим поляризационные искажения, вносимые периодической структурой проводников. С этой целью предположим, что на раскрыве имеется поле произвольной поляризации, задаваемое в виде суммы двух ортогональных линейных компонент  $E_{\tau}^E, H_{\tau}^E$  для  $E$ -поляризации и  $E_{\tau}^H, H_{\tau}^H$  для  $H$ -поляризации [1]:

$$\begin{aligned}
E_{\tau}^E &= E_0^E \eta(y') x_0', & E_{\tau}^H &= -W_S^H H_0^E \eta(y') y_0', \\
H_{\tau}^E &= \frac{E_0^E}{W_S^E} \eta(y') y_0', & H_{\tau}^H &= H_0^E \eta(y') x_0'.
\end{aligned} \tag{1}$$

Отношение этих ортогонально линейно-поляризованных компонент на раскрыве обозначим  $\beta_S$  :

$$\beta_S = \frac{(E_{\tau}^E x_0')}{W_S^H ([H_{\tau}^H z_0']) y_0'} = \frac{E_0^E}{-W_S^H}. \tag{2}$$

Величина  $\beta_S$  полностью характеризует поляризационные свойства поля в раскрыве.

Соответственно поляризацию излучаемого поля будем характеризовать отношением ортогональных поперечных компонент излучаемого электрического поля [2]:

$$\beta(\theta) = \frac{(E_{\Sigma}^{2E} x_0)}{-W_0 ([H_{\Sigma}^{2H}]) \theta_0} = \frac{E_{x\Sigma}^{2E}(r, \theta)}{-W_0 H_{x\Sigma}^{2H}}. \tag{3}$$

Подставляя в (3) выражения для  $E_{x\Sigma}^{2E}$ ,  $H_{x\Sigma}^{2H}$ , получаем

$$\begin{aligned}
\beta(\theta) &= \frac{\sum_{n=-n_1}^{n_2} b_n^E \left[ \arcsin \left[ \sin \theta - \frac{n}{d/\lambda_1} \right] \right]}{-W_0 \sum_{n=-n_1}^{n_2} b_n^H \left[ \arcsin \left[ \sin \theta - \frac{n}{d/\lambda_1} \right] \right]} \times \\
&\times \frac{e^{-jk_1 h} \sqrt{1 - \left( \sin \theta - \frac{n}{d/\lambda_1} \right)^2} F_{\Sigma}^E \left[ -k_1 \left( \sin \theta - \frac{n}{d/\lambda_1} \right) \right]}{e^{-jk_1 h} \sqrt{1 - \left( \sin \theta - \frac{n}{d/\lambda_1} \right)^2} G_{\Sigma}^E \left[ -k_1 \left( \sin \theta - \frac{n}{d/\lambda_1} \right) \right]}. \tag{4}
\end{aligned}$$

При большом раскрыве ( $L \gg \lambda_1$ )  $W_S^H \approx W_0 \cos \theta_0$ , поэтому

$$\beta(\theta) = \beta_S \cos \theta \frac{f^E(\theta)}{f^H(\theta)}. \tag{5}$$

В частности, для направления основного лепестка:

$$\beta(\theta_0) = \beta_S \cos \theta_0 \frac{b_0^E(\theta_0)}{b_0^H(\theta_0)}. \quad (6)$$

В отсутствие периодической структуры зависимость поляризации излучаемого поля от направления определяется коэффициентом  $\beta_0(\theta)$ :

$$\beta_0(\theta) = \beta_S \cos \theta. \quad (7)$$

Полученные формулы позволяют проанализировать поляризационные искажения и рассогласования, которые возникают при совмещении фазированных антенных решеток с произвольными поляризациями, с помощью представления поля в раскрыве в виде суммы двух ортогональных линейных компонент.

### Библиографический список

1. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.
2. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.
3. **Зелкин, Е. Г.** Методы синтеза антенн / Е. Г. Зелкин, В. Г. Соколов. – М. : Советское радио. – 1980. – 296 с.

## ОБЪЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

*А. Ю. Наумова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Класс объектов энергосбережения включает в себя различные типы машин с электроприводами, тепловые аппаратные комплексы и транспортные средства. Многие из этих объектов функционируют на промышленных предприятиях, сферах обслуживания и жизнеобеспечения. Равно как объекты управления они обладают некоторыми характерными чертами, которые следует принимать во внимание в задачах оптимального управления.

Тепловые процессы считаются наиболее распространенными и энергоемкими процессами в различных отраслях промышленности. Расходы на электроэнергию и отдельные виды теплоносителей для большинства предприятий данных отраслей принадлежат к числу ключевых и становятся сопоставимыми с расходами на сырье. Существенная часть затрат энергии требуется на нагревательные установки, реакторы, теплообменники и другие аппараты, в которых происходят тепловые процессы.

В большинстве случаев, сокращение энергетических затрат на производстве в процессах нагрева достигается за счет:

- повышения производительности технологического оборудования, снижения его простоев в рабочем состоянии;
- повышения надежности электротермических аппаратов;
- улучшения теплоизоляции.

Значительным резервом уменьшения энергопотребления является оптимальное управление динамическими режимами с учетом изменяющихся состояний функционирования. Исследования показывают, что при оптимальном управлении сокращение затрат энергии происходит в динамических режимах в 20% случаев и более при условии, что используются алгоритмы синтеза оптимального управления в реальном времени, которые реализуются простыми и доступными микропроцессорными устройствами. Наибольший эффект энергосбережения при оптимальном управлении тепловыми аппаратами достигается за счет следующих факторов:

- а) оптимальное управление динамическими режимами при нагреве тел;
- б) обеспечение требуемой температуры четко в определенный период;
- в) устранение отклонений регулируемой величины от заданного значения с минимальным количеством расходов энергии;
- г) применение резервов оперативного отключения энергоносителей (например, за счет остаточного тепла разогретого электронагревателя).

Наравне с данными объектами, для которых минимизируются либо затраты энергии, либо расход топлива, в последнее время начинают получать распространение гибридные объекты. В задачах энергосберегающего управления гибридными объектами используются комбинированные функционалы в виде взвешенной суммы затрат энергии и расхода топлива или различных видов топлива. К подобным объектам относятся водогрейные котлы, нагревательные и отопительные системы и другие. Следует отметить два типа гибридных объектов – объек-

ты, в которых одновременно могут использоваться различные энергоносители, и объекты, в которых используемые энергоносители чередуются во времени. К гибридным объектам относятся тепловые аппараты с электроприводом [1, 2].

Таким образом, можно выделить класс энергосберегающих объектов, для которого более целесообразно использование энергосберегающего управления. Данному классу принадлежат объекты, у которых время пребывания в динамических режимах составляет большую часть общего времени работы; объекты, динамические режимы которых могут быть описаны системой дифференциальных уравнений; объекты с управляемыми тепловыми процессами. Стоит заметить, что в современном мире фактически отсутствуют тепловые аппараты, в том числе и водонагреватели с бортовыми контроллерами, решающие в реальном времени задачи синтеза энергосберегающего управления динамическими режимами.

### **Библиографический список**

1. **Белоусов, О. А.** Вопросы энергосберегающего управления тепловыми аппаратами с электронагревом / О. А. Белоусов, Ю. Т. Зырянов, Р. Ю. Курносков // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 1. – С. 36 – 42.
2. **Чернышов, Н. Г.** Задачи энергосбережения на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов // Энергосбережение и эффективность в технических системах, 2019. – С. 170 – 172.
3. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.

## **НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*А. Ю. Наумова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Для оценки надежности программного обеспечения были разработаны модели, которые описаны Майерсом, Диллоном, Сингхом, Липаевым и др. В них программное обеспечение рассматривали как однородный программный продукт, используя принцип «черного ящика». Такой подход дает существенную погрешность в оценке надежности современных сложных программных комплексов, таких

как программное обеспечение автоматизированных систем управления технологическими процессами. Необходимо добиться снижения затрат на создание автоматизированных систем управления технологическими процессами за счет прогнозирования и оценки надежности их программного обеспечения. Результат достигается созданием нейросетевой модели. Она обладает более высокой точностью, чем у традиционно применяемых в настоящее время моделей аналогичного назначения. Известные модели для оценки надежности программного обеспечения создавались преимущественно на основе экспериментальных данных и применялись для отладки программ небольшого объема и сложности.

Существуют различные методы решения задачи прогнозирования, причем одним из самых перспективных является использование искусственных нейронных сетей (ИНС). Для прогнозирования и оценки надежности сложных программных систем с использованием ИНС необходимо определить: особенности структуры ИНС, используемой для прогнозирования надежности; метод реализации ИНС с учетом ее структуры; способ обучения ИНС с учетом ее структуры. В состав коммутаторной ИНС входят нейроны и коммутаторы. Нейроны являются элементами принятия решения, коммутаторы – устройствами для передачи информации между нейронами. Коммутаторная ИНС имеет древовидную структуру, в которой узлы образованы коммутаторами, а листья – нейронами. Коммутаторная архитектура позволяет реализовать большие ИНС. Для обучения ИНС используется информация о зафиксированных ранее временах отказов программного обучения. Схема обучения ИНС состоит в том, что на вход нейронной сети и одновременно на специальный блок «Учитель» подаются данные из обучающей выборки в виде входы-выходы. Искусственная нейронная сеть обрабатывает полученные входные данные и формирует выходное значение. Оно сравнивается с эталонным из обучающей выборки. Полученная разница значений служит для корректировки параметров ИНС и последующего ее дополнительного обучения программой Учитель. Прогнозирование и оценка надежности с использованием ИНС заключается в следующем.

На этапе проектирования и разработки ПО проводят первоначальное обучение ИНС, используя данные отладки и испытаний аналогичного программного обеспечения. На основе выборки выходных значений ИНС получают зависимость интенсивности отказов программного обеспечения от времени. В данном случае временем будет суммарное время отладки всех модулей и системы в целом. Реализация модели прогнозирования и оценки надежности программного обеспе-

чения на базе ИНС может быть выполнена одним из известных способов: программно-, аппаратно- или аппаратно-программно.

В модели для прогнозирования и оценки надежности ПО используется достаточно большое количество операций экспоненцирования и суммирования. Для ее реализации была разработана многослойная модульная вычислительная система. Она состоит из унифицированных модулей и включает большое число слоев. Каждый слой содержит модули двух типов – алгоритмические и интеллектуальные. Алгоритмические выполняют сложные вычислительные процедуры.

Таким образом, модель для прогнозирования и оценки надежности позволяет оценить интенсивность потока отказов программной системы.

### **Библиографический список**

1. **Муромцев, Ю. Л.** Математическое и программное обеспечение микропроцессорных систем энергосберегающего управления / Ю. Л. Муромцев, Н. Г. Чернышов, Л. П. Орлова // Автоматика и вычислительная техника. – 1996. – № 6. – С. 26 – 34.

2. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

***Д. К. Нгуен<sup>1</sup>, В. Ф. Нгуен<sup>1</sup>, Т. Ю. Дорохова<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Военно-Промышленный Колледж, Вьетнам,*

*<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

**Введение.** Стресс как массовое явление ментального состояния широко распространен, ему подвержена значительная часть населения в различных странах. Например, исследования в США показали, что 40% населения пребывают в состоянии стресса, в Японии – 60%, Австралии – 35%, а во Франции 40% [1]. В год по статистике, приведенной в [2], на ликвидацию последствий стресса в США расходуется 190 миллиардов долларов, а в странах Евросоюза – 20 миллиардов евро. Изучение теоретической литературы показало, что необходимо создание новых устройств и внедрение новых методов для определе-

ния и анализа стрессового состояния человека. В данной статье предложена математическая модель классификации эмоционального состояния человека на 2 группы (нейтральное и стрессовое). Классификация основана на методе линейного дискриминантного анализа (ЛДА) по параметрам зарегистрированных сигналов при помощи аппаратно-программных комплексов (АПК).

**Постановка задачи:** целью эксперимента является классификация эмоционального состояния на нейтральное и стрессовое, вызывающее заметное отклонение от обычного состояния (стресс) у исследуемого индивида. При этом регистрируются электрофизиологические сигналы (реакции) при ответах на нейтральные и стрессирующие вопросы, которые заранее заготовлены. Электрофизиологическими сигналами являются электрокардиография (ЭКГ), электроэнцефалография (ЭЭГ), определение кожно-гальванической реакции (КГР). Имеется также набор контрольных вопросов. Для данного исследования наиболее приемлемым является метод линейного дискриминантного анализа Фишера [3, 4]. Линейный дискриминантный анализ требует выполнения ряда предположений. Вектор наблюдений  $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$  должен относиться к одному из двух классов, имеющих многомерные нормальные распределения с различными математическими ожиданиями и одинаковыми матрицами ковариации. Пусть  $X$  – матрица наблюдений для нейтральных и стрессирующих вопросов. Столбцы данной матрицы содержат реакции как на нейтральные, так и на стрессирующие вопросы.

$$X(p, m+n) = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m+n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pm+n} \end{pmatrix},$$

где  $m$  – количество нейтральных вопросов;  $n$  – количество стрессирующих вопросов;  $p$  – количество параметров;  $x_{ij}$  – значения параметров в  $i$ -й строке и  $j$ -м столбце. Имеется набор параметров, таких как изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС), время реакции КГР, размах импульсов КГР, длительность импульсов ЭЭГ и т.д.

До обработки экспериментальных данных следует сделать нормировку, чтобы все значения были положительными. Нормировка выполняется по формуле

$$x_{ij}^H = \frac{(x_{ij} - x_{i\min})}{(x_{i\max} - x_{i\min})}.$$

Здесь  $x_{i\min}, x_{i\max}$  – минимальные и максимальные значения параметров в  $i$ -й строке. Разобьем матрицу  $X(p, m + n)$  на две матрицы, содержащие параметры на нейтральные и стрессирующие реакции соответственно.

$$X(p, m) = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pm} \end{pmatrix}; Y(p, n) = \begin{pmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & \cdots & y_{pn} \end{pmatrix}.$$

Создаем две матрицы, содержащие среднее значение:

$$M_X = \begin{pmatrix} \mu_{x_1} \\ \vdots \\ \mu_{x_k} \end{pmatrix}; M_Y = \begin{pmatrix} \mu_{y_1} \\ \vdots \\ \mu_{y_k} \end{pmatrix},$$

где

$$\mu_{x_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}; \mu_{y_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij}.$$

Вычисляем выборочные ковариационные матрицы:

$$C_X = \frac{(X - M_X)(X - M_X)^T}{m-1}; C_Y = \frac{(Y - M_Y)(Y - M_Y)^T}{n-1}$$

После этого определим объединенную ковариационную матрицу  $C_{XY}$  следующим образом:

$$C_{XY} = \frac{(m-1)C_X + (n-1)C_Y}{m+n-2}.$$

Коэффициенты дискриминантной функции определяются по формуле:

$$\bar{a} = (C_{XY})^{-1}(M_X - M_Y),$$

где  $(C_{XY})^{-1}$  – обратная матрица  $C_{XY}$ . Определяем значение дискриминантных функции нейтрального и стрессирующего класса соответственно:

$$f_1 = (a^T X)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i x_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i x_{im} \end{pmatrix}; f_2 = (a^T Y)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i y_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i y_{in} \end{pmatrix}.$$

Константа дискриминации вычисляется по формуле:

$$C = \frac{1}{2}(f_{1m} + f_{2m}),$$

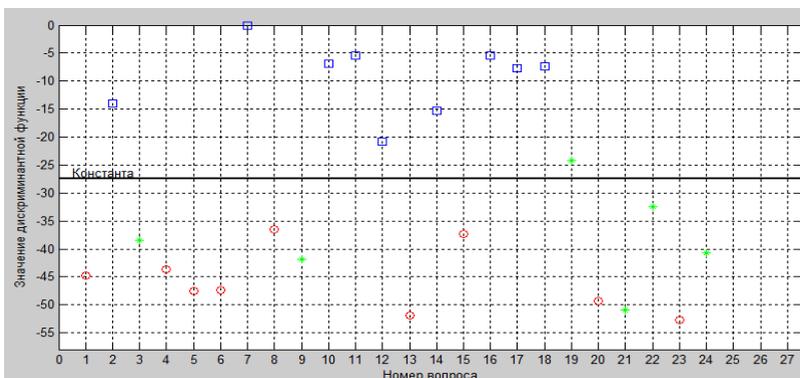
где  $f_{1m}, f_{2m}$  – значение средней дискриминатной функции нейтральной и стрессующей группы, определяется по формуле:

$$f_{1m} = a^T M_X = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^k a_i \sum_{j=1}^m x_{ij}; \quad f_{2m} = a^T M_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k a_i \sum_{j=1}^n y_{ij}.$$

**Результаты.** После получения константы дискриминации можно провести классификацию эмоционального состояния человека на 2 группы. Пусть матрица  $Z(p, k)$  содержит параметры контрольных вопросов,  $k$  – количество контрольных вопросов. Для того чтобы отнести эти вопросы к одной из двух групп, рассчитаем для них значения дискриминантных функций по формуле:

$$f_z = (a^T Z)^T.$$

Если  $f_{z_j} \geq C$  ( $j$  меняется от 1 до  $k$ ), то неизвестный  $j$ -порядковый вопрос в матрице  $Z$  принадлежит к нейтральной группе. Аналогично, если  $f_{z_j} < C$ , то неизвестный вопрос в матрице  $Z$  принадлежит к стрессующей группе вопросов, для данного человека. Данный алгоритм был реализован в программном пакете Matlab. Пример результата обработки представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Распределение вопросов на группы:**

□ – нейтральные; ○ – стрессующие; \* – контрольные

**Заключение.** В ходе исследования была построена математическая модель, позволяющая осуществлять классификацию эмоционального состояния человека (нейтральное и стрессовое), в основе которой лежит метод линейного дискриминантного анализа. Установлено, что данный метод может широко использоваться в биомедицинских исследованиях, в частности, в задачах диагностики различных заболеваний.

### Библиографический список

1. **Six Surprising Statistics about Stress around the World** [Электронный ресурс]. – URL : <http://magazine.thebusylifestyle.com/2019/09/15/stress-statistics-worldwide/#>
2. **Depression** [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/en/>
3. **Афифи, А.** Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М. : Мир, 1982. – 488 с.
4. **Урбах, В. Ю.** Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В. Ю. Урбах. – М. : Медицина, 1975. – 294 с.

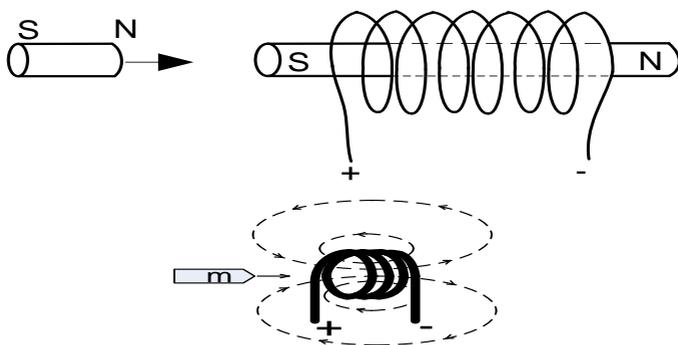
## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПУШКИ ГАУССА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB SIMULINK

*Д. К. Нгуен<sup>1</sup>, В. Ф. Нгуен<sup>1</sup>, З. Х. Чан<sup>1</sup>, Т. Ю. Дорохова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Военно-Промышленный Колледж, Вьетнам,*

*<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

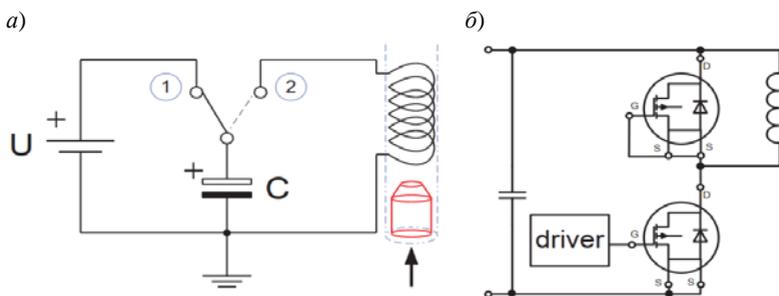
Пушка Гаусса принадлежит к недостаточно исследованному виду электромагнитного оружия. Многие ученые пытаются усовершенствовать ее принцип действия, но до сих пор характеристики большинства образцов оставляют желать лучшего. Пушка Гаусса состоит из соленоида, внутри которого находится ствол. Каждая катушка работает по принципу соленоидной катушки. Ток, протекающий в катушке, будет генерировать магнитный поток через центр катушки. Когда проводящая пуля приближается к катушкам с воздушным сердечником, возникают два явления: индуктивность катушки увеличивается, и пуля намагничивается. Намагниченная пуля будет притягиваться магнитным полем катушки и ускорять полет пули к ней. По мере приближения пули индуктивность катушки будет увеличиваться, заполняя контур положительной обратной связи на пульке, и магнитное поле, создаваемое катушкой, увеличивается.



**Рис. 1. Положение пули перед катушкой**

Этот процесс достигает своего пика, когда пуля полностью окружена катушкой и продолжает двигаться, что приводит к уменьшению индуктивности катушки. В этот момент ток, протекающий в катушке, должен быть отключен, иначе пуля будет двигаться медленно из-за постоянного притяжения магнитным полем катушки.

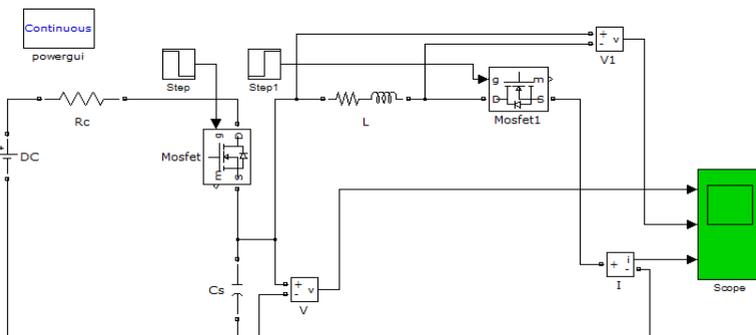
Пушка Гаусса состоит из следующих основных компонентов: катушки, конденсатора, замка, ствола и пули. Катушка может быть намотана на соленоид с ферромагнитной пулей. Схема работы пушки Гаусса включает два этапа и показана на рис. 2.



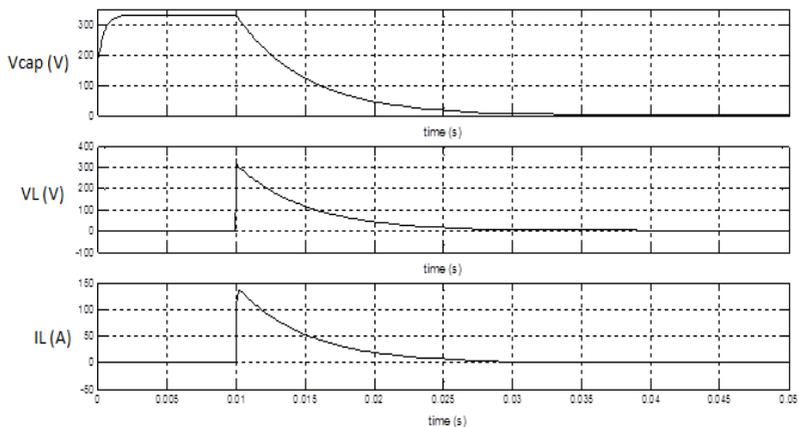
**Рис. 2. Принцип процесса обжига (а);  
схема зажигания (б) (FET + диод + катушка)**

Энергия, необходимая для выстрела пули, будет накапливаться в конденсаторе  $C$ . Конденсатор будет заряжаться от источника напряжения  $U$  при блокировке в первом положении. На следующем этапе эта энергия будет передаваться пуле во время стрельбы. Транзистор FET или транзистор Mosfet используется в качестве электрического

замка для закрытия замка в положение 2. Это обеспечит энергией источник питания с пиковым током, создающим сильное магнитное поле. Это магнитное поле будет толкать пулю из ствола на высокой скорости.



**Рис. 3. Моделирование принципа работы пушки Гаусса в Matlab Simulink**



**Рис. 4. График тока, напряжения зарядки и разрядки конденсатора на катушке**

При графическом моделировании легко сделать вывод, что для того, чтобы пуля вылетела от ствола пистолета, необходимо определить точное время, когда пуля пройдет половину длины катушки, чтобы предотвратить захват пули при ее прохождении через центр катушки.

### Библиографический список

1. URL : <http://www.coilgun.eclipse.co.uk/theory.html>
2. Bengui, Z., Yanjie, C., Jie, W., Huijin, W., Xuehui, C.: Magnetic-Structural Coupling 2005. Print.
3. Bohemia in Pilsen, published in Proceedings of Electrotechnical Institute. – 2013. – Is. 263.

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ

*В. В. Попов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Развитие промышленных предприятий, достижение успехов в бизнесе, связанных с созданием и реализацией продукции и услуг, в наш век невозможны без использования информационно-измерительных систем (ИИС). Современные ИИС строятся на основе программно-управляемой измерительно-вычислительной аппаратуры и средств вычислительной техники, используют локальные и глобальные телекоммуникационные сети, последние достижения информационных технологий и широкий набор специального и универсального инструментального и прикладного программного обеспечения. ИИС применяются для решения задач управления технологическими и производственными процессами, задач экспериментальных исследований, испытаний, мониторинга, диагностики и тестирования аппаратных средств (агрегатов, самолетов, вертолетов) [1 – 3].

Роль ИИС практически имеет решающее значение и важна во всех отраслях промышленности. Развитие новых методов обработки и анализа информации за последние десятилетия показало и его практическую значимость. Несмотря на долгую историю развития, современные технологические достижения и быстрое развитие промышленности предъявляют требования к созданию современных ИИС.

Для принятия наиболее целесообразных управленческих решений в современном промышленном производстве имеется огромный объем информации, которую необходимо обрабатывать. Это обусловлено высокими темпами развития современной техники, увеличением размеров предприятий и производств усложнением производственных связей. Производство достигло такого уровня, что управлять им старыми (командными) методами, без использования количественного и качественного измерений взаимосвязей характерных для предприятий, стало невозможным [1].



**Рис. 1. Общая схема информационно-измерительной системы**

ИИС как средство получения информации нужно рассматривать в неразрывной связи с объектом исследования и потребителем. Такое рассмотрение может позволить правильно оценить процесс получения и использования количественной информации и дать основание для выбора наиболее важных характеристик регистрации и отображения технических параметров, что позволяет проводить измерение и непрерывную запись информации с датчиков в виде файлов на жесткий диск компьютера с одновременным просмотром массива данных на экране монитора в виде графиков и мнемосхем, архивацию и оперативную распечатку полученных результатов.

Общая схема информационно-измерительной системы представлена на рис. 1. На данном рисунке видно как информация, поступающая от объекта исследований в измерительный преобразователь (ИП), преобразуется в электрический сигнал и поступает в структуру ИИС, осуществляющую измерение и преобразование информации (СИПИ). В структуре СИПИ измерительная информация подвергается следующим операциям: фильтрации, масштабированию, линеаризации, аналого-цифровому преобразованию. Затем сигналы измерительной информации в цифровой форме поступают в структуру обработки и хранения информации или в структуру отображения информации. Устройство управления осуществляет функции управления, устройство вывода осуществляет вывод управляющих сигналов на исполнительные устройства, воздействующие на объект исследования. Специализированное программное устройство предоставляет возможность осуществлять постэкспериментальную обработку измерительной информации для дальнейшего ее преобразования и использования в промышленности и в системах связи.

### Библиографический список

1. **Лапшина, М. Л.** Автоматизированные информационные технологии : учебное пособие / М. Л. Лапшина. – Воронеж : ВГЛТУ, 2018. – 114 с.
2. **Kurnosov, R. Yu.** Improving Metrological Reliability of Information-Measuring Systems Using Mathematical Modeling of Their Metrological Characteristics / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 032077 doi :10.1088/1742-6596/1015/3/032077.
3. **Synthesis** of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112.

### ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ETHERNET НА БАЗЕ СЕТИ ПОСТРОЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ LoRaWAN

*А. В. Пронин, Д. А. Сидорова, Т. Дзадагу, Н. Г. Чернышов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В течение многих лет огромный потенциал Интернета Вещей (IoT) сдерживался техническими проблемами, такими как малый срок службы устройств, работающих от батарей, короткой дальностью связи, высокой стоимостью и отсутствием единых стандартов.

Технология, получившая название LoRaWAN (Long Range wide-area networks), позволила преодолеть все эти препятствия. На основе новой спецификации и нового протокола для LPWAN, использующего нелицензируемый диапазон частот, технология LoRaWAN позволила подключать датчики на большие расстояния, предлагая при этом оптимальное время автономной работы датчиков и минимальные требования к инфраструктуре.

Одним из главных достоинств LoRaWAN является тот факт, что это открытый стандарт, т.е., если мы строим сеть, отвечающую спецификации, и у нас есть стороннее устройство, отвечающее спецификации, то оно в нашей сети спокойно активируется и сможет работать.

Напомню, что термином IoT (Internet of Things) обозначают различные устройства, которые используют выход в сеть для взаимодействия друг с другом. К примеру, умная розетка подключается к Интер-

нету не затем, чтобы сидеть в социальных сетях. Она получает из Сети команды, которые отправляет ее владелец. И она вещь. Вещь, которая пользуется Интернетом.

При работе реальной сети в условиях плотной городской застройки возникают некоторые проблемы. Необходимо понимать, что LoRa – это замечательная технология, которая честно работает на грамотно построенной сети. Но ни о каких десяти километрах в городе говорить нельзя. Два, может быть три – это предельная дальность работы в городских условиях и уже на границе приема. Десять километров – только в чистом поле, без внешних влияний, да и то не всегда.

Более того, десять километров и 5 килобит – это в принципе несовместимые вещи, LoRa никогда не достигнет этих предельных значений одновременно. Если она даже пробьет 10 км в нашем условном поле, то это будет уже SF = 12 и, соответственно, 292 бит/сек скорости. Потому, стоит реально оценивать технологию и ее возможности.

Параметры передачи	Максимальный объем полезной нагрузки в пакете, байт	Ориентировочное время пакета 51 байт в эфире, мс	Предельный SNR	Скорость передачи, бит/сек
SF12/125 kHz/FEC 4/5	51	2793	-20	292
SF11/125 kHz/FEC 4/5	51	1560	-17,5	537
SF10/125 kHz/FEC 4/5	115	700	-15	976
SF9/125 kHz/FEC 4/5	222	390	-12,5	1757
SF8/125 kHz/FEC 4/5	222	215	-10	3125
SF7/125 kHz/FEC 4/5	222	120	-7,5	5468

### Библиографический список

1. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоёмкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.
2. **Чернышов, Н. Г.** Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.
3. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.
4. **Чернышов, Н. Г.** Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

5. **Application** of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov, A. Y. Naumova, & M. F. Dioumessy // In Journal of Physics Conference Series. – 2019, March. – V. 1172, No 1.

6. **Определение** оптимальной периодичности технического обслуживания информационно-измерительных и управляющих систем с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Н. Г. Чернышов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 197 – 205.

7. **Интеллектуальная** система энергосберегающего управления асинхронными двигателями (на английском языке) / Н. Г. Чернышов, М. А. Каменская, С. В. Артемова, А. А. Артемов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 374 – 380.

## **SCADA-СИСТЕМЫ В ЭНЕРГОЕМКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

*Д. А. Сидорова, Т. Дзадагу, Н. Г. Чернышов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Современные информационно-измерительные и управляющие системы не могут обойтись без комплекса достаточно сложной обработки информации, полученной на основании автоматических измерений.

В электроустановках всех классов напряжений один из наиболее важных вопросов – это контроль над режимом работы оборудования. Последние разработки в области микропроцессорных устройств позволяют создать полноценные устройства – терминалы защит оборудования.

Одним из основных преимуществ микропроцессорных терминалов является их многофункциональность. Помимо основных функций защит, управления и автоматики, данные устройства осуществляют замер основных электрических параметров сети, ведет учет аварийных ситуаций в реальном времени.

На каждой электрической распределительной подстанции есть оперативная схема-макет, на которой изображена однолинейная схема электроустановки, а также фактическое положение всех коммутацион-

ных аппаратов, в том числе заземлений. Все микропроцессорные устройства подключаются к автоматизированной системе диспетчерского управления, которая собирает всю необходимую информацию и передает на так называемую систему SCADA.

Система SCADA представляет собой программно-аппаратный комплекс, при помощи которого можно контролировать режим работы оборудования.

На мониторе SCADA-системы электрической распределительной подстанции отображается однолинейная схема данной электроустановки, фактическое положение коммутационных аппаратов, нагрузка по всем присоединениям и значения напряжения шин подстанции.

Выделим основные преимущества при использовании SCADA-систем в электроустановках:

1) возможность контроля в реальном времени режима работы оборудования электроустановки, в том числе фиксации возникших аварийных ситуаций;

2) удобство мониторинга показаний основных электрических параметров сети (нагрузка и потребляемая мощность отходящих присоединений, напряжение на шинах распределительных устройств, значения электрических параметров в случае аварийной ситуации);

3) ведение базы данных, которая позволяет восстановить всю необходимую информацию по заданному времени и участку электрической сети;

4) автоматическое отображение положения коммутационных аппаратов при выполнении операций на оборудовании;

5) возможность дистанционного управления выключателями.

Таким образом, применение SCADA-систем являются основой построения многих информационно-измерительных и управляющих систем, а также системы оптимального энергосберегающего управления энергоемкими промышленными объектами.

### **Библиографический список**

1. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

3. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.

4. **Чернышов, Н. Г.** Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования /

Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

5. **Application** of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov, A. Y. Naumova, & M. F. Dioumessy // In Journal of Physics Conference Series. – 2019, March. – V. 1172, No 1.

## **ИНФРАСТРУКТУРА СВЯЗИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ В РАМКАХ СТРАТЕГИИ Е-НАВИГАЦИИ**

*И. С. Скварник*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В 2006 году Международной морской организацией (ИМО) была разработана концепция, призванная гармонизировать сбор, интеграцию, обмен, представление и анализ морской информации на борту судна и в береговых системах посредством электронных средств для совершенствования процессов, обеспечивающих безопасность мореплавания и защиту окружающей среды. Эта концепция получила название e-Navigation (е-Навигация) [1].

В ближайшие годы стандарты в рамках е-Навигации станут обязательными для мирового коммерческого флота. Без соблюдения указанных стандартов ни одно судно не сможет зайти в порт или территориальные воды того или иного государства.

С технических позиций е-Навигация – это единая информационная среда и инструменты, соединяющие всех участников морской отрасли: от судоводителей до операторов систем управления движением судов (СУДС), от судоходных компаний до служб поиска и спасания, от портов до провайдеров ИТ-услуг, от таможенных служб до гидрографических организаций – для оперативного и полного обмена информацией [2].

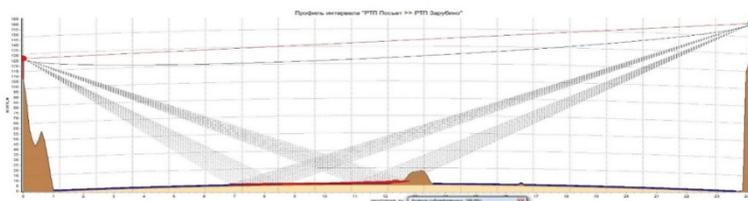
Основной целью е-Навигации является создание цифровой инфраструктуры связи, предоставляющей передачу необходимых информационных данных для повышения навигационной безопасности судов и обеспечения оптимального управления.

В части компонента «инфраструктура связи» е-Навигация предполагает расширение функциональных возможностей сети связи и передачи данных (ССПД) всех участников морской отрасли и в особенности СУДС для обеспечения передачи возрастающих объемов

информации и интеграции в единую сеть потребителей с целью повышения уровня безопасности мореплавания и защиты окружающей среды.

На сегодняшний день основу ССПД СУДС составляют радиорелейные линии связи (РРЛ) [3, 4], обладающие рядом существенных недостатков, которые снижают эффективность и надежность функционирования ССПД и ограничивают возможности для внедрения концепции e-Навигации. Основными недостатками являются возникновение многолучевости из-за большого влияния внешней среды и слабая защищенность от замираний и межсимвольной интерференции (МСИ) при расположении РРЛ над водной (морской) поверхностью.

В качестве примера, подтверждающего наличие многолучевости в РРЛ над морской поверхностью, на рис. 1 представлен результат расчета профиля радиорелейного интервала. Расчет проведен с помощью программного комплекса «Альбатрос-Территория» ЗАО Информационный космический центр «Северная корона» для ССПД СУДС Владивосток на участке РТП Посыет – РТП Зарубино.



**Рис. 1. Переотражения (многолучевость) радиосигнала на интервале между радиотехническими постами (РТП) Посыет и Зарубино**

Результат расчета показывает, что при зеркальном отражении от водной поверхности существующие в РРС способы компенсации МСИ, возникающей вследствие многолучевости, не обеспечивают их надежное подавление.

Обеспечить инфраструктуру связи СУДС и других участников процесса мореплавания в рамках внедрения e-Навигации помогут средства беспроводного широкополосного доступа (БШД). Данная технология давно зарекомендовала себя в других областях промышленности и в последнее время становится актуальной в морской отрасли [5].

Внедрение технологии БШД в ССПД СУДС и других участников процесса мореплавания ускорит процесс реализации стратегии e-Навигации, что положительно скажется на безопасности мореплавания, защите окружающей среды и экономике морской отрасли.

## Библиографический список

1. **Титов, А. В.** Состояние и перспективы реализации технологии е-Навигации / А. В. Титов, Л. Баракат, А. Хаизаран // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2019. – Т. 11, № 4. – С. 621 – 630.
2. **Пинский, А. С.** Е-навигация и безэкипажное судовождение // Транспорт Российской Федерации / А. С. Пинский // Журнал о науке, практике, экономике. – 2016. – № 4(65). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/e-navigatsiya-i-bezekipazhnoe-sudovozhdenie> (дата обращения: 13.04.2020).
3. **Резолюция** ИМО А.857(20) «Guidelines for Vessel Traffic Services» от 27 ноября 1997 г.
4. **Об утверждении** требований к радиолокационным системам управления движением судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством : Приказ от 23 июля 2015 г. № 226.
5. **Технологии** беспроводного широкополосного доступа: оценка возможности применения для управления движением судов / И. С. Скварник, О. И. Совкова, Л. Г. Стаценко, Г. П. Турмов // Вестник ИШ ДВФУ. – 2019. – № 4(41). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-besprovodnogo-shirokopolosnogo-dostupa-otsenka-vozmozhnosti-primeneniya-dlya-upravleniya-dvizheniem-sudov> (дата обращения: 14.04.2020).

## СИНТЕЗ ПАЗОВОЙ АНТЕННЫ В СУБМИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

*К. В. Скоморохов, А. Ю. Дмитриевцев, М. М. Д. Аливаиви*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В современном мире используются многие диапазоны частот, которые в свою очередь имеют свою загруженность канала, что подталкивает исследователей к освоению новых диапазонов частот. Один из таких диапазонов – субмиллиметровый. Отличительной особенностью субмиллиметрового диапазона является то, что работа в этом диапазоне позволяет спокойно проходить через большое количество диэлектриков. Пазовая антенна представляет собой прямоугольную

щель, прорезанную в проводящей полуплоскости перпендикулярно ее краю [1]. Длина щели обычно меньше четверти длины волны; если позволяет конструкция, то длина щели берется равной  $\lambda/4$ . В идеальном случае ДН пазовой антенны определяется выражением

$$F(\theta, \varphi) = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\varphi}{2} \sin^2 \theta}. \quad (1)$$

В азимутальной плоскости  $\theta = \pi/2$  ДН имеет вид кардиоиды; во всех же меридиональных плоскостях максимум излучения направлен вдоль края полуплоскости (вдоль оси  $z$ ). Диаграммы сняты в трех плоскостях для меридиональной составляющей  $E_\theta$  и в одной для азимутальной составляющей  $E_\varphi$ , которая появляется в этом случае благодаря наличию у листа горизонтальных кромок [2].

$$G = \frac{1}{80\pi} [C(kl) - \cos klS(kl)]. \quad (2)$$

Представление о диапазонных свойствах такой антенны дают кривые зависимости ее входного сопротивления от частоты, приведенные на рис. 1.

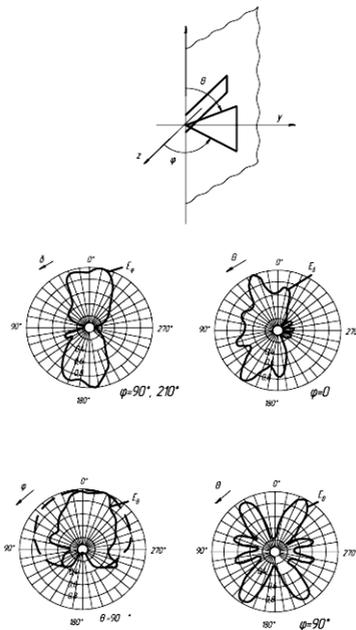


Рис. 1. Пазовая антенна и ее ДН

## Библиографический список

1. **Построение** сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.

4. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.

2. **Зелкин, Е. Г.** Методы синтеза антенн / Е. Г. Зелкин, В. Г. Соколов. – М. : Советское радио. – 1980. – 296 с.

## ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДАННЫХ USB-УСТРОЙСТВ

*А. О. Смирнов, И. Н. Кочетов, Т. Ю. Дорохова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Работа современных компаний всегда связана со значительными объемами информации, как бумажная, так и электронная, в сегодняшних реалиях имеет спиральное разрастание. Информационные базы данных нуждаются в надежной охране от преступного использования, которое представляет собой серьезную угрозу для деятельности и существования компании. Поэтому так важно обеспечить защиту данных от несанкционированного доступа. Это комплекс мероприятий, направленных на контроль полномочий пользователей, когда вводится ограничение использования сведений, которые не нужны сотрудникам для выполнения прямых обязанностей. Контролировать необходимо действия, как с бумажными документами, так и со сведениями на электронных носителях информации.

Средства защиты от несанкционированного доступа подразделяют на: программные, технические или программно-технические средства, предназначенные для предотвращения или существенного затруднения несанкционированного доступа информации. Они могут выполнять функции идентификации и аутентификации пользователей и устройств. К вариантам незаконного доступа относят: подключение к системам связи (телефон, интеркомы, компьютер); хищение документации, в том числе ее копирование (тиражирование) с враждебными целями; непосредственное использование внешних накопителей или иных устройств, содержащих информацию и др. В качестве защи-

ты от несанкционированного доступа хотелось бы рассмотреть особенности идентификации внешних накопителей или иных устройств, содержащих информацию. С этой целью авторами был разработан программный модуль, включающий базу данных с возможностью ввода USB-устройств, считывающую серийные номера устройств, позволяющую осуществлять идентификацию подключенных внешних носителей информации и обеспечивающую защиту данных от несанкционированного доступа.

При разработке программного модуля идентификации данных USB-устройств основные трудности возникли при считывании серийного номера USB-устройства. Рассмотрим основные операции считывания серийного номера. Первоначально пришлось создавать буферную переменную, для хранения данных с внешних подключаемых устройств или адаптера, используемую совместно с управляющим кодом `IOCTL_STORAGE_QUERY_PROPERTY` для извлечения данных дескриптора устройства хранения. Затем в буфере создается пространство для хранения данных: `buffer = new STORAGE_DEVICE_DESCRIPTOR [5]`.

Используя функцию `CreateFile` создается или открывается указанное устройство. Функция возвращает дескриптор, который может быть использован для доступа к объекту. Также использовалась функция `memset`, заполняющая буфер нулями для выделения памяти под данные, через указатель `memptr`. Код заполняемого символа передается в функцию через параметр `val`.

Далее запрашиваются дескриптор устройства, дескриптор адаптера, уникальный идентификатор устройства (параметров `duid`). Функция `Property Standard Query` сообщает драйверу порта о дескрипторе устройства, дескрипторе адаптера или уникальном оборудовании идентификатор устройства (`DUID`). Функция `Property Exists Query` проверяет поддерживается ли дескриптор. Используя функцию `DeviceIoControl`, управляющий код отправляет непосредственно указанному драйверу устройства, заставляя соответствующее устройство выполнить соответствующую операцию. Указывая буфер, где хранится дескриптор устройства, осуществляется команда (`IOCTL_STORAGE_QUERY_PROPERTY`) считывания данных с USB устройства. Считав данные, хранящиеся в переменной `buffer`, для оптимизации программы и во избежание заполнения оперативной памяти ненужной информацией удаляем ее.

Разработанный программный модуль дает возможность разграничения доступа к сведениям для сотрудников в зависимости от рода их деятельности. В результате этих мероприятий появляется определенная иерархия информации в организациях, обеспечивающая защиту сведений, и предотвращающая попытки хищения или копирования данных.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ**

***О. И. Совкова***

*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

Система управления движением судов (СУДС) является неотъемлемой частью системы обеспечения безопасности мореплавания и позволяет осуществлять мониторинг обстановки в акваториях морских портов и на подходах к ним в режиме реального времени. В приморье безопасность мореплавания обеспечивает региональная СУДС залива Петра Великого, которая действует на акватории морских портов Владивосток и Находка.

Сбор, обработка и передача судоводной, навигационной и метеорологической информации в центр СУДС осуществляется посредством системы связи, которая, ввиду удаленного расположения радиотехнических постов и природных особенностей территории, строится на базе радиорелейных линий. Специфика подобных сценариев – трасса распространения сигнала, так как отрезок трассы расположен над протяженной водной поверхностью и соответственно диаграммы направленности радиорелейных станций формируются над неоднородной подстилающей поверхностью. Вследствие чего радиосигнал отражается от водной поверхности и на приемной стороне из-за интерференции прямых и отраженных лучей наблюдается межсимвольная интерференция и замирания. Таким образом это оказывает значительное влияние на качество функционирования каналов связи и объем передаваемой информации. Кроме того, развитие СУДС в рассматриваемом регионе имеет важное значение, т.к. за последние годы согласно данным ФГУП «Росморпорт» просматривается постоянный рост числа судов, заходящих в порты залива Петра Великого. Это связано с увеличением рыбопромыслового флота и обеспечением работы газозавозов и танкеров в заливе Находка. Кроме этого, ежегодно порт Владивосток принимает несколько десятков пассажирских судов и туристических лайнеров, число которых неудержимо растет год от года. Таким образом, возрастающее с каждым годом, количество судов определяет актуальность решаемой в данной работе задачи раз-

работки предложения по улучшению ССПД СУДС, с целью повышения безопасности мореплавания.

Решение данной задачи может быть обеспечено за счет внедрения в ССПД СУДС новых информационных технологий – технологии беспроводного широкополосного доступа (БШД). БШД является сегодня наиболее выгодным средством доставки услуг передачи данных абонентам, удаленным от опорной сети доступа к информационной инфраструктуре центра управления. Благодаря широким каналам связи появляется возможность пользоваться скоростными беспроводными сетями и отказаться от дорогостоящих спутниковых каналов.

Внедрение технологии БШД в ССПД СУДС залива Петра Великого позволит обеспечить:

- борьбу с помехами при многолучевом приеме и с узкополосными помехами, применив технологию ортогонального частотного мультиплексирования OFDM;
- снижение уровня межсимвольной и межканальной интерференции;
- высокую пиковую скорость передачи данных и значение спектральной эффективности;
- высокую производительность сети;

Таким образом, технология БШД может быть эффективно применена для модернизации сети связи и передачи данных в интересах совершенствования СУДС залива Петра Великого. Это позволит повысить качество предоставляемых навигационных услуг и даст возможность судам в акватории залива Петра Великого осуществлять передачу данных мультимедийной информации на большом расстоянии от берега в движении.

### **Библиографический список**

1. **Дальневосточный** бассейновый филиал. Навигационные услуги с использованием СУДС. – URL : [http://www.rosmorport.ru/filials/vlf\\_serv\\_vts/](http://www.rosmorport.ru/filials/vlf_serv_vts/) (дата обращения: 01.05.2020)

2. **Об утверждении** Требований к радиолокационным системам управления движения судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством : Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 23.07.2015 года № 226.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ WINCON В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

*И. В. Тюрин, Р. А. Токарев*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Программируемые контроллеры устанавливаются на среднем уровне системы АСУТП. Их цель – это обеспечение независимого управления в реальном времени. На нижнем уровне контроллеры ведут взаимодействие с объектом управления через средства распределенного ввода-вывода. На верхний уровень контроллеры подают необходимую служебную информацию для мониторинга, а оператор может удаленно изменять режим управления объектом. Конструктивно контроллеры представляют собой микропроцессорный блок с загруженной в них управляющей программой, которая служит для решения поставленной задачи [1 – 5].

Часто для управления сложными технологическими объектами применяют контроллеры серии WinCon-8000, производством которых занимается компания ICP DAS. Ядро указанных контроллеров основано на высокопроизводительных процессорах Intel Strong ARM.

Контроллер WinCon представляет собой автономное устройство, содержащий микропроцессор, блок питания, панель управления, инфокоммуникационные порты и объединительную плату. Конструкция контроллера предусматривает возможность монтажа на DIN-рейку.

WinCon-8000 имеет интерфейсы RS-232 и RS-485, USB и Ethernet для подключения дополнительных модулей, имеются порты для подключения монитора и клавиатуры. В сущности, контроллер приобретает функциональность персонального компьютера, что дает возможность его удобного программирования и расширяет сферу решаемых задач.

Для записи программного кода в контроллер производитель рекомендует использовать универсальную среду программирования ISaGRAF, основанную на использовании языков программирования логических контроллеров LD, ST, FBD SFC международного стандарта IEC 61131-3.

Промышленные контроллеры серии WinCon-8000 могут использоваться для решения всевозможных задач автоматизации в различных сферах – нефтегазовая, химическая, радиоэлектронная промышленности, электроэнергетика, сельское хозяйство, объекты ЖКХ, транспортная инфраструктура и др. В зависимости от вида решаемых задач и объекта управления, информационно-управляющая система может иметь достаточно сложную структуру, оставаясь при этом надежной и простой в настройке и управлении.

*Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта РФФИ № 18-08-00555-а «Разработка методологии построения помехоустойчивых информационно-управляющих систем многомерными объектами на множестве состояний функционирования».*

### **Библиографический список**

1. **Особенности** реализации интеллектуальных систем энерго-сберегающего управления энергоемкими объектами / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, В. Н. Шамкин, И. В. Тюрин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 12. – С. 43 – 49.

2. **Артемова, С. В.** Интеллектуальная информационно-управляющая система энергосберегающего управления / С. В. Артемова, А. А. Артемов, М. А. Каменская // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2019. – №2. – С. 9 – 17.

3. **Белоусов, О. А.** Использование виртуального датчика в системе управления объектами с изменяющимися теплофизическими свойствами / О. А. Белоусов, Ю. Л. Муромцев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2005. – Т. 11, № 1А. – С. 48 – 52.

4. **Белоусов, О. А.** Автоматизированная система энергосберегающего управления электрокамерными печами / О. А. Белоусов // Автоматизация в промышленности. – 2005. – № 5. – С. 8–9.

5. **Белоусов, О. А.** Виртуальный датчик в системе управления электрокамерными печами / О. А. Белоусов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 4. – С. 31 – 33.

## **ПРОТОТИП ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

***И. В. Тюрин, Р. А. Токарев***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Проектирование интеллектуальной информационно-управляющей системы связано с разработкой основных видов ее обеспечения – математических методов, моделей и алгоритмов, и выбора технических средств ее практической реализации [1, 2].



В блоке логического вывода на основании данных, хранящихся в базах данных (БД) и знаний (БЗ), выполняется фаззификация, и происходит логический вывод. Затем осуществляется дефаззификация, в результате которой происходит определение обычного значения для каждой из выходных лингвистических переменных. Полученные значения управляющих воздействий решаемой задачи передаются в блок советов и объяснений, сохраняются в базе данных блока информационного обеспечения и передаются в блок синтеза управляющих воздействий, в котором формируется управляющая программа для соответствующего объекта.

*Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта РФФИ № 18-08-00555-а «Разработка методологии построения помехоустойчивых информационно-управляющих систем многомерными объектами на множестве состояний функционирования».*

### **Библиографический список**

1. **Муромцев, Д. Ю.** Проектирование базы знаний интеллектуальной информационно-управляющей системы для многомерных технологических объектов / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, И. В. Тюрин, В. Н. Шамкин // Информационно-управляющие системы. – 2018. – № 4(95). – С. 24 – 30.
2. **Чернышов, Н. Г.** Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

## **ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АУДИО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ КОСМИЧЕСКИХ ТРЕНАЖЕРОВ**

***В. П. Хрипунов<sup>1</sup>, Ю. Т. Зырянов<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина» (Звездный городок),*

<sup>2</sup>*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Для формирования и совершенствования профессиональных навыков космонавтов на космических тренажерах создаются условия, в необходимой степени приближенные к условиям будущего космиче-

ского полета. Это относится к интерьеру рабочего места, органам управления, логике работы бортового оборудования, акустической и визуальной обстановке, физиологическим ощущениям и т.д. Создание таких воспроизводимых условий должно быть реализовано в реальном масштабе времени, чтобы зрительное и слуховое восприятия, моторная реакция оператора не отличались от таковых в реальных условиях космического полета.

Имитация аудио-информационной среды является составной частью контура моделирования условий деятельности космонавта. При этом звуковой канал является одним из основных для восприятия информации человеком. Космонавт воспринимает шум как элемент среды и как дополнительный канал информации, повышающий уровень доверия к моделируемой в тренажере внешней обстановке.

Система имитации акустической информации представляет совокупность управляемых генераторов, которые воспроизводят акустические шумы и звуковые эффекты, соответствующие моделируемой ситуации. В состав этой системы входят также коммутируемые каналы передачи звуковых сигналов на воспроизводящие акустические системы, размещаемые в зоне расположения экипажей. Звуковые каналы имитации воспроизводят шумы работающей аппаратуры, звуковую сигнализацию и акустические шумы объектов внешней среды.

Основными источниками акустических шумов и аудиоинформации, воспроизводимых на космических тренажерах, являются:

- работа ступеней ракеты-носителя;
- работа двигателей ПКА;
- работа системы вентиляции и аппаратуры во внутреннем объеме ПКА;
- звуковая аварийно-предупредительная сигнализация.

Структурно система моделирования акустических шумов и аудиоинформации входит в состав радиотехнических систем связи космических тренажеров, играя особую роль в формировании у космонавтов единой целостной картины внешней среды. Технические характеристики системы определяются с учетом особенностей и характеристик слухового анализатора.

Моделирование аудио-информационной среды должно быть обеспечено в реальном масштабе времени, взаимосвязано с функционированием моделей других систем тренажера (прежде всего с моделью динамики движения ПКА) и синхронизировано с моделированием того или иного этапа полета ПКА. Уровень моделируемого шума, звуковые эффекты, продолжительность прохождения звука должны моделироваться адекватно реальным условиям полета.

Сложность создания системы моделирования аудио-информационной среды в космических тренажерах характеризуется следующими факторами:

- многопараметричность задачи моделирования (многообразие видов шумов, наложение их друг на друга, четкая привязка ко времени проявления и т.п.);

- корреляция работы системы с другими функциональными системами тренажера (бортовой вычислительной системой, системой компьютерной генерации изображения и др.);

- зависимость функционирования от работы моделей бортовых систем ПКА (модели системы управления движением и навигацией, модели системы жизнеобеспечения и др.);

- субъективный характер моделирования акустической обстановки (разработка моделей осуществляется по результатам экспертно-опроса космонавтов, совершивших космический полет).

Таким образом, создание аудио-информационных условий, адекватных реальному космическому полету, является сложной с технической и важной с методической точек зрения подготовкой космонавтов задачей космических тренажеров, так как неправильная оценка ситуации может стать причиной ошибок экипажа в космическом полете.

### Библиографический список

1. **Тренажерные** комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов и др. – М. : Машиностроение, 2005. – С. 68 – 73.

2. **Аксенов, В. Д.** Систематизация требований и классификация технических средств подготовки и обучения авиационных специалистов / В. Д. Аксенов // Тренажерные технологии и обучение: новые подходы и задачи : сб. докл. Второй науч.-техн. конф. ; ЦАГИ, Жуковский, 2003. – 238 с.

3. **Чернышов, Н. Г.** Разработка систем оптимального управления энергоемкими объектами с применением когнитивной графики и технологии беспроводной связи ZigBee / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 87 – 98.

4. **Чернышов, Н. Г.** Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

5. **Дворецкий, С. И.** Проектирование автоматизированных технических систем в условиях неопределенности / С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Н. Г. Чернышов // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 4(66). – С. 21 – 28.

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСА СИСТЕМ СВЯЗИ НА ТРЕНАЖЕРАХ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МКС

*В. П. Хрипунов<sup>1</sup>, Ю. Т. Зырянов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина» (Звездный городок),

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)

Тренажеры российского сегмента международной космической станции (РС МКС) представляют собой уникальные изделия, объединенные общностью структуры и перечнем решаемых с их помощью задач, несущих в себе особенности каждого из управляемых объектов. Функциональные обеспечивающие системы тренажеров РС МКС объединены в тренажерный комплекс, подсистемы которого рассматриваются как распределяемые ресурсы, используемые в составе разных тренажеров, реализованные как системы коллективного пользования, обслуживающие сразу несколько тренажеров. Для организации гололевой связи между всеми абонентами, обеспечивающими проведение тренировок, осуществление отладочных и ремонтных работ на тренажерах, в состав функциональных обеспечивающих систем тренажерного комплекса РС МКС входит система связи. Система связи (СС) тренажеров РС МКС представляет собой совокупность унифицированных каналов проводной и беспроводной связи, которые имитируют работу штатных бортовых систем связи космонавтов между собой и с персоналом управления ЦУП в каждом из тренажеров комплекса.

Система связи тренажеров РС МКС обеспечивает:

- имитацию логики работы штатных бортовых систем связи модулей российского сегмента во всех вариантах;
- телефонную связь по двум независимым каналам как внутри каждого модуля, так и с другими модулями тренажеров РС МКС;
- громкую связь (с громким вызовом на связь) между модулями тренажеров РС МКС;
- передачу звуковых аварийно-предупредительных сигналов, сформированных в каждом из модулей;
- обеспечение связи с инструктором;
- организацию внутренних переговоров между членами экипажа;
- запись переговоров космонавтов и их воспроизведение;
- прослушивание переговоров космонавтов в процессе тренировки;
- связь между членами инженерно-технической бригады по беспроводной технологии;

- реализацию технологической (аварийной) связи между космонавтом и инструктором;
- отражение информации о состоянии органов управления комплекса связного оборудования на форматах ПКУ;
- интерфейс с бортовой сетью Ethernet. Аппаратура, входящая в состав СС, подразделяется на штатную аппаратуру, монтируемую непосредственно в модулях на своих штатных местах и технологическую аппаратуру, устанавливаемую в специальных помещениях.

Внутри модулей устанавливаются штатные приборы связи и блоки цифровой связи. В специальных помещениях устанавливаются стойка СС, пульт контроля и управления с блоками цифровой связи и пультом громкоговорящей связи. В блоках цифровой связи происходит преобразование аналогового речевого сигнала в цифровой код и цифрового кода в аналоговый речевой сигнал. Блоки цифровой связи являются абонентами локальной вычислительной сети. Управление блоками цифровой связи и их коммутация производится коммутатором, представляющим собой персональный компьютер. Благодаря использованию высокопроизводительного коммутатора цифровой связи и сервера, можно производить запись ведущихся переговоров (с привязкой к тренажерному времени) в виде файлов на жесткий диск любого компьютера из состава вычислительной системы тренажеров.

Оконечными устройствами в модулях тренажеров являются гарнитурные низких шумов с блок-тангентами, а на пульте инструктора – пульт громкоговорящей связи и блоки контрольного громкоговорителя с подключаемыми микрофонными устройствами. Для ведения служебных переговоров персоналом тренажера в процессе монтажных, пусконаладочных и ремонтно-восстановительных работ используется отдельные циркуляры связи, которые организуются коммутатором групповых связей.

В зависимости от моделируемой ситуации и задач, обрабатываемых в процессе тренировки, в канале связи может регулироваться уровень слышимости и уровень помех.

Ввиду автономности аппаратных средств системы связи возможна ее работа независимо от тренажеров, что может быть использовано в технологических целях. Помимо реализации основных функций, возможен контроль работы составных частей СС, протоколирование отказов оборудования, фиксация информационных сбоях в межмашинном обмене.

Унифицированное исполнение системы связи тренажерного комплекса РС МКС позволяет реализовать режим коллективного исполъ-

зования их общими ресурсами. Именно благодаря применению технологии распределенных вычислительных ресурсов, имеется возможность оперативного управления параметрами звуковых трактов.

Передача параметров для управления производится в виде служебных информационных пакетов из сервера, обрабатывающего моделирующий программный пакет, в коммутатор цифровой связи, осуществляющий цифровую коммутацию каналов связи и непосредственное управление этими параметрами в оконечных абонентских ячейках, содержащих модули цифровой связи (МЦС).

Благодаря высокой степени интеграции компонентов системы связи имеется возможность оперативного управления коммутацией направлений переговоров и регулирования параметров усиления в звуковых трактах и каналах связи, добавления (микширования в режиме реального времени) в каналах связи различных звуковых эффектов (имитирующих штатные сигналы предупреждающего и информирующего характера).

### Библиографический список

1. **Тренажерные** комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов и др. – М. : Машиностроение, 2005. – С. 68 – 73.

2. **Belousov, O. A.** Intelligent sensor in control systems for objects with changing thermophysical properties / O. A. Belousov, D. Yu. Muromtsev, M. P. Belyaev // J. Phys.: Conf. Ser. 998 012004 (doi:10.1088/1742-6596/998/1/012004)

3. **An algorithm** for destabilization control over MIMO systems with a continuous variation of their performance at long time interval / D. Yu. Muromtsev, O. A. Belousov, M. P. Belyaev, A. N. Gribkov, V. N. Shamkin // AIP Conference Proceedings 2007, 050010 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5051954> (View Table of Contents: <http://aip.scitation.org/toc/apc/2007/1>).

4. **Белоусов, О. А.** Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.

5. **Selivanova, Z. M.** Increasing the Accuracy of Data-Measuring Systems for the Nondestructive Testing of the Thermal Properties of Solids / Z. M. Selivanova, T. A. Khoan // Measurement Techniques. – December, 2015. – V. 58, No 9. – P. 1010 – 1015.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ NETMONITOR

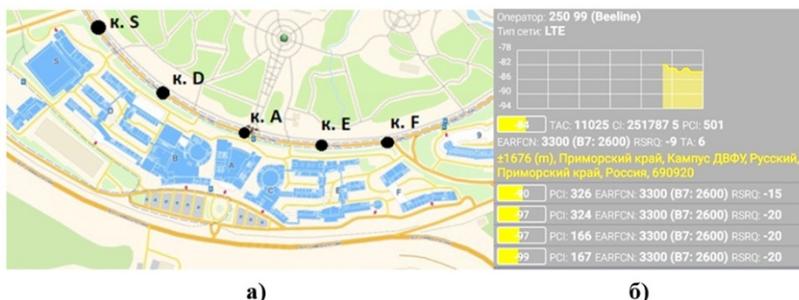
*И. Д. Чадюк, М. С. Жмакин*

*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

Для надежного обеспечения высокого качества услуг сотовой связи, предоставляемых оператором, необходимо постоянно проводить диагностику и мониторинг различных параметров сетей сотовой связи [1, 2].

Документом, определяющим параметры и показатели качества основных и дополнительных услуг, предоставляемых сетями сотовой подвижной связи (СПС), является руководящий документ «Сети мобильной связи. Нормы на показатели качества услуг и методики проведения их оценочных испытаний» [3].

Для выполнения измерений выбран участок территории кампуса Дальневосточного федерального университета. Измерения проводились в выбранных точках (рис. 1), буквами S, D, A, E, F обозначены учебные и административные корпуса. Также на рисунке представлено окно программы Netmonitor, с помощью которой определялся уровень сигнала в заданной точке.



**Рис. 1. Маршрут для выполнения измерений (а) и зафиксированный уровень сигнала в точке к.С (б)**

Данные, полученные в результате измерений, занесены в табл. 1.

Высокий уровень сигнала наблюдался возле корпусов А, Е и F, зафиксированные значения были не ниже уровня минус 75 дБм, что соответствует хорошему приему в высоком качестве. Возле корпусов S и D уровень сигнала заметно ухудшался.

Также были проведены опыты по измерению времени установления звонка, времени доставки сообщения и скорости передачи данных.

## 1. Уровень сигнала в рассматриваемых точках

Уровень сигнала, дБм										
№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
к. S	-84	-83	-83	-84	-85	-84	-83	-84	-83	-82
к. D	-88	-85	-86	-86	-87	-88	-86	-86	-85	-88
к. A	-71	-70	-72	-71	-70	-71	-71	-71	-72	-70
к. E	-72	-72	-72	-72	-73	-72	-71	-73	-71	-72
к. F	-73	-72	-71	-72	-72	-73	-73	-72	-72	-73

Сделаны выводы о том, что качество связи на территории кампуса ДВФУ не во всех случаях отвечает установленным нормам, существуют зоны, в которых требуется лучшее покрытие. Сама программа Netmonitor является удобным и доступным инструментом для мониторинга сети.

### Библиографический список

1. **Системы** и сети радиодоступа 4G: LTE, WiMax / А. Е. Рыжков и др. – СПб. : Линк, 2012. – 226 с.
2. **Тихвинский, В. О.** Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. – М. : Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
3. **РД 45.254-2002.** Сети сотовой подвижной связи. Нормы на показатели качества услуг связи и методики проведения их оценочных испытаний.

## ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ПРИНИМАЕМОГО СИГНАЛА В СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ

*И. Д. Чадюк, М. С. Жмакин*

*Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)*

В данной работе были использованы мобильные приложения Open Signal и Netmonitor. Первое из них позволяет пользователю определить нахождение ближайших базовых вышек, а с помощью второго можно определить уровень входящего сигнала оператора.

Маршрут для выполнения измерений представлен на рис. 1. С помощью программы OpenSignal была определена базовая станция № 41005535, находящаяся на открытой местности и позволяющая зафиксировать уровень принятого сигнала на различных расстояниях (выбраны точки на расстоянии 200, 400, 600, 800 метров от базовой станции).

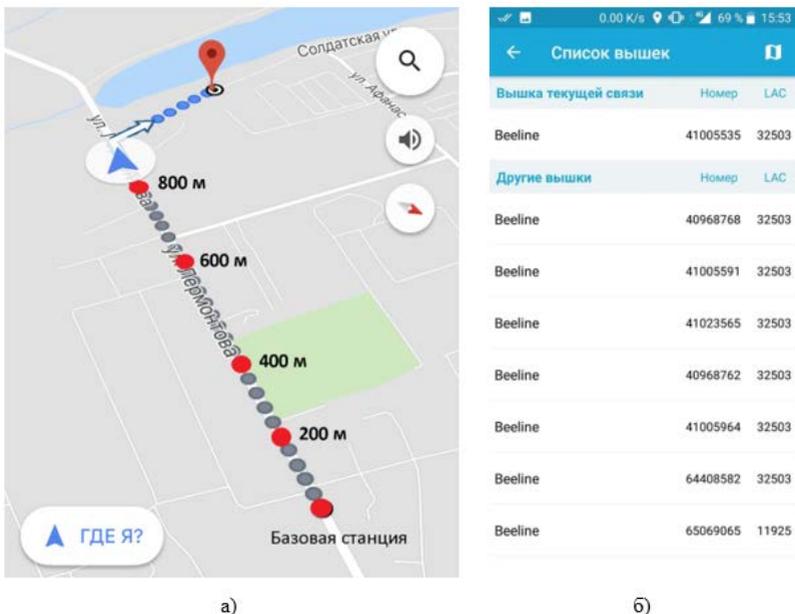


Рис. 1. Маршрут (а) и базовая станция (б) для выполнения измерений

Данные, полученные с Netmonitor, занесены в табл. 1.

### 1. Уровень входящего сигнала

№ изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уровень сигнала, дБм										
200 м	-70	-71	-72	-74	-72	-72	-72	-72	-71	-75
400 м	-86	-85	-86	-85	-88	-87	-87	-86	-88	-87
600 м	-73	-78	-76	-76	-76	-77	-76	-77	-75	-76
800 м	-78	-76	-80	-78	-80	-78	-80	-80	-80	-80

По результатам измерений можно заметить, что опыты проводились с одной базовой станцией, однако данные были получены с разных секторов. На расстоянии до 400 м был задействован сектор 07, при дальнейших измерениях произошло переключение на сектор 24. Поэтому расчеты проведены для расстояния 400 м от базовой станции, в которой уровень принимаемого сигнала достигает минус 86 дБ.

Мощность базовой станции  $P_{BC}$  определяется исходя из уровня принимаемого сигнала  $P_{MC}$  с учетом потерь при передаче  $L$ :

$$P_{BC} = P_{MC} + L.$$

Расчет потерь при передаче производится с помощью трех моделей распространения радиоволн: Уолфиша–Икегами, COST231–Хата и Окамура–Хата. Частота сигнала определяется на основе данных мобильного оператора (для «Билайн» определен диапазон частот 2570...2595 МГц), высота подвеса мобильной станции составляет 1,5 м, высота базовой станции – 10 м.

Наиболее вероятные результаты получаются при расчетах по моделям Окамура–Хата и COST231–Хата. Мощность базовой станции, согласно этим моделям, составляет 23,2 и 19,8 Вт соответственно. В стандарте LTE мощность базовой станции с учетом потерь, как правило, составляет 19,4 Вт. Полученные расчетные данные близки к этому значению.

### **Библиографический список**

1. **Сети** мобильной связи LTE. Технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. – М. : Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
2. **Рекомендация** МСЭ-R P.1546-5. Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц. – URL : [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-I!!PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-I!!PDF-R.pdf) (дата обращения: 3.05.20).

## **ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В СТРУКТУРЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

***Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов, М. А. Каменская, П. А. Карелин**  
Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Одной из важнейших характеристик качества измерительных средств, в том числе информационно-измерительных систем (ИИС), является метрологическая надежность (МН). В современной структуре

измерительного канала (ИК) ИИС особое место занимает блок аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который отличается высокой точностью, сложностью и ответственностью выполняемых функций. Поэтому МН АЦП является важным фактором, определяющим МН ИИС в целом. Основным показателем МН АЦП является метрологический ресурс (МР)  $t_p$ , определяемый временем пересечения реализаций нестационарного случайного процесса изменения во времени метрологической характеристики (МХ) исследуемого блока границ поля допуска.

Типовая структурная схема АЦП, применяемого в ИИС, представлена на рис. 1.

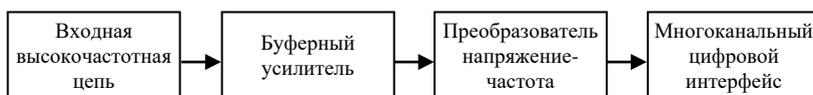


Рис. 1. Структура АЦП

Анализ представленной схемы АЦП показывает, что МН всего блока будет определяться величиной МР его аналоговых модулей, составляющих ИК: входной высокочастотной цепи, буферного усилителя и преобразователя напряжение–частота, при этом:

$$t_{p\text{АЦП}} = \min \left\{ t_{pi} \right\}, \quad (1)$$

$$i=1, 2, 3$$

где  $t_{pi}$  – значение МР рассматриваемых модулей АЦП.

Расчет выбранного показателя МН указанных модулей на этапе проектирования проводится с использованием метода аналитико-вероятностного прогнозирования [1]. Сущность метода заключается в последовательном осуществлении следующих этапов:

- построение ММ функционирования каждого модуля на основе электрической схемы модуля и параметров элементной базы, входящей в его состав;
- разработка ММ МХ модуля, учитывающей величину входного сигнала и характеристики элементной базы;
- проведение процедуры статистического моделирования исследуемой МХ модуля в различных временных сечениях его предстоящей эксплуатации по данным об изменении во времени характеристик, входящих в ММ МХ параметров элементной базы.
- построение по полученным в результате проведения процедуры статистического моделирования параметрам закона распределения МХ математической модели ее изменения во времени. Эта модель

определяется временными изменениями математического ожидания  $m_s(t)$  и границ  $\Psi_{\pm}(t)$  возможных отклонений МХ от ее среднего значения. Модель может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} m_{\delta}(t); \\ \Psi_{\pm}(t) = m_{\delta}(t) \pm c\sigma(t), \end{cases} \quad (2)$$

где  $\sigma_s(t)$  – среднеквадратическое отклонение МХ;  $c$  – постоянный коэффициент, выбираемый в зависимости от заданной доверительной вероятности,  $c = 3$  при  $P = 0,997$ ;  $t$  – время эксплуатации;

– на заключительном этапе проводится определение по выражению (2) величины искомого МР модуля.

Структура рассмотренного выше метода была реализована при определении выбранного показателя МН для типовых модулей АЦП. Полученные расчеты МР, проведенные по построенным ММ изменения во времени МХ модулей, позволили определить следующие значения величин искомого показателя МН каждого из модулей.

Модуль	Входная высокочастотная цепь	Буферный усилитель	Преобразователь напряжение–частота
$t_p$ , ч	32 900	24 600	23 000

Рассматривая полученные результаты, следует отметить, что согласно (1) с доверительной вероятностью  $P = 0,997$  метрологический ресурс АЦП в целом будет определяться МР преобразователя напряжение–частота, т.е. он составит для проектируемого АЦП  $t_p = 23\,000$  ч.

### Библиографический список

1. **Чернышова, Т. И.** Математическое моделирование метрологических характеристик при оценке метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов, М. А. Каменская // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 180 – 189.

**Секция 4**  
**ПРОБЛЕМЫ БИОТЕХНИЧЕСКИХ**  
**ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

---

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**  
**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ**

*А. Р. Аветисян*

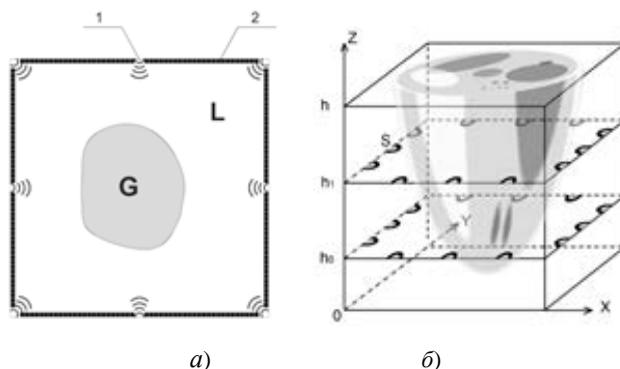
*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

На сегодняшний день стоит вопрос о наиболее безопасной для человеческого организма диагностике, нацеленной на выявление патологических процессов. Всем известное ультразвуковое исследование является одним из самых безопасных методов, но недостатки в качестве и точности данного исследования, чем могут похвастаться МРТ и КТ, отодвигают его на второй план. Так или иначе, негативные воздействия на организм при магнитно-резонансной и компьютерной томографиях ставят нас на путь совершенствования ультразвукового исследования.

Ультразвуковая томография – получение двухмерных изображений сечений объекта контроля при трехмерном сканировании. Собирается объемная информация с последующей компьютерной обработкой изображения в трех плоскостях. В отличие от компьютерной томографии, в ультразвуковой томографии используется как прошедшее, так и отраженное излучение, испущенное широкополосными источниками зондирующих импульсов. Источники и приемники располагаются со всех сторон от исследуемого объекта, регистрируемый сигнал записывается во времени, что дает возможность обрабатывать большой объем данных, позволяющий получать высокое разрешение.

Обратные задачи ультразвуковой томографии можно рассматривать как коэффициентные обратные задачи. Приведем постановку обратной задачи. На рисунке 1, *а* приведена схема томографических экспериментов при традиционной послойной 2.5D томографии, когда последовательно решаются двухмерные задачи на слоях трехмерного объекта. На рисунке 1, *б* приведена схема 3D томографии, когда по собранным экспериментальным данным обратная задача решается сразу относительно трехмерной неизвестной функции  $c(r)$ ,  $r \in R^3$ . На рисунке 1, *а* источники обозначены цифрой 1, а приемники, распо-

ложенные по периметру расчетной области – цифрой 2. На рисунке 1, б источники  $S$  и приемники ультразвуковых импульсов располагаются на гранях куба.



**Рис. 1. Схема УЗИ томографии:**  
*a* – послойная схема, *б* – трехмерная

Решение нелинейных трехмерных обратных задач УЗИ томографии невозможно без использования суперкомпьютеров. Однако суперкомпьютеры общего назначения по своим техническим характеристикам не могут быть использованы в составе ультразвуковых томографических комплексов. Разработаны эффективные алгоритмы, решающие обратные задачи ультразвуковой томографии как в послойном 2.5D варианте, так и в трехмерном варианте на суперкомпьютерах с графическими процессорами (GPU). Количество параллельно используемых графических процессоров совпадает с количеством используемых источников. Графические суперкомпьютеры по своим техническим характеристикам вполне могут быть использованы как автономные вычислители в составе томографических комплексов [1, 2].

Создание УЗТ является поистине революционным шагом в медицине и в других сферах, так как это позволит заменить во многих случаях нежелательное рентгеновское облучение тела, причем многократное, на простое и совершенно безвредное УЗ-сканирование. Однако развитие УЗТ требует очень большого объема вычислений, которые нужно произвести за относительно небольшое время медицинского обследования пациента. Сделать это можно, только применив принципиально новую технологию вычислений на основе сверхбыстрого графического процессора.

## Библиографический список

1. **Куликов, Р. А.** Новые технологии в ультразвуковой диагностике / Р. А. Куликов, С. В. Фролов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2017. – С. 481 – 482.
2. **Фролова, М. С.** Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.

## ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Н. В. Венцера, Т. М. Тымчук*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Диагностика на основе визуального анализа медицинских изображений получила широкое распространение в клинической практике. Обнаружение различных патологий на ранних стадиях значительно увеличивает шансы пациентов на скорейшее выздоровление. Однако объекты интереса на медицинских изображениях чаще всего маловыраженные, имеют небольшие размеры и малоконтрастны по сравнению с окружающим фоном.

В связи с вышесказанным, актуальной задачей является разработка методов для повышения качества медицинских изображений. В данном тезисе предложен метод цифровой обработки, который является совокупностью высокочастотной коррекции, гаммы-коррекции и медианной фильтрации.

На первом этапе обработки производится гамма-коррекция – это коррекция функции яркости в зависимости от характеристик устройства вывода. Показатель гамма-коррекции позволяет повысить контрастность, информативность темных участков изображения, при этом изображение не становится чрезмерно контрастным и ярким. В качестве передаточной функции при гамма-коррекции используется степенная в следующем виде:

$$V_{out} = AV_{in}^{\gamma},$$

где  $A$  служит коэффициентом, а входные  $V_{in}$  и выходные  $V_{out}$  значения – неотрицательные вещественные числа. В общем случае, если

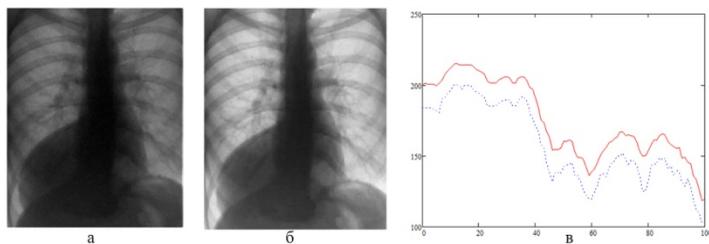
$A=1$ , то  $V_{in}$  и  $V_{out}$  значения находятся в пределах от 0 до 1. При равенстве  $\gamma=1$ , характеристика передачи полутонов линейна, и перепады освещенности объекта в светах и тенях отображаются одинаково. В случае, когда этот параметр меньше единицы, улучшается распознавание деталей на слабо освещенных участках.

Затем применяется медианный фильтр. Он реализуется с помощью окна, состоящего из нечетного количества отсчетов. Значения отсчетов внутри окна сортируются по порядку; и значение, находящееся в середине упорядоченного списка, принимается выходным. На следующем шаге окно передвигается на один отсчет вперед и вычисления повторяются.

Заключительным этапом является применение высокочастотного фильтра, он ослабляет низкочастотные компоненты в изображении и усиливает роль высокочастотных. Применяется для выделения контуров, границ и для повышения общей резкости изображения. Фильтр будет иметь 2 цикла для сглаживания по двум координатам –  $x$  и  $y$ . Для того, чтобы макс не выходила за пределы изображения, необходимо ограничить на 1 пиксель с каждой стороны. Выбор коэффициента  $H$  будет осуществляться его варьированием [1]. После проведения фильтрации необходимо провести нормировку изображения для преобразования реального диапазона яркости исходного изображения в максимально возможный. Благодаря нормировке изображение визуально воспринималось лучше.

На обработанном изображении видно (рис. 1), что в результате цифровой обработки интересующая область выглядит более информативной. Фильтр смог выделить все мелкие детали и линии, сделав их более четкими.

Из графика яркости следует, что после обработки перепады яркостей стали более узкие и плавные. Линия красного цвета характеризует изображение до обработки, синий – после.



**Рис. 1.** Рентгенограмма ганглионевромы средостения до обработки (а), после обработки (б). График яркости (в)

## Библиографический список

1. **Обработка** рентгеновских изображений с применением оценки качества и выбора оптимальных параметров коррекции / А. Ю. Куликов, В. М. Строев, К. А. Есаулова, Ю. Н. Долгова // Молодой ученый. – 2017. – № 12(146). – С. 63 – 66.

## АППАРАТ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ КАК НОВЫЙ МЕТОД БЕЗОПЕРАЦИОННОГО ЛЕЧЕНИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

*Ю. А. Гладышева, А. В. Михина*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Ударно-волновая терапия (УВТ) – метод неинвазивного воздействия низкочастотных акустических волн на ткани тела человека, при помощи УВТ при проведении полного курса лечения можно достичь заметного прогресса, а при некоторых заболеваниях можно исключить хирургическое вмешательство [1].

Ишемическая болезнь сердца одна из самых распространенных причин большой смертности [2 – 5]. Ударно-волновая терапия – это один из современных методов безоперационного лечения ишемической болезни сердца. Метод основан на использовании акустических волн, которые генерируют с помощью специального оборудования. На рисунке 1 изображен аппарат для проведения процедуры УВТ.

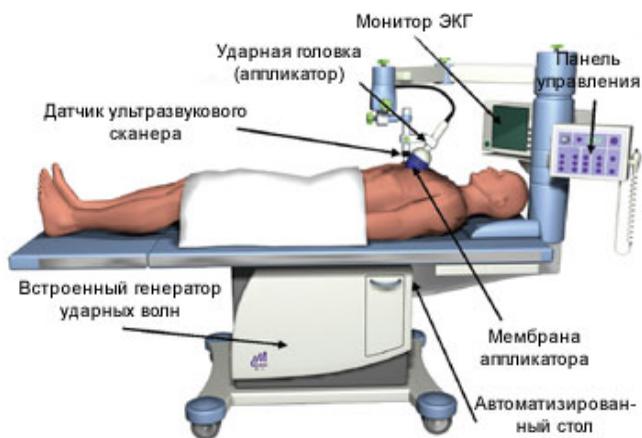


Рис. 1. Аппарат ударно-волновой терапии и его составляющие

Ударная волна фокусируется и начинает свое воздействие на зону миокарда, где кровообращение в недостатке, при этом не затрагивает окружающие ткани организма. Это воздействие способствует расширению сосудов, для того, чтобы восстановить дефицит крови в сосудах организма, а самое важное – это формирование новых, тем самым начинается восстановление нормальной работы сердца. Воздействие аппарата ударно-волновой терапии не приносит болевых ощущений.

Процедура ударно-волновой терапии практически безболезненна, воздействие на организм неинвазивное, не требует анестезии и специальной подготовки. Клинические показатели повышаются путем улучшения кровоснабжения миокарда, микроциркуляции и уменьшением количества ишемизированных участков. Ударная волна фокусируется в точках по границе ишемии миокарда, воздействие не затрагивает окружающие ткани. Сеанс ударно-волновой терапии занимает не более 40 минут.

Результаты ударно-волновой терапии характеризуются снижением количества приступов стенокардии, уменьшением объема рубцового поражения, улучшение кровоснабжения миокарда сердца.

При каждом последующем сеансе УВТ точки воздействия смещаются ближе к центру зоны ишемии. Расширение сосудов, а так же появление новых наблюдается в среднем через три недели после процедуры УВТ. Для фиксации результатов до и после процедуры проводится комплексное функциональное обследование пациента. Контроль лечения можно производить в режиме реального времени.

Данная системы УВТ обеспечивает: безболезненное проведение процедуры, неинвазивное воздействие, отсутствие побочных эффектов, отсутствие нагрузки на другие органы и ткани пациента, система локализации более точна.

### **Библиографический список**

1. **Чумакова, О. В.** Ударно-волновая терапия рефрактерной стенокардии у пациентов после прямой реваскуляризации миокарда / О. В. Чумакова // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 796 – 798.

2. **Четырехкамерная** модель сердечно-сосудистой системы человека / С. В. Фролов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 2(40). – С. 51 – 60.

3. **Модель** сердечно-сосудистой системы, ориентированная на интенсивную терапию / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, Д. Ш. Газизова, В. А. Лишук // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, №4. – С. 892 – 902.

4. Синдеев, С. В. Моделирование гемодинамики сердечно-сосудистой системы при церебральной аневризме / С. В. Синдеев, С. В. Фролов // Математическое моделирование. – 2016. – № 28(6). – С. 98 – 114.

5. Синдеев, С. В. Многомасштабное моделирование сердечно-сосудистой системы для оценки церебрального кровообращения / С. В. Синдеев, С. В. Фролов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12(5). – С. 950 – 954.

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА**

*Ю. А. Гладышева*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Основное преимущество электрокардиографа заключается в контроле функционирования сердечной мышцы и выявления отклонений в работе органа.

Сложностью выбора подходящего аппарата для функциональной диагностики является разнообразие представленных технических заданий [1]. Каждое лечебное учреждение выдвигает свои требования к аппаратуре. Требованиями являются: бюджет на приобретение, технические характеристики аппарата, программное обеспечение, его комплектация и т.д.

Таким образом, для решения задачи выбора и закупки изделия можно сформировать обобщенную информационную модель данного аппарата [2], в которой будут представлены основные данные, описывающие различные характеристики и свойства аппарата ЭКГ.

Информационная модель может быть создана на различных языках моделирования. В данном случае был выбран язык моделирования UML (Unified Modeling Language). Язык UML является графическим, для описания объекта в нем представлены фигуры, содержащие в себе текст в виде надписей. Составленная модель будет наглядна и понятна.

Информационная модель была составлена из выбранных технических заданий путем их обобщения в одно. На рисунке 1 приведена информационная модель электрокардиографа. Все параметры аппарата сгруппированы в классы. В данной модели были выбраны 8 классов, в верхнем уровне иерархии информационной модели ИМТ находится класс «Область применения» (рис. 2). В отношении композиции (связь между классами) с классом «Область применения» состоят классы

«Дисплей», «Комплектация», «Фильтры», «Принтер», «Питание», «Возможности программного обеспечения», «Технические характеристики». Каждый класс содержит атрибуты, которые имеют 4 вида: Boolean, Integer, Float, Interval. Вид Boolean принимает только логические значения, с помощью него мы можем понять отсутствие или присутствие, какой-либо характеристики. Вид Interval представляет собой интервал или диапазон чисел. Вид Integer представляет собой значение целых чисел. Вид Float представляет собой вещественные значения. В дальнейшем происходит построение модели с учетом всех характеристик аппарата.

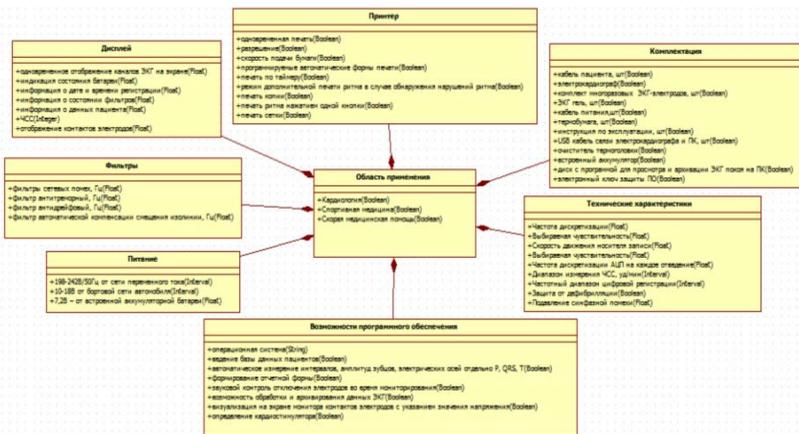


Рис. 1. Информационная модель

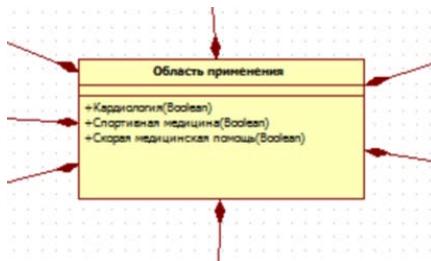


Рис. 2. Класс «Область применения»

По данной информационной модели наглядно видны все технические характеристики и возможности аппарата, которые интересуют покупателя.

Было доказано, что для решения задачи выбора и закупки изделия необходимо произвести анализ технических заданий, которые в дальнейшем реализовать как обобщенную информационную модель аппарата ЭКГ.

### **Библиографический список**

1. **Фролова, М. С.** Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
2. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ФИЗИОТЕРАПИИ**

*Д. Д. Гречуха*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Физиотерапия – направление медицины, работающее на изучение воздействия на организм терапевтических и физических факторов, использование их с лечебными, оздоровительными, реабилитационными и профилактическими целями.

Практически все современные методы физиотерапии позволяют подавлять заболевания с минимальными побочными эффектами и маленьким риском осложнений. Их множество объясняется тем, что быстро развиваются технологии и есть стремление к улучшению качества медицинской помощи. Международное научное сообщество очень заинтересовано в повышении уровня здоровья населения.

В аппаратах для диадинамотерапии ДДТ получают с помощью одно- и двухпериодного выпрямления сетевого тока без следующего сглаживания пульсации фильтром. В последние годы появилась тенденция к выпуску «аппаратов-комбайнов», которые могут проводить лечение двумя факторами одновременно или раздельно, делая их по показаниям, например, «Сонодинактор» (ультразвук, ДДТ), «Endomen» (ДДТ, интерференционные токи и гальванизация), «Di-di» (ДДТ и гальванический ток), «Радиус» (ДДТ, СМТ и интерференционные

токи), «КЭМ-1» (ДДТ, гальванизация). У всех аппаратов второй класс защиты, что способствует проведению процедуры в физиотерапевтических отделениях, в палатах и дома.

Микропроцессоры дают возможность на единой технологической схемотехнической базе за счет программирования создавать разные типы аппаратов [1, 2]. После появления микропроцессоров в физиотерапии были разработаны и получили широкое развитие специальные многофункциональные «аппараты-комбайны», включающие блоки для разного рода видов физиотерапии, используемые при лечении огромного количества заболевших с различными болезнями.

Единая платформа дает удобство и наглядность управления (кнопки, индикаторы и дисплей) аппарата, его высокую мобильность (возможность легко перемещать аппарат), надежность конструктивных элементов и соединений, где наиболее часто возможны поломки, возможность настройки и самотестирования аппарата (автоматический, полуавтоматический и ручной), возможность автономного питания, память на индивидуальные программы с рекомендуемыми параметрами воздействия по различным видам заболеваний.

Многофункциональные физиотерапевтические «аппараты-комбайны» позволяют проводить параллельное или последовательное воздействие несколькими физическими факторами. Достоинство «аппаратов-комбайнов» состоит в том, что они относительно компактны и многофункциональны.

Исполнение блочного принципа формирования аппаратов-комбайнов состоит в том, что можно уменьшить габаритные размеры аппаратов при значительном расширении их функциональных возможностей и сочетании более двух лечебных физических факторов.

В настоящее время стали производить аппараты нового поколения и отечественного производства, – к примеру, электротерапевтический аппарат «Мустанг-ФИЗИО».

Аппараты фирмы «Мустанг-ФИЗИО» нужны для проведения гальванизации и лекарственного электрофореза, электростимуляции и диадинамотерапии, терапии синусоидальными модулированными токами и интерференцтерапии, электросонтерапии и флюктуоризации.

Использование аппарата в проведении медицинских испытаний в ЦКБ РАН и в Госпитале для ветеранов войн № 3 (город Москва) показало его очень высокую эффективность и то, что он очень удобен в использовании. В практику физиотерапевтов вошел многофункциональный двухканальный прибор, который можно применять в разных областях медицины: стоматологии и терапии, хирургии и травматологии, неврологии, как у взрослых, так и у детей.



**Рис. 1. Аппарат «Мустанг-ФИЗИО»**

### **Библиографический список**

1. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врачи и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. **Фролова, М. С.** Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

***И. Ю. Ишков***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В 1887 году в США Joseph O'Dwyer предложил трубку для интубации трахеи с герметизирующей оливой, а в 1891 г. George Fell изобрел очередной мех для ИВЛ с управляемым вручную клапаном выдоха.

Искусственная вентиляция легких – это способы обмена воздуха между легкими и окружающей средой. Традиционно понятия «искусственное дыхание» и «искусственная вентиляция легких» (ИВЛ) уравнивают, хотя фактически они весьма различны [1, 2].

ИВЛ требуется тогда, когда собственная вентиляция (спонтанная) прекращается или оказывается недостаточной. К этому ведут многие болезни и травмы, в том числе и не только легких.

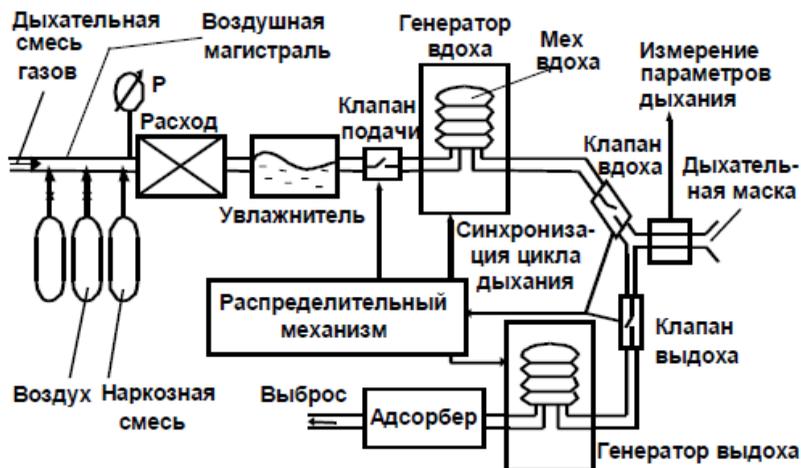


Рис. 1. Схематическое изображение ИВЛ

Проведен сравнительный анализ современных аппаратов искусственной вентиляции легких [2 – 4], данные исследования представлены в табл. 1.

### 1. Сравнительный анализ характеристик аппаратов

	Аппарат «ИВЛ РО-6Н-05» Россия	Аппарат «Puritan Bennett 840» США	Аппарат «Ivent-201» США	Аппарат «Авента-М» Россия
Частота, Гц	50	50	50	50
Мощность, Вт	40	40	30	75
Вес, кг	60	50	10	25
Размеры, мм	185×670×1225	998×582×602	330×240×260	1400×500×500
Сеть, В	220	220...240	220...240	220
Цена, р.	110 000	1 000 000	1 096 000	1 400 000

Перспективным, с точки зрения развития аппаратов, будет продолжение расширения функциональных возможностей аппаратов наиболее высокого класса [4].

К режимам управляемой (во всех ее разновидностях), вспомогательной и периодической вентиляции и самостоятельного дыхания с постоянно положительным уровнем давления будут добавлены те новые режимы, показания к применению и реализация которых уже установлены и которые не требуют значительного технического усложнения, а именно, поддержки давления и вентиляции с двумя фазами положительного давления.

### **Библиографический список**

1. **Семенов, Д. Д.** Основные тенденции обработки информации в приборах для измерения параметров дыхательной системы / Д. Д. Семенов, Т. А. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2, Т. II. – С. 272 – 275.

2. **Фролова, Т. А.** Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. III. – С. 123 – 128.

3. **Фролов, С. В.** Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.

4. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ЭЛЕКТРОХИРУРГИИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

***Н. К. Корабельников***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Электрохирургия представляет собой неинвазивный метод оперативного вмешательства, он применяется в самых разнообразных отраслях современной медицины. История возникновения электро-

хирургии неразрывно связана с опытами известного ученого Д'Арсонваля, проводимыми еще в 1882 году. Именно этот человек доказал то, что термический эффект от электрического тока появляется в том месте, где наблюдается минимальное сечение проводника. Первый электрокоагулятор был создан чуть позже, в начале двадцатых годов прошлого века изобретателями Кушингом и Бови. Медицинский аппарат Бови создавал смешанный режим работы, коагулировал и разрезал ткани.

Аппарат электрохирургический высокочастотный ЭХВЧ-150-1Э предназначен для проведения хирургических операций через эндоскоп в проктологии и гастроэнтерологии токами высокой частоты в условиях эндоскопических отделений специализированных и многопрофильных больниц и клиник.

ЭХВЧ 150-1Э получил распространение во многих областях медицины. Его применяют при выполнении хирургических вмешательств в сердечно-сосудистой [1] и абдоминальной хирургии, гинекологии, офтальмологии, урологии, проктологии и торакальной хирургии.

Исходя из типового ряда электрохирургических аппаратов, применяемых в целом для оперативных вмешательств, необходимым и достаточным условием соответствия их медицинской технологии является наличие следующих режимов: резание, коагуляция, резание с одновременной коагуляцией («смешанный режим»).

Проведен анализ современных электрохирургических аппаратов [2 – 4].

### Сравнительный анализ характеристик аппаратов

	ELECTROTOM 640	ERBOTOMISS 50	VIO 300 D	ЭХВЧ-140-02-«ФОТЕК»	Электронож ЭН-57М
Частота	375 Гц	350 Гц	350 кГц	Нет данных	1760 кГц
Мощность	580 Вт	Нет данных	500 Вт	400 Вт	1800 Вт
Вес	12,6 кг	2,8 кг	9,5 кг	9 кг	70 кг
Размеры, мм	405×395×145	275×105×255	410×165×380	Нет данных	900×520×540

Продолжение табл.

	ELECTROTOM 640	ERBOTOMIC 50	VIO 300 D	ЭХВЧ-140-02-«ФОТЕК»	Электронож ЭН-57М
Бесконтактная коагуляция	Да	Нет	Да	Да	Нет
Цена, р.	22 000	81 500	1 400 000	780 000	39 000

ЭХВЧ – одно из наиболее эффективных и изученных средств реанимации, но несмотря на высокую эффективность ЭХВЧ как самостоятельная мера малоперспективна. Сложный комплекс хирургических приборов требует изучения функциональных возможностей, которыми в настоящее время обладают дорогостоящие, в основном зарубежные модели ЭХА.

### Библиографический список

1. **Синдеев, С. В.** Система поддержки принятия решений врача при оценке предоперационного состояния больных с острыми нарушениями мозгового кровообращения / С. В. Синдеев, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 581 – 588.

2. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

3. **Современные** тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга / С. В. Фролов, М. А. Лядов, И. А. Комарова, О. А. Остапенко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2(46). – С. 66 – 75.

4. **Фролов, С. В.** Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ С КОНТУРОМ РЕГУЛЯЦИИ

*А. А. Коробов, К. С. Савинова, С. В. Фролов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Применение математических моделей для анализа данных о состоянии пациентов является трендом в современной диагностике. Это стало возможно благодаря развитию науки на стыке различных направлений, в том числе математики, кардиологии и медицины. Такая совокупность дала начало для развития математической кардиологии [1].

Согласно результатам последних исследований в области диагностики заболеваний систем кровообращения, управление регуляцией сосудов и сердца позволят качественно улучшить лечебное воздействие и производить учет индивидуальных особенностей организма больного [1].

Сейчас появилось множество математических моделей, описывающих сердце и сосуды, но без учета регуляции. Однако именно регуляция кровообращения является его важнейшей частью, без учета которой невозможно правильное адекватное описание состояния пациента.

На кафедре «Биомедицинская техника» в Тамбовском государственном техническом университете разрабатывается нульмерная математическая модель сердечно-сосудистой системы, учитывающая процессы регуляции кровообращения. Она базируется на ранее разработанных математических моделях [1, 2].

Разрабатываемая модель содержит несколько контуров регуляции и состоит из последовательно соединенных камер, моделирующих отдельные участки или органы сердечно-сосудистой системы.

В модели выделяются следующие области: кровеносные сосуды легочного круга кровообращения, правое сердце, левое сердце, венозное русло, артериальное русло, микрососуды большого круга кровообращения.

Основными регуляторными функциями, принятыми в модели, являются гомеостаз артериального давления, регуляция периферического кровотока, центрального венозного давления и насосных свойств сердца.

Модель реализована в программной среде MATLAB Simulink. Дальнейшее развитие модели предусматривает увеличение числа камер и построение дополнительных уровней регуляции, что даст возможность расширить варианты использования модели в палате интенсивной терапии. Благодаря этому станет возможным прогнозировать состояние системы кровообращения в результате терапевтических воздействий и манипуляций, не причиняя вреда пациенту.

### **Библиографический список**

1. **Лищук, А. В.** Математическая кардиология. Теория, клинические результаты, рекомендации, перспективы / А. В. Лищук, Д. Ш. Газизова. – М. : ООО «ПРИНТ ПРО». – 2015. – 228 с.

2. **Четырехкамерная** модель сердечно-сосудистой системы человека / С. В. Фролов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 2(40). – С. 51 – 60.

## **СТРУКТУРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ**

*А. А. Коробов, К. С. Савинова, С. В. Фролов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Для оценки состояния пациента в палатах интенсивной терапии при заболеваниях сердечно-сосудистой системы предлагается использовать программно-аппаратный комплекс, разрабатываемый на кафедре «Биомедицинская техника» в Тамбовском государственном техническом университете.

Программно-аппаратный комплекс для диагностики и терапии сердечно-сосудистых заболеваний состоит из диагностического прибора и компьютера (рис. 1). В роли диагностического прибора используется прикроватный монитор, который должен обладать набором необходимых для диагностики снимаемых показателей состояния сердечно-сосудистой системы.

Массив данных, получаемый с помощью диагностического прибора, поступает на блок вычисления алгоритмов оценки состояния

сердечно-сосудистой системы, который построен на основе разрабатываемой нульмерной математической модели сердечно-сосудистой системы с контуром регуляции [1, 2].

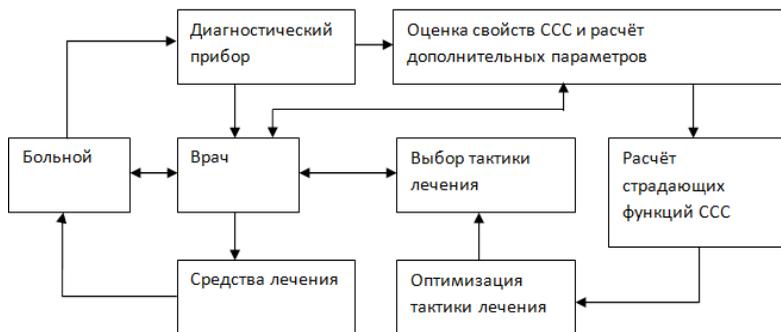


Рис. 1. Структура программно-аппаратного комплекса

Благодаря поиску наиболее страдающих функций сердечно-сосудистой системы происходит оптимизация тактики лечения больного.

Принцип работы программно-аппаратного комплекса следующий: определяются индивидуальные параметры модели сердечно-сосудистой системы пациента. Далее вычисляются те параметры, которые вышли из нормы, а затем вычисляются те параметры, которые необходимо изменить, чтобы привести индексы в норму. Параметры являются индивидуализированными для каждого пациента.

Благодаря найденным страдающим функциям и основанной на них оптимизации тактики лечения врач получает более точную и подробную информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы больного.

### Библиографический список

1. **Лишук, А. В.** Математическая кардиология. Теория, клинические результаты, рекомендации, перспективы / А. В. Лишук, Д. Ш. Газизова. – М. : ООО «ПРИНТ ПРО». – 2015. – 228 с.
2. **Четырёхкамерная** модель сердечно-сосудистой системы человека / С. В. Фролов и др. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 2(40). – С. 51 – 60.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ КЛИМАТА В КАБИНЕТЕ МРТ

*И. В. Кулешов, В. О. Черешнев*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Поддержание климата в кабинете магнитно-резонансной томографии (МРТ) является сложной инженерной задачей, ошибки в которой могут привести к серьезным последствиям [1]. Для решения этой проблемы предложена разработка автоматической системы поддержания микроклимата на примере макета кабинета МРТ.

В состав МРТ центра входят следующие помещения, для которых СанПиН совместно с рекомендациями министерства здравоохранения задают необходимые требования к климатическим условиям: комната сканирования, в которой расположен аппарат МРТ, техническое помещение, в котором расположено технологическое оборудование (отображающая аппаратура и компьютер), а также комната управления, в которой располагается персонал медицинского учреждения и операторы, управляющие процессами проведения процедур.

Параметры микроклимата в техническом помещении должны соответствовать 20...24 °С, а относительная влажность 40...60%, в комнате сканирования температура должна составлять 18...20 °С при относительной влажности 40...60%, а в комнате управления 22...26 °С, влажность 40...70%, при этом необходимо обеспечить вентиляцию всех помещений кабинета МРТ.

Разрабатываемая автоматическая система для поддержания климата в кабинете МРТ должна производить снятие тепловыделений в технической комнате, снятие тепловыделений в комнате управления, обеспечивать кондиционирование комнаты сканирования, аварийное удаление гелия из комнаты сканирования, а также вентиляцию во всех помещениях кабинета.

Автоматическая система поддержания климата в кабинете МРТ должна с высокой точностью обеспечивать микроклиматические условия, необходимые для нормального функционирования аппаратуры. Это реализуется благодаря датчикам, считывающим температуру и влажность, данные с которых передаются на микроконтроллер Arduino, после чего система управления, на основе прописанных заранее алгоритмов позиционной системы регулирования, в автоматическом режиме оценивает показания с датчиков и принимает решения на

включение или выключение тех или иных исполнительных устройств кабинета. Если температура в помещении поднялась или опустилась выше нормы, то включается система, которая пропускает воздух через радиатор, подключенный в общий водный контур с элементами Пельтье, необходимыми для быстрого охлаждения или нагревания теплоносителя. При понижении влажности сухой воздух начинает циркулировать через систему ультразвукового увлажнителя, из-за работы которого создается так называемый «холодный пар» в процессе работы увлажнителя не происходит нагревания жидкости, что не создает дополнительных источников нежелательных тепловыделений [2 – 4].

Таким образом, была разработана автоматическая система с числовым программным управлением для поддержания климата в кабинете магнитно-резонансной томографии, позволяющая соблюсти необходимые требования СанПиН и рекомендации министерства здравоохранения. Дальнейшая работа будет связана с разработкой автоматической системы для поддержания микроклимата в кабинетах лучевой диагностики.

### Библиографический список

1. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // *Врач и информационные технологии*. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. **Прогнозирование** квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.
3. **Synthesis** of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its ynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
4. **Synthesis** of Channel Tracking for Random Process Parameters under Discontinuous Variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР

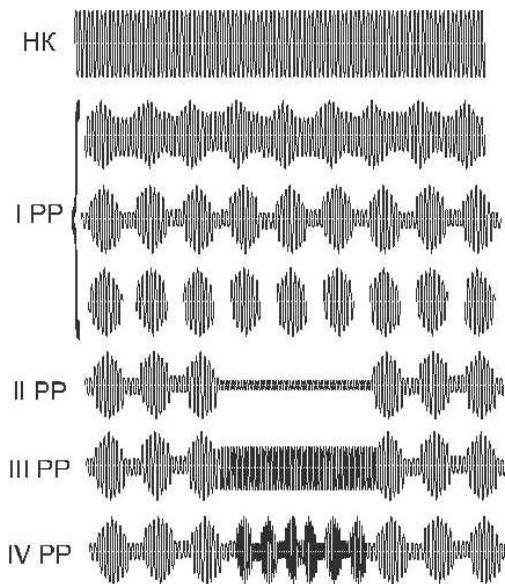
*А. В. Медведева*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Зачастую, для достижения нейростимулирующего и сосудорасширяющего эффектов, специалистами в области физиотерапии применяются различные методы воздействия на организм при помощи электрических и магнитных полей.

Одним из наиболее перспективных подходов к проведению физиотерапевтических процедур на данный момент является применение переменного тока с заданными параметрами. Подобное воздействие на организм получило название амплипульстерапия или СМТ-терапия (синусоидально модулированные токи) [1].

Суть метода заключается в воздействии амплитудными пульсациями низкой частоты (от 10 до 150 Гц) среднечастотных токов до 80 мА (рис. 1). Переменный электрический ток, в отличие от постоянного, в значительно меньшей степени вызывает адаптацию центральной нервной системы к воздействию, что способствует более стойким электродинамическим изменениям в соответствующих структурах и системах.



**Рис. 1. Форма тока для амплипульстерапии**

Среднечастотные токи были выбраны в связи с тем, что именно при таких параметрах электрический ток хорошо проникает сквозь кожные покровы человека, не вызывая при этом раздражения и иных негативных ощущений [2 – 4]. При этом удается эффективно оказывать возбуждающее действие на нервно-мышечные структуры организма.

На рисунке 1 показаны основные формы модуляции тока, используемые при амплипульстерапии. Форма модулирующего сигнала определяется исходя из области применения оборудования и имеющегося недуга у пациента.

Применение синусоидально модулированного тока позволяет оказывать положительное влияние на заболевания периферической нервной системы с болевым синдромом (невралгия, неврит, радикулит, плексит, нейромиозит, каузалгия); заболевания вегетативного отдела нервной системы и другие формы заболеваний.

### **Библиографический список**

1. **SPB Medicy** // Амплипульстерапия: для чего используется СМТ-терапия. – URL : <https://spb.medsi.ru/articles/amplipulsterapiya-smt-terapiya/> (дата обращения: 26.04.2020).
2. **Stanko** // Амплипульстерапия. – URL : <https://www.stankovolga.ru/lechenie/el/amplipulsterapiya/> (дата обращения: 26.04.2020).
3. **Национальный** медицинский исследовательский Центр Здоровья Детей // Синусоидальные модулированные токи – Амплипульстерапия. – URL : <http://nczd.ru/sinusoidalnye-modulirovannye-toki-amplipulsterapija/> (дата обращения: 26.04.2020).
4. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

## **СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

***А. В. Михина, Ю. А. Гладышева***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Искусственная вентиляция легких (ИВЛ) является одним из наиболее важных и эффективных методов лечения в современной анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии. Аппарат ИВЛ –

сложное устройство для перемещения дыхательного газа между внешней средой и пациентом. Его применяют при лечении острой дыхательной недостаточности различной этиологии, снижении затраты энергии на самостоятельное дыхание, при проведении операций.

Для эффективного материально-технического оснащения лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) необходимо правильно и грамотно составлять техническое задание. Чтобы правильно составить техническое задание построим информационную модель аппарата ИВЛ на основе объектно-ориентированного программирования. Информационная модель – совокупность данных и связей между ними, описывающая различные свойства изделия. Она позволяет наглядно проанализировать систему классов, составляющую изделие медицинской техники (ИМТ) [1].

Разрабатывать информационную модель аппарата ИВЛ будем в среде разработки StarUML. StarUML – это программный инструмент, который поддерживает унифицированный графический язык моделирования Unified Modeling Language (UML). Преимуществами платформы StarUML являются: простота в использовании, высокая степень расширяемости, платформа является бесплатной, поддерживает множество дополнительных функций.

Было рассмотрено 20 технических заданий на закупку аппаратов ИВЛ с помощью электронного ресурса ЕИС – единой информационной системы в сфере закупок. На основании технических заданий была разработана информационная модель ИМТ – аппаратов ИВЛ на языке UML, представленная на рис. 1.

В отношении композиции с классом «Область применения» состоят классы «Основные характеристики», «Характеристики питания», «Эксплуатационные характеристики», «Габариты», «Сигналы тревоги», «Комплектация», «Режимы работы» и «Параметры». Именно эти классы лежат в основе ИМТ аппарата для искусственной вентиляции легких.

Эффективное оснащения ЛПУ определяет организацию лечебно-диагностического процесса, объемы, качество и своевременность оказания медицинской помощи. Поэтому необходимо корректно составлять техническое задание. Для этого была разработана информационная модель аппарата ИВЛ. Она описывает параметры объекта, связи между ними, которые требуются заказчику для конкретной рассматриваемой задачи.

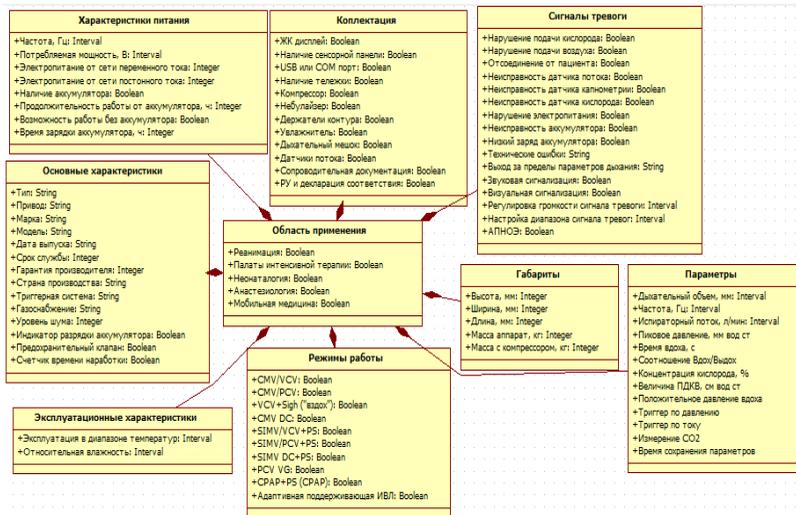


Рис. 1. Информационная модель: пакет классов «Аппараты ИВЛ»

## Библиографический список

1. Фролов, С. В. Информационное моделирование медицинского изделия для задач оснащения учреждения здравоохранения медицинской техникой : учебное пособие / С. В. Фролов, Т. А. Фролова. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 160 с.

## БТС С ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВВЕДЕНИЯ КОСМЕТИЧЕСКИХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ ЧЕРЕЗ КОЖУ ЧЕЛОВЕКА

*А. В. Михина, В. М. Строев*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

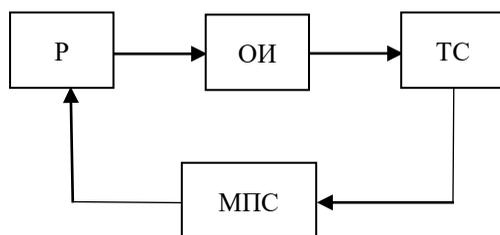
Многие средства, принимаемые в виде таблеток, суспензий оказывают негативное побочное действие на желудок, печень и другие органы. Поэтому вопрос введения лекарственных и косметических средств через кожу непосредственно к зоне воздействия является актуальной проблемой на данный момент.

Существует два основных способа проникновения веществ через кожу: в обход защитного барьера и сквозь него. Сквозь защитный барьер средства попадают через диффузию, т.е. ингредиенты пере-

мещаются путем перемешивания с кожным жиром. Данный метод подходит не для всех веществ. Поэтому нас интересует первый способ – введение в обход барьера, т.е. во время открытия каналов потовых протоков (пор).

В связи с этим необходимо разработать БТС, которая способна регистрировать открытие пор на поверхности кожи. Это позволяет вводить средства во время максимального открытия пор, что повышает эффективность проникновения косметических средств.

Блок-схема разрабатываемой системы представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Блок-схема БТС для регистрации открытия пор.**

Блок-схема включает в себя:

Р – регулятор температуры воды;

ОИ – объект исследования, который находится в ванне с водой;

ТС – тепловизионная система;

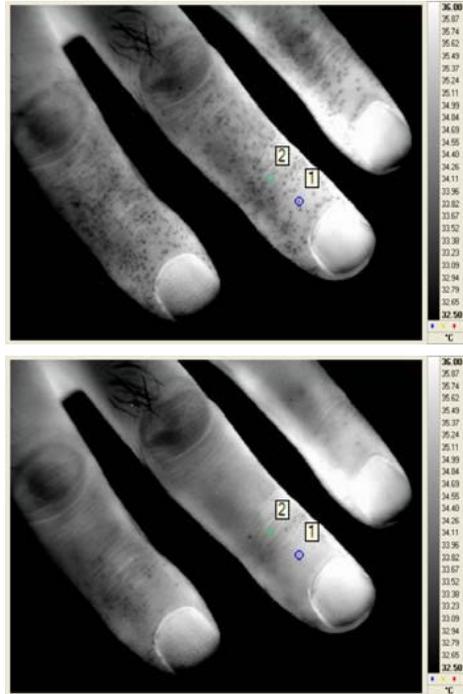
МПС – микропроцессорная система.

Для реализации тепловизионной системы используем матричную ИК систему.

В настоящее время существуют охлаждаемые матричные ИК системы с высокой чувствительностью и пространственным разрешением, которые позволяют регистрировать процесс открытия – закрытия одиночных каналов потовых протоков на поверхности кожи. На рисунке 2 приведены примеры термограммы поверхности кожи при различных фазах функционирования потовых протоков [1].

В момент открытия потовых протоков их температура понижается, и, следовательно на тепловизионном изображении появляются участки с темными пятнами.

БТС работает следующим образом: человек находится в ванне, в которой находится регулятор температуры воды, регистрируется ИК изображение требуемой поверхности тела. Затем через микропроцессорную систему регулятором нагревается температура воды до тех пор, пока на изображении не появятся участки с темными пятнами.



**Рис. 2. Изображения, зарегистрированные при открытом и закрытом состоянии потовых протоков (пор)**

Потовые протоки открываются при повышении температуры тела. Точных значений температуры, при которых происходит открытие пор нет, она у каждого человека индивидуальна. Поэтому этот момент регистрируется при помощи тепловизионной системы. Таким образом, находится момент для наиболее благоприятного введения веществ.

Данная система может применяться в косметологии и медицине для более эффективного введения косметологических и лекарственных средств.

### **Библиографический список**

1. Хижняк, Л. Н. Диагностические возможности матричной инфракрасной термографии. Проблемы и перспективы / Л. Н. Хижняк, Е. П. Хижняк, Г. Р. Иваницкий // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 4. – С. 170 – 176.

## МОНИТОРИНГ pH-МЕТРА В МЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ

*А. С. Мясоедова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Роль сферы здравоохранения, ее развитие на основе использования достижений науки, техники и современного медицинского оборудования предопределяет качество жизни населения. В современном государстве отрасль здравоохранения в целом и медицинской техники в частности является одним из приоритетных направлений развития [1 – 5].

В основу работы pH-метра положен потенциометрический метод измерения pH контролируемого раствора. Потенциометрический метод – метод качественного и количественного анализа, основанный на измерении потенциалов, возникающих между испытуемым раствором и погруженным в него электродом. Как универсальный аппарат, измеряющий показатель pH и сообщающий о степени его соответствия стандартным показателям, он используется везде, где нужен контроль среды, но нас интересует в основном медицина.

pH-метр крови – особый прибор в линейке измерительного оборудования, предназначенного для контроля pH фактора различных сред. Как правило, он относится к портативному типу измерителей, поскольку мониторинг pH может осуществляться не только в специально оборудованных медицинских лабораториях, но и в полевых условиях. А при выезде вес и размеры играют немалую роль в обеспечении оперативности и удобства измерений. Миниатюрный pH-метр для крови имеет наконечник, выступающий в качестве измерительного датчика, поэтому справиться с тестированием не очень сложно. При помощи данного прибора упрощается постановка диагноза, так как измерения точные, и последующее лечение.

Кислотно-щелочные показатели мочи как животного, так и человека, меняются в зависимости от состояния организма и может указывать на определенные патологии. Не случайно определение кислотности мочи является незаменимым инструментом диагностики широкого спектра заболеваний. Например, излишне кислотная моча указывает на повышенную кислотность желудка. Также изменение баланса pH может говорить о дегидратации, ацидозе, инфекциях мочевых путей, туберкулезе почек, хронической почечной недостаточности, лихорадочных состояниях.

Наличие бактериальной инфекции в образцах крови является основной причиной смертности и заболеваемости, связанных с перели-

ванием крови. Следовательно, для переливания крови необходимо использовать системы для обнаружения бактерий в тромбоцитарных аппаратах. рН цельной крови рассчитывают с помощью рН-метра как суррогатного теста на бактериальную инфекцию для предотвращения переливания бактериально загрязненных эритроцитов и лейкоцитов. Таким образом, спрос на рН-метры быстро растет в области больниц, биотехнологий и фармацевтических лабораторий, что стимулирует рост рынка рН-метров.

Северная Америка, как ожидается, захватит значительную долю рынка рН-метров из-за высокого внедрения машин для тестирования качества воды, который подпитывается строгими государственными правилами, касающимися станций очистки воды. В соответствии с этими правилами, очистные сооружения должны снижать присутствие загрязняющих веществ, которые могут повлиять на окружающую среду и качество воды.

В Европе растет спрос на рН-метры в области фармацевтики и пищевой промышленности для проверки кислотности проб. Кроме того, развивающиеся страны Азиатско-Тихоокеанского региона, за исключением Японии, такие как Индия и Китай, предпринимают инициативы по укреплению политики в отношении качества воды и ее использования, что является еще одним фактором, который, по оценкам, будет стимулировать рост рынка рН-метров в течение прогнозируемого периода.

Некоторые из ключевых изготовителей концентрируются на внедрении модернизированных и усовершенствованных рН-метров с лучшей производительностью. Последние слияния и поглощения на рынке рН-метров в основном направлены на стимулирование развития и обновление технических характеристик рН-метров, а также в конечном итоге повышение продаж продукции [4] в отраслях конечного использования.

### **Библиографический список**

1. **Ряшенцева, А. Н.** Сопоставление методов иммунохимического анализа / А. Н. Ряшенцева, Т. А. Фролова // Энергосбережение и эффективность в технических системах: материалы V Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2018. – С. 387 – 388.
2. **Фролова, Т. А.** Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

3. **Фролова, М. С.** Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

4. **Фролова, М. С.** Автоматизация технологий IVD / М. С. Фролова, И. А. Толстухин, Т. А. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Междунар. науч.-практ. конференции. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2, Т. II. – С. 275 – 280.

5. **Современные** тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фарса // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## **КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В НОСИМОМ УСТРОЙСТВЕ МОНИТОРИНГА ЭКГ**

***А. В. Непрокин***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В руководстве по оборудованию для амбулаторного мониторинга АСС/АНА (American College of Cardiology and American Heart Association – Американский колледж кардиологии и Американская ассоциация кардиологов) приводятся основные рекомендации по выбору системы мониторингирования (СМ) ЭКГ. Обязательным требованием к СМ ЭКГ является наличие полной записи за все время наблюдения (24 часа), что позволяет врачу оценить весь цикл жизнедеятельности пациента, проверить достоверность автоматического анализа и быть уверенным в точности своего заключения. При меньшей длительности снижается чувствительность метода и невозможно оценить, например, циркадный ритм сердечной деятельности. В связи с этим возникает необходимость в получении оперативной и достоверной информации о текущем состоянии элемента питания носимого устройства.

На сегодняшний день проблема контроля состояния источников тока в носимых устройствах мониторинга ЭКГ является актуальной, поскольку существующие методы не измеряют их остаточную емкость [1 – 6]. Остаточная емкость химических источников тока (ХИТ) – значение количества электрической энергии, выраженное в А·ч или Кл,

которое ХИТ отдает при разряде до выбранного конечного напряжения в любом текущем состоянии.

Зная точное значение остаточной емкости элемента, можно рассчитать оставшееся время работы для конкретного устройства [6]. Таким образом, вместо утилизации источника питания можно применить его для последующей диагностики пациента, если рассчитанное время достаточно для проведения необходимых процедур или в других приборах, с меньшим потреблением и требованием ко времени работы.

Для достижения цели поставлена задача разработать носимое устройство суточного мониторинга ЭКГ с возможностью измерения остаточной емкости и расчета времени работы элемента питания [6].

В основу изобретения поставлена задача сокращения времени измерения и упрощения процесса измерения электрической емкости ХИТ, увеличения точности, упрощения конструкции, улучшения эксплуатационных свойств. Обобщенная структурная схема разрабатываемого СМ ЭКГ представлена на рис. 1.

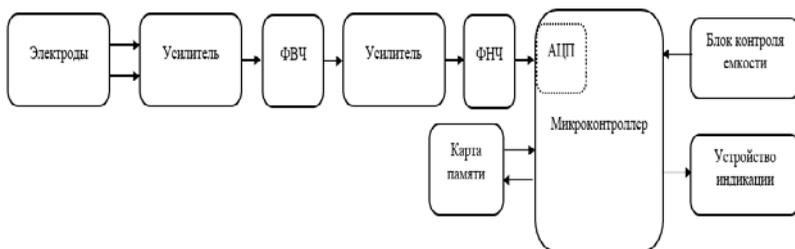


Рис. 1. Структурная схема носимого устройства мониторинга ЭКГ

При включении устройства производится расчет емкости источника тока и оставшееся время работы [6]. Результаты расчетов выводятся на устройство индикации.

### Библиографический список

1. **Краткий** аналитический обзор существующих способов оценки емкости ХИТ и приборов, реализующих эти способы [Электронный ресурс]. – Севастополь : ООО «Черемшина ЭНЕРГОСТАНДАРТ». – URL : <http://chs.com.ua/files/Obz.pdf>
2. **URL** : <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3914.pdf>
3. **Пат.** № 2172044 РФ кл. H01M10/48. Способ измерения электрической емкости химических источников тока / Косюк В. И. – № 99124862/09 от 10.08.2001.

4. **Строев, В. М.** Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением : учебное пособие / В. М. Строев, А. Ю. Куликов, С. В. Фролов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ГГТУ», 2012. – 96 с.

5. **Попов, В. С.** Общая электротехника с основами электроники / В. С. Попов, С. А. Николаев. – М. : Энергия. 1972. – 504 с.

6. **Горбунов, А. В.** Оценка остаточной емкости гальванических элементов в мобильных медицинских устройствах / А. В. Горбунов, А. В. Непрокин // Устойчивое развитие науки и образования. – 2017. – № 11. – С. 112 – 117.

## **РАСШИРЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ АМБУЛАТОРНЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ЭЭГ**

***Н. Ю. Никитина***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

При диагностике эпилепсии рутинная ЭЭГ, содержащая 20 – 30-минутную запись биоэлектрической активности мозга, является доступным, но, зачастую, малоэффективным инструментом. В сложных случаях, когда пароксизмальные феномены редки, слабо выражены, проявляются только во время сна, показано проведение длительного ЭЭГ-мониторинга [1].

Лучшим вариантом его проведения считается ЭЭГ-видео-мониторинг, признанный «золотым стандартом» для выявления аномалий ЭЭГ и для дифференциальной диагностики пароксизмов. Однако подобное исследование является дорогостоящим и не всегда доступным, требует стационарного нахождения пациента в специализированном медицинском учреждении в непривычной окружающей среде, поэтому длительная регистрация ЭЭГ в процессе нормальной жизнедеятельности пациента является более желательным и важным диагностическим методом. Он также позволяет эффективно выявить аномалии ЭЭГ в межприступном периоде и дифференцировать псевдоэпилептические и истинные эпилептические пароксизмы. Для осуществления этого метода, в соответствии с общеевропейскими стандартами помощи при эпилепсии, в клинической практике должны применяться носимые регистраторы ЭЭГ с возможностью длительного амбулаторного накопления в процессе нормальной жизнедеятельности пациента.

Амбулаторная электроэнцефалография (АЭЭГ) – ценный инструмент для регистрации патологических проявлений в электроэнцефало-

грамме. Основное преимущество перед рутинной ЭЭГ состоит в обеспечении длительной непрерывной записи (более 24 часов) данных в условиях привычной жизнедеятельности или в обычных условиях при нахождении пациента в стационаре, что резко увеличивает возможность фиксации эпилептиформной активности. АЭЭГ, проигрывая ЭЭГ-видеомониторингу в информативности, более удобна для пациента, поскольку не требует стационарных условий, и имеет меньшую стоимость исследования.

Можно отметить следующие диагностические возможности АЭЭГ:

- 1) диагностика эпилепсии, имеющей преимущественно ночные проявления;
- 2) оценка подозрительных психогенных расстройств;
- 3) диагностика слабовыраженных либо замаскированных пароксизмальных проявлений;
- 4) оценка синкопальных и парасинкопальных состояний, когда очень важно создать атмосферу, приближающуюся к естественной среде жизни пациента;
- 5) сопровождение процесса лечения, особенно в ситуациях, когда пациент не знает о наличии пароксизмов или не идентифицирует их.

До настоящего времени в России этот вид исследований был практически недоступен из-за отсутствия необходимого отечественного оборудования [1 – 3]. Однако появление портативного электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26», специально разработанного фирмой «Медиком МТД» для этой цели, открывает определенные перспективы по внедрению этого метода в практику специализированных эпилептологических отделений и центров различных медицинских учреждений, в связи с чем кратко остановимся на функциональных возможностях прибора, обеспечивающих проведение длительных электроэнцефалографических исследований.

### Библиографический список

1. **Карпенко, Ф. Е.** Современные методы в электроэнцефалографии / Ф. Е. Карпенко, Т. А. Фролова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 476–477.
2. **Синдеев, С. В.** Система поддержки принятия решений врача при оценке предоперационного состояния больных с острыми нарушениями мозгового кровообращения / С. В. Синдеев, С. В. Фролов,

А. Ю. Потлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 581 – 588.

3. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМБУЛАТОРНЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ЭЭГ**

***Н. Ю. Никитина***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Электроэнцефалограф-регистратор «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» – современный инструмент для длительного многоканального мониторинга электрической активности мозга.

Автономный блок пациента электроэнцефалографа-регистратора не ограничивает свободу перемещения пациента за счет использования батарейного питания, малых габаритов и веса (около 300 г), а также внутреннего накопителя ЭЭГ-данных на CompactFlashCard и беспроводного канала связи типа Bluetoothc персональным компьютером (ПК) электроэнцефалографа. Обеспечивается регистрация сигналов от 19 стандартных отведений ЭЭГ, разности референтных отведений А1–А2, одного отведения ЭКГ, двух отведений типа ЭМГ или ЭОГ, а также сигналов с датчика экскурсии дыхания и двухкоординатного датчика положения тела. Кроме того, существует непрерывная регистрация значений подэлектродного импеданса по каждому электроду и межэлектродных потенциалов. Желательно использовать оригинальный комплект электродов и шапочек разных размеров по типу Quik-Cap, обеспечивающих длительный и комфортный съем ЭЭГ. Телеметрический канал связи со стационарным или портативным ПК электроэнцефалографа позволяет осуществить контроль качества наложения электродов и наблюдать регистрируемые сигналы на экране ПК в реальном времени в процессе амбулаторного мониторинга. На мониторе ПК производится визуальная оценка качества регистрируемых сигналов в реальном масштабе времени, при этом пациент с установленными электродами может находиться на расстоянии до 10 метров от ПК.

Наличие телеметрического канала связи позволяет также проводить полноценные ЭЭГ-исследования, в том числе и с применением видеомониторинга. Для этого используются автономные фоно- и

фотостимуляторы, подключаемые через стандартный интерфейс USB к ПК, а для видеомониторинга соответствующие видеокамеры, программы и аксессуары. После проведения функциональных проб можно предоставить пациенту относительную свободу перемещения с продолжением записи ЭЭГ на внутренний накопитель. Важной особенностью является также то, что применение портативного компьютера [1 – 3] при проведении исследований позволяет получить мобильный нейрофизиологический комплекс для длительных ЭЭГ-исследований непосредственно в месте нахождения пациента – дома, в палате, в реанимации, в машине или самолете скорой помощи.

Выделим основные преимущества использования амбулаторных регистраторов ЭЭГ:

- Амбулаторный мониторинг значительно расширяет возможности обследования ЭЭГ и полиграфических показателей и позволяет получить новую информацию о состоянии мозга.
- В диагностике эпилепсии, при дифференциальной диагностике эпилептических и неэпилептических форм припадков длительный мониторинг позволяет улучшить диагностику.
- В условиях реанимации мониторинг ЭЭГ позволяет более полно оценить состояния больных, находящихся в ареактивном (критическом) состоянии.

Появились возможности широкого внедрения в клиническую практику более углубленных нейрофизиологических методов обследования мозга, одновременно с другими показателями, что делает диагностику более полной; повышает информативность обследований и требует более широкого внедрения АЭЭГ во всех лабораториях клинической нейрофизиологии и ОФД, проводящих функциональную диагностику нервной системы.

### Библиографический список

1. **Карпенко, Ф. Е.** Современные методы в электроэнцефалографии / Ф. Е. Карпенко, Т. А. Фролова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 476–477.
2. **Синдеев, С. В.** Система поддержки принятия решений врача при оценке предоперационного состояния больных с острыми нарушениями мозгового кровообращения / С. В. Синдеев, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 581 – 588.

3. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врачи и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИЙ ПРИ ОСНАЩЕНИИ КАБИНЕТА УРОЛОГА**

*О. А. Павлова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Основными функциями урологического кабинета является проведение консультаций, оказание квалифицированной лечебной и диагностической помощи пациентам с соответствующими заболеваниями, профилактика развития заболеваний мочеполовой системы.

Оборудование для урологии позволяет сделать лечение заболеваний мочеполовой системы более эффективным и безопасным для пациента. Современные технологии обладают массой преимуществ перед методами лапароскопии и хирургии [1, 2]. Важными особенностями аппаратов, используемых в урологии, являются:

- качественная визуализация и предельная точность;
- возможность проводить лечение, не нарушая целостность тканей;
- возможность значительно сократить период реабилитации.

Приборы, применяемые в урологии, имеют встроенные программы для лечения и возможность записывать собственные протоколы. Они значительно облегчают работу врача и делают лечение менее травматичным для пациента. Используя специальную аппаратуру для повышения качества диагностики и лечебных процедур, можно добиться впечатляющих результатов.

Поэтому кабинет уролога оснащается в соответствии с Приложением № 3 к Порядку оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю «урология», утвержденному приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 12 ноября 2012 года № 907н.

В этом приложении прописан стандартный список медицинского оборудования, которое обязательно должно быть в кабинете уролога. Однако, для оптимизации работы врача-уролога, его кабинет предлагается оснастить физиотерапевтическим аппаратом. Это позволит добиваться хороших результатов в лечении с первых же дней обнаружения

заболевания. Так же плюсом физиотерапевтической аппаратуры является минимальное влияние на организм в целом.

Например, наличие аппаратно-программного физиотерапевтического комплекса КАП-ЭЛИМ-01 «Андро-Гин» позволит врачу начать лечение воспалительных заболеваний мочеполовой сферы и мужчин и женщин в день постановки диагноза.

Комплекс обладает высокой степенью надежности и безопасности, удобен и прост в эксплуатации, может работать как в автономном режиме, так и в комплекте с компьютером, что значительно облегчает работу врача.

Лечение физиотерапевтическим аппаратом позволяет решать следующие задачи:

- локальная иммунокоррекция и нормализация общей реактивности организма;
- улучшается микроциркуляция в патологическом очаге, нормализуется венозный отток;
- повышается тонус тазовых мышц, что улучшает отток секрета предстательной железы и семенных пузырьков, тем самым уменьшаются застойные процессы;
- активируются регенераторные процессы, ускоряется восстановление морфологической структуры тканей в патологическом очаге;
- нормализуется функциональная активность предстательной железы.

Технологические достижения сегодня являются важнейшей составляющей такой области медицины как урология. Научно-технический прогресс позволяет делать и диагностику [1, 2], и лечение ряда заболеваний рассматриваемой категории простыми и высокоэффективными.

### **Библиографический список**

1. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

2. **Фролова, М. С.** Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

## АППАРАТЫ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

*Е. Н. Родина*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В настоящее время заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС) являются ведущей причиной заболеваемости и смертности среди взрослого населения. Основным и наиболее эффективным методом лечения для пациентов, страдающих наиболее тяжелыми формами сердечной недостаточности в терминальной стадии, является трансплантация донорского сердца. Дефицит донорских органов вынуждает все шире применять механические замещающие устройства. В последние годы изучение возможностей механической поддержки кровообращения особенно продвинулось [1, 2].

Компания MaQUeT на протяжении многих лет остается одним из ведущих мировых производителей аппаратов искусственного кровообращения и расходных материалов для экстракорпоральной циркуляции. Аппарат CARDIONHELP-i – очередная инновационная разработка MAQUET, представляющая собой универсальную платформу для широкого диапазона применения в отделениях интенсивной терапии, экстренной и чрезвычайной медицине, интервенционной кардиологии и отделениях кардиохирургии, а также везде, где необходима поддержка функций сердца и легких. Компактность и малый вес делают CARDIONHELP-i идеальным для транспортировки пациентов с проблемами дыхательной или сердечно-сосудистой системы.

Аппарат имеет:

- специальные режимы программного обеспечения: OR (операционная), ICU (реанимация) и TM (транспорт);
- внутренние датчики для измерения: уровня насыщения кислородом венозной крови, уровня гемоглобина и гематокрита, а также венозной температуры;
- датчики потока/пузырьков;
- экстренный ручной привод;
- специальный ночной режим для реанимации;

CARDIONHELP-i не требует дополнительных устройств для функционирования, его рабочее пространство защищено рамой. Работает как от сети переменного тока, так и от сети постоянного тока, а также от собственной батареи (90 минут при максимальной нагрузке, до 5 часов при потоке 2 л/мин). Управление всеми функциями осуществляется через сенсорный экран и всего лишь одну вращающуюся кнопку.

Расходными материалами для системы поддержания функций сердца и легких являются:

1. Устройства для искусственного кровообращения.

- Quadrox-iR (для кардиохирургических операций).

- HLS модули (для экстракорпоральной мембранной оксигенации).

2. Периферические канюли HLS.

HLS модуль Advanced – это интегрированная в один модуль головка центрифужного насоса и оксигенатор.

Отличительные черты HLS модуля Advanced:

- возможность использования до 30 дней;

- покрытие Bioline;

- магистрали без следов диэтилгексилфталата;

- легкая деаэрация;

- три интегрированных датчика давления (венозное давление, артериальное давление, внутреннее давление в модуле);

- встроенный датчик артериальной температуры;

- внутренние датчики для измерения важнейших параметров крови: уровня насыщения кислородом венозной крови, уровня гемоглобина и гематокрита, венозной температуры.

Периферические HLS канюли от MAQUET применяются для обеспечения длительной экстракорпоральной мембранной оксигенации. Эти канюли могут быть легко и безопасно введены чрескожным доступом по методу Сельдингера или с помощью хирургического надреза. HLS канюли произведены из биологически совместимого полиуретана и, как и все компоненты набора расходных материалов HLS, покрыты Bioline. Их тонкие стенки обеспечивают оптимальный кровоток с минимальным падением давления. Все периферические HLS канюли армированы для гарантии высокой гибкости и устойчивости к перегибам, особенно при долгосрочном использовании.

Подводя итог из вышесказанного можно точно сказать, что аппараты механической поддержки кровообращения на сегодняшний день очень важны и являются востребованными. Именно с помощью такого оборудования удастся спасти жизнь многим пациентам с серьезными сердечно-сосудистыми заболеваниями, избежать повреждения органов в результате гипоксии, обеспечить адекватное поступление оксигенированной крови к жизненно важным органам, возобновить или стабилизировать кардио-респираторные функции. Компактность позволяет с успехом применять аппарат при транспортировке в машинах скорой помощи, вертолетах.

## Библиографический список

1. **Портативные** миниатюрные экстракорпоральные мембранные системы оксигенации для H1N1-родственного тяжелого острого респираторного дистресс-синдрома: серия случаев. – Roncon-Albuquerque R. Jr., Basilio C., Figueiredo P., Silva S. – 2012 окт; 27(5): 454-63. doi: 10.1016 / j. jcrc.2012.01.008. Epub 2012 Mar 3.

2. **Модель** сердечно-сосудистой системы, ориентированная на интенсивную терапию / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, Д. Ш. Газизова, В. А. Лищук // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 892 – 902.

## ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ МОЗГА

*И. Э. Родионова*

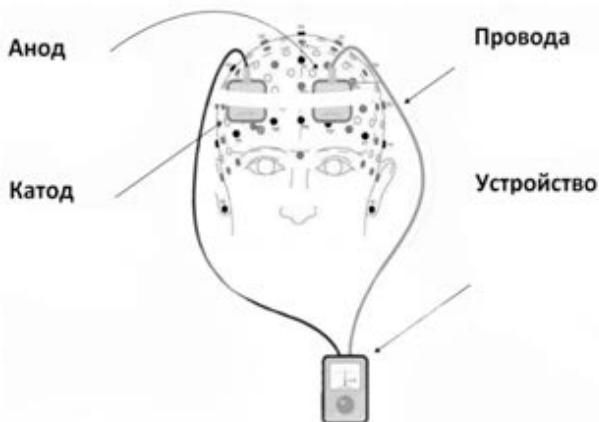
*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Проблема усиления когнитивных процессов человека долгое время находилась в центре научных экспериментов, и, как следствие, транскраниальная стимуляция постоянным током (tDCS) вышла на передний план в качестве многообещающего инструмента для модуляции когнитивных и моторных навыков [1 – 5].

Транскраниальная стимуляция постоянным током (tDCS) – это современная, портативная, неинвазивная нейромодуляторная техника, которая подает низкий электрический ток в кожу головы. TDCS используется для модуляции возбудимости коры, оказывая стимулирующее или ингибирующее воздействие на различные виды поведения. Работа метода основана на применении положительного (анодного) или отрицательного (катодного) фиксированного тока от 1 до 2 мА через электроды к области, облегчая деполяризацию или гиперполяризацию нейронов, соответственно. Конкретное расположение анодного и катодного электродов влияет на тип протекания тока и задействованную область мозга. Ключевой момент для проведения электростимуляции – это правильный выбор мест прикрепления электродов к голове, так как стимуляция различных зон мозга приводит к принципиально разным когнитивным эффектам – в зависимости от функций этих областей.

Устройства tDCS – это небольшие устройства с батарейным питанием (рис. 1). Обычно имеется панель управления, которая позволяет запрограммировать устройство (например, установить продолжительность и интенсивность стимуляции). К определенным областям

головы прикрепляются два электрода – положительно заряженный анод и отрицательно заряженный катод. Анод воздействует на нейроны коры возбуждающе, уменьшая разницу потенциалов на их мембранах. В масштабах головного мозга такое воздействие приводит к локальному увеличению активности той зоны, над которой он расположен. Электроды удерживаются на месте головным убором – обычно это эластичный ремень. Кабель соединяет каждый электрод со стимулятором.



**Рис. 1. Внешний вид устройства**

С практической точки зрения оборудование является многообразным, относительно недорогим и легко заменяется при износе или повреждении. Это способствует его терапевтическому потенциалу в клинических науках – исследователям или пациентам легко использовать tDCS в домашних условиях, и в ближайшем будущем данный метод может быть использован одновременно с лекарственными средствами (или вместо них) для ускорения выздоровления и улучшения двигательных и когнитивных функций.

На сегодняшний день были проведены тысячи научных исследований tDCS со сходными параметрами, среди которых около 500 – 600 – на здоровых добровольцах. В результате получасовая стимуляция помогла повысить производительность в 2 раза лучше, чем кофеин, а длительность эффекта увеличилась в 3 раза. По субъективным ощущениям, люди, прошедшие tDCS, меньше чувствовали усталость и сонливость и были более энергичными.

Однако ряд экспериментов [1 – 5] показал, что технология tDCS является более широкомасштабной, чем предполагалось, и достаточ-

ный уровень знаний в этой области еще не был достигнут, ведь улучшение метода напрямую зависит от полноты изучения работы мозга. Несмотря на незаконченность исследований, не исключено, что данная технология будет внедряться в учебные программы и использоваться для лечения лекарственно-устойчивых заболеваний головного мозга.

### **Библиографический список**

1. **Карпенко, Ф. Е.** Современные методы в электроэнцефалографии / Ф. Е. Карпенко, Т. А. Фролова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2017. – С. 476–477.
2. **Nitsche, M. A.** Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation / M. A. Nitsche, W. Paulus // J. Physiol. – 2000. – Pt 3. – С. 633 – 639.
3. **Фролова, Т. А.** Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ**

***А. Н. Ряшенцева***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Гематологические анализаторы являются одними из самых востребованных видов клинико-диагностических оборудования [1 – 5]. На данный момент стандартный клинический анализ крови насчитывает более 20 показателей, которые в полном объеме отражают состояние организма. Общий анализ крови это первая необходимость при диагностике любого заболевания.

Перспективы развития гематологических анализаторов включают в себя несколько направлений: улучшение производительности и исключение человеческого фактора, разработка портативного оборудования, а так же поиск дополнительных возможностей анализаторов.

Увеличение производительности можно достичь с помощью штрих-кодирования образцов. На данный момент осуществляется маркировка образцов штрих-кодом, в который заложены данные пациента

(фамилия, имя, дата рождения). Возможность закодировать образцы не только данными, но и вложить в код список необходимых исследований, позволит сократить время проведения анализа, так как на стандартном анализаторе, выполняющим измерение по 23 показателям, будет возможно проведение измерений не всего списка исследований, а только необходимых врачу, например, измерение гемоглобина и уровня лейкоцитов. Исследования будут набираться не оператором, а автоматически считываться анализатором и выполняться без дополнительных манипуляций лаборанта, что исключит количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

Важным этапом в анализе крови является этап подготовки образца. Грамотная пробоподготовка является залогом качественного анализа крови. Зачастую, при неправильной процедуре взятия крови, происходит образование микросгустков в образце, что либо не позволяет провести анализ, либо искажает результаты исследования. Так как анализаторы могут быть не оснащены системой детекции сгустков, то разработка системы, которая позволит обнаружить наличие сгустка еще до проведения анализа, не нарушая параметры системы пробирки и не воздействуя на пробирку внешними факторами, сможет исключить ошибки при проведении клинического анализа крови.

Разработка портативного гематологического анализатора позволит ускорить диагностику и постановку диагноза в условиях экстренных ситуаций (скорая помощь, чрезвычайные ситуации и т.д.). Портативный гематологический анализатор может включать в себя измерение основных показателей, таких как эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, гематокрит, скорость оседания эритроцитов и т.д. Эти показатели наиболее необходимы при принятии решений в экстренных ситуациях, так как отражают основные показатели организма.

На данный момент предпринимаются попытки изучения образцов крови на малярию. Стандартным методом является микроскопия образца врачом-лаборантом. Но человеческий глаз не дает возможности оценить клетки с такой точностью, с которой возможно сделать это на анализаторе. Гематологический анализатор может дать возможность не только обнаружить патологические клетки в образце, но дать им количественное определение, что трудно сделать при стандартном ручном методе исследования.

Таким образом, современные гематологические анализаторы являются неотъемлемой частью клинико-диагностической лаборатории [1 – 5]. Перспективы развития анализаторов направлены на несколько областей, что обусловлено востребованностью и актуальностью данного вида биомедицинской техники.

## Библиографический список

1. **Фролова, М. С.** Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
2. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
3. **Фролова, М. С.** Автоматизация технологий IVD / М. С. Фролова, И. А. Толстухин, Т. А. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Международ. науч.-практ. конференции. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2, Т. II. – С. 275 – 280.
4. **Фролова, М. С.** Разработка информационной модели медицинского прибора на примере биохимического анализатора / М. С. Фролова, Т. А. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 124 – 132.
5. **Фролова, Т. А.** Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

## ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕОНАТОЛОГИИ

*К. С. Савинова, А. А. Трубиенко, С. В. Фролов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Телемедицина представляет собой использование электронных информационных и телекоммуникационных технологий для поддержки и продвижения междугородной клинической медицинской помощи, обучения пациентов и профессионального медицинского обслуживания, здравоохранения и управления здравоохранением.

Телемедицинские технологии используются во многих областях медицины, наиболее ярко выраженным трендом является их применение в неонатологии.

Система использует готовые аппаратные компоненты и стандартные соединения для передачи данных мобильной сети, чтобы обеспе-

чить надежную высококачественную интерактивную видеосвязь с движущихся транспортных средств.

Целью исследования является создание инновационной клинической сети телеприсутствия в режиме реального времени, которая обеспечивает интерактивное сотрудничество между: врачами первичной медицинской помощи, работающими в общественных больницах, специалистами по неонатологии в центрах перинатальной помощи и транспортными бригадами интенсивной терапии на движущихся транспортных средствах. Эти участники смогут работать совместно во время оценки, стабилизации и передачи критически больных новорожденных.

На рисунке 1 представлена амбулаторная система неонатальной телемедицины.



**Рис. 1. Амбулаторная система неонатальной телемедицины**

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) состоит из готовых и доступных по цене компонентов: персональный компьютер, сотовые модули передачи данных и веб-камеры. Телеконсультация может проходить в любом месте, там, где есть непрерывное подключение к интернету, будь то сотовая связь, Wi-Fi или Ethernet. ПАК может непрерывно передавать видео телевизионного качества с движущегося транспортного средства. Такое сочетание доступности, доступности компонентов и большой потенциальной области развертывания обеспечивает значительно расширить доступ к специалистам высшего звена.

Используя телемедицину, неонатолог может помочь местной команде в критических этапах реанимации новорожденных, включая эффективную вентиляцию, эндотрахеальную интубацию и другие жизненно важные процедуры, такие как размещение пуповины и торакоцентез.

После телеконсультации около трети пациентов могут оставаться в своей местной больнице. Поскольку неонатолог может использовать телемедицину для визуализации ребенка и оказания эффективной дистанционной помощи, это может предотвратить ненужную передачу пациентов в отделение интенсивной терапии. Эта ценная модель практики, основанная на телемедицине, позволяет детям оставаться с родителями в местной больнице, улучшая опыт пациента и семьи.

### **Библиографический список**

1. **Фролов, С. В.** Тенденции развития телемедицинских технологий в Российской Федерации / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2005. – № 2.
2. **Фролов, С. В.** Современные направления телемедицинских технологий / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Врач и информационные технологии. – 2006. – № 1.
3. **Фролов, С. В.** Автоматизированная информационная система телемедицинского консультирования / С. В. Фролов, М. А. Лядов // Врач и информационные технологии. – 2010. – № 3.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕНЦИАЛОВ ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

*Д. Е. Судаков, К. Н. Коновалова*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Электроэнцефалография (ЭЭГ) представляет собой метод исследования электрической активности нервных клеток головного мозга. Поскольку ЭЭГ представляет собой равнодействующую биопотенциалов многих миллиардов нервных клеток, образующих нервную систему, то оценка является довольно сложной задачей. Чем больше отведений, с помощью которых получают ЭЭГ, тем полнее может быть оценка при сопоставлении многих кривых.

Так как сигнал ЭЭГ – нестационарный и частотные характеристики сильно меняются от времени (разные положения глаз через разные промежутки времени).

Чтобы преобразовать сигнал ЭЭГ воспользуемся дискретным аналогом вейвлет-функции Мейера.

В результате вейвлет-преобразования получается большое число малых коэффициентов и небольшое число больших. Дискретное вейвлет-преобразование сигнала вычисляется путем пропускания его через два фильтра (высоких и низких частот) в каждой итерации.

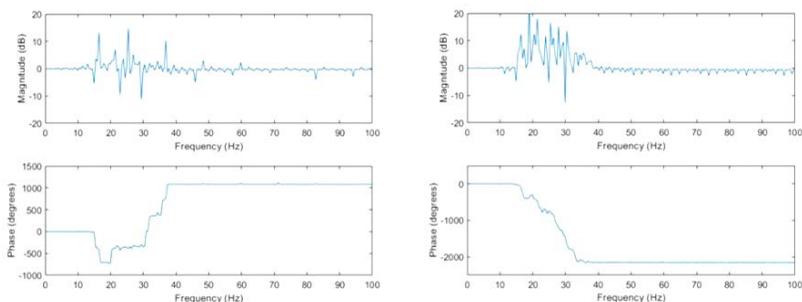
Так как фильтры пропускают только половину всех частотных компонентов сигнала, то не попавшие в полосу прозрачности составляющие могут быть удалены. Выполняется децимация  $\downarrow 2$ , т.е. прореживание в два раза.

Зная изменения частоты при вейвлет-преобразовании получим динамические характеристики, амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) –  $A(\omega)$  и фазо-частотную характеристику (ФЧХ) –  $j(\omega)$ .

Таким образом, для определенной частоты имеем вектор на комплексной плоскости, который характеризуется модулем  $A$  и аргументом  $j$ .

Реализуем это в среде matlab посредством функции `freqz` (рис.1).

Построим АЧХ и ФЧХ для участка сигнала, соответствующего движению глазного яблока вверх и вниз соответственно.



**Рис. 1. АЧХ и ФЧХ при движении глаз вверх и вниз**

Сравнивая полученные частотные характеристики видим инверсию ФЧХ при движении глазных яблок в прямо противоположные направления.

### **Библиографический список**

1. **Дубровин, В. В.** Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей / В. В. Дубровин, И. С. Рязанов, О. О. Голубятников // Математические методы в технике и технологиях. – Т. 27, № 3. – 2014. – С. 131–132.

2. **Судаков, Д. Е.** Модель электронного глаза человека с использованием искусственной нейронной сети / Д. Е. Судаков, В. В. Дубро-

вин // Энергосбережение и эффективность в технических системах. – 2016. – С. 521–522.

3. **Дубровин, В. В.** Аппаратно-программные средства повышения точности медицинских приборов на основе нейронных сетей / В. В. Дубровин, И. С. Рязанов, О. О. Голубятников // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27. – 2014. – № 3(62). – С. 131–132.

4. **Леньшин, С. Г.** Интеллектуальная система распознавания эмоционального состояния на электроэнцефалографе / С. Г. Леньшин // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2017 : материалы Всерос. открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей. – 2017. – С. 211 – 213.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНИ НОВОРОЖДЕННЫХ**

*А. Д. Тесленко, К. М. Баух*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Инкубаторы для новорожденных – это медицинское оборудование, предназначенное для выхаживания и проведения эффективного лечения недоношенных и ослабленных детей в родильных домах, в отделениях неотложной и лечебной педиатрии.

Современные инкубаторы для недоношенных детей используются для поддержания жизнедеятельности новорожденных с родовыми травмами, с врожденными дефектами развития и детей с патологиями, приобретенными в начальном послеродовом периоде.

На данный момент существует несколько видов инкубаторов: стационарные, транспортные, классические, многофункциональные.

Самыми популярными марками инкубаторов являются: в России – DIXION и АО «ПО «УОМЗ», в Германии – Dräger, в США – Ge Healthcare, в Япония – АТОМmedical.

На сегодняшний день без современного медицинского оборудования [1, 2] невозможно представить ни один современный роддом.

Рассмотрены четыре аналогичных аппарата: инкубатор Isolette 8000, инкубатор BabyGuard I-1107, инкубатор «ИДН-03», Atom Dual Incu i Инкубатор для новорожденных, инкубатор GIRAFFE INCUBATOR.

В ходе работы был проведен анализ сравнения [1, 2], полученные данные записаны в табл. 1.

## 1. Сравнительная таблица технических характеристик

	Инкубатор Isolette 8000	Инкубатор Baby Guard I-1107	Инкубатор «ИДН-03»	Инкубатор Atom Dual Incui	Инкубатор GIRAFFE INCUBATOR
Компания	Dräger (Германия)	DIXION (Россия)	АО «ПО «УОМЗ» (Россия)	АТО Mmedical (Япония)	GeHealthcare (США)
Тип	Стационарный	Стационарный	Стационарный	Стационарный	Стационарный
Температура воздуха, °С	20...37	25...39	30...39	23...37	20...39
Температура тела, °С	34...37	34...38	34...39	34,0...37,5	35,0...37,5
Уровень шума (дБ)	45	50	45	45	50
Габариты, мм	1537× ×1040×762	1090×640× ×800 см	1650×750× ×1100 мм	1400× ×680 ×1190	1140×660× ×1600
Вес, кг	98	128	112	132	138
Время прогрева, мин	45	30	15...20	60	50
Дисплей	Да	Да	Да	Да	Да
Сигналы тревоги	Да	Да	Да	Да	Да
Ящики для принадлежностей	Да	Да	Нет	Да	Да
Встроенные весы	Да	Да	Да	Да	Да
Угол наклона модуля, °	15	12	12	13	12
Питание	220/110 В, 50/60 Гц	220/110 В, 50/60 Гц	220 В, 50/60 Гц	220...240 В, 50/60 Гц	220/110 В, 50/60 Гц

	Инкубатор Isolette 8000	Инкубатор Baby Guard I-1107	Инкубатор «ИДН-03»	Инкубатор Atom Dual Incui	Инкубатор GIRAFFE INCUBATOR
Концентрация кислорода, %	21...98	21...100	21...75	22...65	21...65
Концентрация влажности, %	20...92	20...90	20...95	40...95	5...95
Время работы от батареи, мин	60	120	72	90	45
Цена, р.	1 480 000	740 000	1 200 000	1 500 000	1 360 000

Сейчас ни один перинатальный центр не обходится без инкубаторов для новорожденных. В наши дни врачи умеют выхаживать недоношенных младенцев, рожденных в 22 недели беременности. Современные модели позволяют проводить процедуры фототерапии, рентгенографии, искусственной вентиляции легких. Все это в сочетании с непрерывным мониторингом температуры тела, пульса, давления, системой автоматического поддержания оптимального микроклимата в камере способствует безопасности и высокой эффективности терапии недоношенных или заболевших младенцев.

### Библиографический список

1. **Фролов, С. В.** Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
2. **Фролова, М. С.** Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ БИМЕДИЦИНСКИХ ФАНТОМОВ МЕТОДОМ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

*Т. М. Тымчук, Н. В. Венцера*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

В последнее время были разработаны различные фантомы оптической ткани, позволяющие имитировать геометрическую структуру и оптические свойства биологических тканей. Такие фантомы можно использовать в терапевтических и диагностических целях в медицинской визуализации [1, 2]. Основной проблемой создания фантомов, имитирующих кожу, являются малые размеры ткани. Методом, позволяющим создавать тонкие слои кожи, может являться метод центрифугирования.

Ткань кожи человека разделена на три слоя: эпидермис, дерма и подкожный слой. Каждый из них имеет разные оптические свойства и толщину. Ранее были изучены различные методы создания фантомов оптической ткани [4 – 6], но еще не был достигнут необходимый результат из-за сложных оптических свойств кожи и неоднородности структуры. Кожа является неоднородной оптической рассеивающей средой (рис. 1) с поглощением со средним показателем преломления больше, чем у воздуха.



**Рис. 1.** Схема взаимодействия оптического излучения с кожным покровом

На границе кожа–воздух часть потока оптического излучения отражается (френелевское отражение), а оставшаяся часть проникает в биоткань. За счет многократного рассеяния и поглощения лазерный

пучок уширяется и затухает при распространении в ткани. Объемное рассеяние является причиной распространения значительной доли излучения в обратном направлении (обратное рассеяние). Поглощенный свет преобразуется в тепло, переизлучается в виде флуоресценции или фосфоресценции, а также тратится на фотобиохимические реакции [3]. Оптические свойства биологической ткани определяются структурой ткани и ее состоянием: физиологическим состоянием, уровнем гидратации, гомогенностью, видовой вариантностью. Поэтому добиться идеальных характеристик в малых масштабах довольно сложно, метод центрифугирования позволяет достичь лучших характеристик. Метод центрифугирования используется для получения тонких пленок на плоских подложках. Для нанесения покрытия методом центрифугирования можно использовать различные материалы: эпоксидные, силиконовые. В зависимости от материала, можно подобрать параметры: ускорение, продолжительность покрытия для необходимого результата.

Центрифуга позволяет создавать тонкослойные оптические фантомы в короткие сроки, при этом имеется возможность контролировать толщину слоя в зависимости от скорости вращения. Используя метод центрифугирования, можно создавать также многослойные фантомы с необходимыми оптическими свойствами.

### Библиографический список

1. **Pogue B. W. and Patterson M. S.** Review of tissue simulating phantoms for optical spectroscopy, imaging and dosimetry // *J. Biomed. Opt.* 11(4), 041102 (2006).
2. **Wang D., Chen Y. and Liu J. T. C.** A liquid optical phantom with tissue-like heterogeneities for confocal microscopy // *Biomed. Opt. Express* 3(12), 3153 – 3160 (2012).
3. **Тучин, В. В.** Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике / В. В. Тучин ; пер. с англ. под ред. В. В. Тучина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. – С. 812.
4. **Saager, R. B. et al.** Multilayer silicone phantoms for the evaluation of quantitative optical techniques in skin imaging // *Proc. SPIE* 7567, 756706 (2010).
5. **Schmitt J. M., Zhou G. X. and Walker E. C.** Multilayer model of photon diffusion in skin // *J. Opt. Soc. Am. A* 7(11), 2141 – 2153 (1990).
6. **Urso P. et al.** Skin and cutaneous melanocytic lesion simulation in biomedical optics with multilayered phantoms // *Phys. Med. Biol.* 52(10), N 229 – N 239 (2007).

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

*В. О. Черешнев, И. В. Кулешов*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Одна из наиболее сложных проблем современной неврологии – анализ физиологического и патологического состояния. Решение данной проблемы кроется в области функциональной диагностики и ведет к необходимости создания устройства для регистрации двигательной активности, имеющего небольшие габариты и вес, не создающего неудобства, имеющего простую и недорогую конструкцию [1].

Научная новизна исследования состоит в применении прибора, выполненного в виде браслета, с акселерометрическим и гироскопическим датчиками для регистрации тремора, приступов эпилепсии, гипокинезии и гиперкинезии.

Первоочередной задачей проектирования экспериментального образца стояла выбор центрального микроконтроллера. Проанализировав все возможные варианты, было принято решение использовать 8-битный RISC-микроконтроллер Atmega 328p фирмы Atmel для встраиваемых приложений. Они достаточно дешевые, обладают неплохим быстродействием и малым энергопотреблением. Также важно отметить, что выбранный микроконтроллер имеет наименьшие размеры из представленных серий фирмы Atmel [2, 3]

Следующим этапом проектирования был выбор датчиков, удовлетворяющих необходимым требованиям. В качестве датчиков двигательной активности человека использовался модуль GY-521, на котором установлена микросхема MPU6050, компактно объединяющая в одном корпусе акселерометр, гироскоп. Первый – используется для измерения линейных ускорений, а второй – угловых скоростей [4]. Совместное использование акселерометра и гироскопа позволяет определить изменение движения конечности в трехмерном пространстве.

Так как встроенной памяти микроконтроллера Arduino размером 4 КБ недостаточно для записи больших объемов регистрируемых данных, для записи показаний с датчиков использовался модуль SD-карты фирмы Catalex модели MicroSD v.1.0, поддерживающий объемы записи до 4 Гб на карты памяти, отформатированный под формат FAT16.

Для автономной работы устройства использовался Li-on аккумулятор емкостью 1500 мА/час, напряжение с которого составляет от

2,8...4,2 В. Питание микроконтроллера осуществлялось посредством DC-DC преобразователя который повышает напряжение с аккумулятора до необходимых для корректной работы устройства 5V.

Для функционирования устройства была разработана программа на языке программирования C++, после чего скомпилирована при помощи GNU Compiler и загружена в память микроконтроллера.

Таким образом, был разработан экспериментальный образец устройства для регистрации двигательной активности человека, выполненный в виде браслета, содержащий акселерометрический и гироскопический датчики, модуль SD-карты, центральный микроконтроллер и элемент питания, тактико-технические характеристики которого достаточны для адекватной регистрации двигательной активности человека.

*Исследование выполнено за счет средств гранта фонда содействию развития малых форм предприятий в научно-технической сфере (Договор № 319 ГУЦЭС8-D3/56353 от 27.12.2019).*

### Библиографический список

1. **Фролов, С. В.** Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. **Прогнозирование** квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.
3. **Synthesis** of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its ynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
4. **Synthesis** of Channel Tracking for Random Process Parameters under Discontinuous Variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕННЫХ И МАЛОКРАТНО РАССЕЯННЫХ ФОТОНОВ ПРИ ПОМОЩИ ПОСТРОЕНИЯ ВАРИАЦИОННОЙ МАТРИЦЫ ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин*

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – это активно развивающийся метод биомедицинской визуализации, внедряемый в клиническую практику. Основываясь на особенностях низкокогерентной интерферометрии, оптическая когерентная томография используется в офтальмологии, где рассеивание фотонов относительно низкое, а, следовательно, интерпретация изображений сравнительно проста. В большинстве других тканей интерпретация ОКТ изображений затруднена в связи с вкладом рассеяния зондирующего излучения. Размытие структурных особенностей биоткани на ОКТ изображениях, а также сильное рассеивание света приводит к перекрытию интерференционных картин, создаваемых зондирующими фотонами. Данное явление проявляется пестрой структурой ОКТ изображения, что усложняет интерпретацию полученных данных [1].

Увеличение глубины залегания структур зондируемого образца затрудняет получение достоверного структурного ОКТ изображения как следствие появления спекл-шумов, многократного рассеивания оптического излучения, а также особенностей сканирования в плече интерферометра. Для усовершенствования технических особенностей методов, лежащих в основе взаимодействия излучения с биотканями и лучшего представления структур, необходимо увеличение глубины когерентного зондирования (ГКЗ) [2, 3].

Для решения представленной задачи необходимо определение средних свойств рассеивателей исследуемого биологического объекта, используя локальные вариации интенсивностей пикселей ОКТ изображения посредством расчета дисперсии соответствующих А-сканов.

Дисперсия была рассчитана по стандартной формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1},$$

изначально  $n$  было взято равное 5 А-сканам.

Матрицы дисперсий, полученные в ходе обработки изображений, представляют собой отраженные и многократно рассеянные фотоны в процессе построения структурного изображения в оптической когерентной томографии. Под многократным рассеянием в данном контексте подразумевается рассеяние назад, которому предшествовало отно-

сительно небольшое количество событий рассеяния. В отличие от отраженных фотонов, которые несут максимум информации о строении исследуемого биообъекта, малократно рассеянные фотоны с увеличением числа событий взаимодействия с тканью предшествовавших детектированию несут все меньше полезного сигнала. Такой подход объясняет падение пространственного разрешения на ОКТ-изображениях с глубиной и создает предпосылки для разработки эффективных методов идентификации потоков биологических жидкостей в толще исследуемой ткани. Сложная пространственная структура потока, в сочетании с ее флуктуациями во времени, теоретически должны приводить к изменениям в траекториях фотонов из области внутрисосудистого пространства, в частности, к увеличению кратности рассеяния, что можно наблюдать при помощи построения матрицы дисперсий.

### **Библиографический список**

1. **Построение** ОКТ изображений биологических тканей на основе анализа интенсивности пикселей / В. О. Черешнев, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, С. Г. Проскурин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 3(31). – С. 104 – 112.
2. **Черешнев, В. О.** Исследование отраженных и малократно рассеянных фотонов посредством построения матрицы дисперсий ОКТ изображений / В. О. Черешнев, С. Н. Абдулкарим, С. Г. Проскурин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 12-1. – С. 118 – 122.
3. **Дифференциация** структур кожи, кровеносных сосудов и крови посредством построения вариационной матрицы ОКТ изображения / В. О. Черешнев, И. М. Романенко, И. В. Кулешов, С. Г. Проскурин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 10-2. – С. 319 – 323;

## **НЕИНВАЗИВНАЯ ИСКУССТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ КАК ПЕРСПЕКТИВА В РАЗВИТИИ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

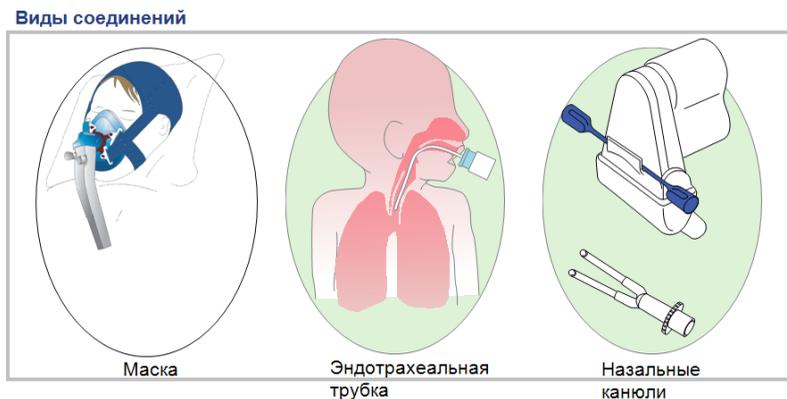
***Я. И. Шнякина***

*Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Неинвазивная искусственная вентиляция легких (НИВЛ) является вариантом респираторной поддержки без эндотрахеального доступа (через носовые или лицевые маски, шлемы), с использованием всех

известных вспомогательных режимов вентиляции. За последнее время НИВЛ стала использоваться в лечении многих заболеваний благодаря созданию современных аппаратов.

На рисунке 1 показано как производится искусственная вентиляция.



**Рис. 1**

Неинвазивная вентиляция легких по сравнению с инвазивной ИВЛ обладает значительными преимуществами:

1. Снижение количества внутрибольничных инфекций вследствие отсутствия необходимости использования эндотрахеальной трубки.
2. Сокращение фазы отлучения пациента и, как следствие, снижение срока пребывания его в больнице.
3. Возможность проведения вентиляции в специальных палатах вне отделения интенсивной терапии, что приводит к уменьшению расходов.
4. Возможность проведения вентиляции в домашних условиях.
5. Допустимость общения с врачами и посетителями.
6. Сохранение физиологических функций пациента (кашель, глотание, самостоятельный прием пищи).
7. Возможность прерывания респираторной поддержки без рисков и трудностей.
8. Снижение случаев повторной госпитализации и смертности.

Ярким представителем аппаратов НИВЛ является Dräger Carina (рис. 2). Компания Dräger разработала инновационный тип высокоэффективного вентилятора для НИВЛ, который удобен как для пациента, так и для лица, осуществляющего уход. Это компактный мобильный аппарат, позволяющий оптимизировать рабочий процесс и использо-

вание рабочего времени, способный распознавать изменения в параметрах потока, обеспечивая необходимый уровень поддержки, предоставляя при этом пациенту возможность дышать самостоятельно.



**Рис. 2**

Исследование преимуществ позволяет сделать вывод о том, что НИВЛ является эффективной и приносит положительные результаты, следовательно, имеет перспективы для дальнейшего развития [1, 2].

### **Библиографический список**

1. **Семенов, Д. Д.** Основные тенденции обработки информации в приборах для измерения параметров дыхательной системы / Д. Д. Семенов, Т. А. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2, Т. II. – С. 272 – 275.
2. **Современные** тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
3. **Фролов, С. В.** Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1

#### РАДИОСВЯЗЬ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

<i>В. А. Безрядин, П. А. Федюнин</i> Кафедра радионавигации и связи военно-воздушной академии в годы Великой Отечественной войны .....	3
<i>В. В. Гришин</i> Перспективные научно-методические подходы к обоснованию возможных способов радиоэлектронного воздействия и радиорadiотехнического контроля систем управления войсками и оружием .....	5
<i>В. В. Гришин, Ю. Т. Зырянов</i> Совершенствование авиационной связи в годы Великой Отечественной войны .....	7
<i>Д. О. Жалнин</i> Радиосвязь в годы Великой Отечественной войны .....	9
<i>А. Г. Ивануткин, А. С. Асанов</i> История развития радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации .....	11
<i>А. П. Казюлин, И. Д. Рябов</i> История радио во время Великой Отечественной войны .....	13
<i>Г. Е. Курбатов, Т. Ю. Дорохова</i> Радиосвязь в период Великой Отечественной войны .....	15
<i>Н. В. Лазарев, Т. Ю. Дорохова</i> Роль радио в Великой Отечественной войне .....	17
<i>А. А. Мжельский</i> Радиоэлектронная борьба в годы Великой Отечественной войны .....	19
<i>А. В. Михина</i> Организация военно-полевой рентгенодиагностики в период Великой Отечественной войны .....	20
<i>Р. А. Сарычев, А. Р. Хребтов</i> Радиостанции радиоэлектронной борьбы в годы Великой Отечественной войны .....	22
<i>Д. А. Свириева, Т. А. Фролова</i> Искусственная вентиляция легких. Вчера. Сегодня. Завтра .....	25
<i>А. А. Тришаков, В. В. Помещиков, Д. В. Заварзин</i> Спецсвязь России. История и современность .....	27
<i>А. А. Тришаков, В. В. Помещиков, Д. В. Заварзин</i> Технологии защиты связи в годы войны .....	30
<i>С. В. Фролов</i> Развитие медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения г. Тамбова во время Великой Отечественной войны .....	32
<i>Я. И. Шнякина, Т. А. Фролова</i> Система переливания крови в годы Великой Отечественной войны .....	34

## Секция 2

### ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

<i>М. В. Алексеев, В. С. Аистов</i> Определение координат ДПЛА с использованием фильтра Калмана .....	37
<i>В. И. Амелина, А. Д. Худякова, С. Н. Данилов</i> Модель для исследования характеристик квадратурных методов ФМн .....	39
<i>Е. А. Антонов, К. Д. Раев, С. Н. Данилов</i> Модель усилителя мощности передатчика с обратной связью .....	42
<i>М. В. Бесперстов, Н. А. Кольтюков</i> Синтез энергосберегающего управления .....	45
<i>А. П. Бешапошникова, К. А. Клочков, А. В. Печаткин</i> Малый учебный лабораторный имитатор протяженного черного тела .....	47
<i>А. В. Бочаров, Д. А. Стежкин, А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева</i> Портативный GPS трекер в форме браслета .....	49
<i>В. В. Виноградов, М. П. Скворцов, А. В. Печаткин</i> Формирование полной аналитической матрицы возможностей реализации узкополосных согласующих цепей .....	51
<i>С. С. Граськин, С. П. Хрипунов, С. С. Хрипунов</i> Системы поддержки принятия решений операторами группового управления робототехническими комплексами .....	53
<i>И. М. Романенко, С. Н. Данилов</i> Аппаратный генератор случайных последовательностей с источником энтропии .....	55
<i>А. М. Карпель, А. В. Рябов</i> Перспективы развития сетей декаметрового радиосвязи .....	58
<i>Ж. Е. Кенжахметов, И. А. Рахметов, А. В. Печаткин</i> Аналитическое непрерывное управление допусками электронных компонентов радиоэлектронного изделия на стадиях жизненного цикла проектирования и производства .....	60
<i>С. Н. Комаров, И. А. Кочатков, А. В. Печаткин</i> Изменение формата учебных измерительных лабораторий и технического библиотечного кластера .....	62
<i>В. В. Кондусов, В. А. Кондусов</i> Автоматизированная установка термоэлектрической тренировки полупроводниковых приборов .....	64
<i>А. А. Косогорцев, А. П. Пудовкин</i> Метод измерения толщины биметаллической основы металлофторопластового ленточного материала .....	66
<i>В. В. Овсянников, А. С. Лазеев</i> Анализ точностных характеристик коэффициента опасности от изменения положения объекта .....	67
<i>А. Р. Лобанов, С. В. Шапошникова, В. Ю. Шафоростова, В. А. Кондусов</i> Синтез синхронного счетчика с произвольным порядком счета .....	69

<i>В. В. Маслина</i> Система угловой коррекции антенны спутниковой системы связи .....	72
<i>А. А. Мжельский, Ю. Н. Панасюк</i> Преимущества и перспективы развития миллиметрового диапазона волн .....	73
<i>И. С. Мишустин, А. И. Сукачев, Е. А. Сукачева</i> Беспроводное устройство идентификации и хранения данных .....	76
<i>С. П. Москвитин, М. С. Демидов</i> Аппаратно-программный комплекс удаленного мониторинга электросетей с использованием беспроводной сети передачи данных .....	79
<i>А. М. Новожилов, В. А. Кондусов</i> Устройство контроля температуры в помещениях .....	81
<i>А. А. Першин, Е. В. Головченко</i> Фактор низкой ситуационной осведомленности и его влияние на процесс обеспечения безопасности полетов .....	83
<i>А. С. Писарчук, Д. А. Сыщикова</i> Система контроля автомобильного движения в районе пешеходного перехода .....	85
<i>Ю. П. Попова, Д. П. Увакин, Р. В. Тихомиров</i> Зоны «теней» одночастотной сети DVB-T2 .....	87
<i>Ю. А. Рыкунов, И. А. Иванов</i> Исследование и разработка перспективной метеонавигационной радиолокационной станции для магистрального пассажирского самолета .....	89
<i>М. В. Самсонов, Е. А. Богословский</i> Проблемные вопросы при выборе целевой нагрузки беспилотного летательного аппарата для решения задач в интересах системы связи и радиотехнического обеспечения .....	91
<i>Р. А. Сарычев, А. Р. Хребтов, Ю. Н. Панасюк</i> Повышение точности измерителя угловых координат АС УВД .....	93
<i>М. П. Свиридов, О. В. Рябинин, В. А. Кондусов</i> Модуль для систем удаленного управления электроснабжением .....	95
<i>И. А. Соловьева, Д. С. Соловьев</i> Реализация многоанодной системы для управления равномерностью гальванического покрытия .....	97
<i>Е. П. Сорока, М. А. Стафеев</i> Проблемные вопросы организации воздушной радиосвязи в морской авиации .....	99
<i>Д. А. Сторожев</i> Перспективы развития посадочной радиолокационной станции .....	100
<i>С. А. Титова, Д. А. Яковлева, А. П. Рыжков</i> Сравнительный анализ алгоритмов обработки сигналов в РСА .....	102
<i>Р. В. Тихомиров, Ю. П. Попова, Д. П. Увакин</i> Расположение приемопередающих устройств, радиорелейных линий и их просвет .....	104
<i>Д. П. Увакин, Ю. П. Попова, Р. В. Тихомиров</i> Измерение параметров сотового мониторинга в кампусе ДВФУ .....	107

<i>А. Р. Хребтов, Р. А. Сарычев, С. Н. Данилов</i> Влияние многолучевого пространства на систему контроля за движением автомобилей .....	108
<i>А. Р. Хребтов, Р. А. Сарычев, С. Н. Данилов</i> Сравнение способов фильтрации цифрового сигнала в системе контроля за движением автомобилей .....	111

### Секция 3

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ

<i>Т. В. Аксенова, С. Н. Калашиников</i> Распознавание помеховой обстановки радиосистем передачи информации .....	114
<i>Т. В. Аксенова, С. Н. Калашиников</i> Адаптивная радиосвязь системы управления беспилотным летательным аппаратом .....	116
<i>С. В. Бабкин, М. М. Кирюпин</i> Синтез фрактальных антенных решеток для систем широкополосного доступа в программной среде Matlab .....	117
<i>К. С. Баев, А. Д. Афанасьев, В. А. Дьяченко</i> Повышение пропускной способности системы связи формирования противовоздушной обороны .....	121
<i>К. С. Баев, А. Д. Афанасьев, Е. В. Головченко</i> Подход к оценке эффективности функционирования инфокоммуникационной сети .....	123
<i>М. В. Бужин</i> Использование аппарата логики предикатов в вопросе моделирования системы управления полетами .....	124
<i>В. В. Бурдюг, Т. В. Подвойская</i> Аппаратно-программные средства системы управления квадрокоптером .....	126
<i>В. В. Бурдюг, Т. В. Подвойская</i> Проектирование комплексной системы управления квадрокоптером .....	128
<i>А. В. Васильев, У. М. Сидиков, В. А. Васильев</i> Геоинформационное прогнозирование в задачах обнаружения и поражения мобильных целей .....	131
<i>Д. С. Гурин, Д. А. Сидорова, Т. Дзадагу, Н. Г. Чернышов</i> Создание и настройка нейросети в системе администрирования транспортной логистики .....	132
<i>М. А. Данилин, Е. Ыдырысулы</i> Особенности организации воздушной радиосвязи в формированиях армейской авиации республики Казахстан ...	134
<i>Н. Г. Чернышов, Т. Дзадагу</i> Система электронной безопасности для обнаружения утечек сжиженного нефтяного газа .....	136
<i>А. Ю. Дмитриевцев, К. В. Скоморохов, О. Г. О. М. Макрам</i> Способы изменения направления излучения в адаптивных антенных системах .....	138
<i>У. А. Дурнева</i> Исследование аудиостегосистемы, построенной на основе реверберации .....	140
<i>А. И. Дякин, М. А. А. Зайн</i> Электромагнитное моделирование однолучевого крупноапертурного излучателя .....	142
<i>А. И. Дякин, М. А. А. Зайн</i> Синтез диэлектрической замедляющей линзы ...	145

<i>А. И. Казьмин, П. А. Федюнин, Д. А. Рябов</i> Оценка точности восстановления структуры электрофизических параметров многослойных диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн .....	148
<i>А. И. Казьмин, П. А. Федюнин, В. А. Манин</i> Оценка точности измерения электрофизических параметров диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн .....	151
<i>Е. П. Кайдаш, И. С. Назмутдинов</i> Факторы, оказывающие влияние на формирование информационного обмена в военных конфликтах современности .....	154
<i>С. Н. Калашиников, Т. В. Аксенова</i> Проблемы и перспективы радиосистем передачи информации, подверженных воздействиям имитационных помех .....	156
<i>С. Н. Калашиников</i> Адаптивная радиосвязь системы управления беспилотным летательным аппаратом .....	158
<i>М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, С. В. Бабкин</i> Аналитическая проверка функционирования системы множественного доступа с адаптивным опросом очередей в высокоскоростных сетях беспроводного широкополосного доступа .....	159
<i>М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, С. В. Бабкин</i> Моделирование работы системы множественного доступа с конечным числом очередей в программной среде Matlab .....	161
<i>А. Д. Киселев, М. А. Кудряшов</i> Проектирование антенной решетки для систем высокоскоростного беспроводного широкополосного доступа мм-диапазона .....	164
<i>А. М. Кувшинчиков, И. А. Иванов</i> Система управления автоматического поддержания микроклимата в тепличном комплексе .....	167
<i>М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов</i> Применение феноменологической модели для анализа и синтеза электродинамических характеристик замедляющих структур в виде многопроводного излучателя с ограниченным количеством стоящих волн .....	169
<i>Д. С. Куренков, З. М. Селиванова</i> Интеллектуальная метеостанция на основе информационно-измерительной системы .....	171
<i>М. А. Майоров, К. В. Скоморохов</i> Поляризационные искажения и рассогласования, возникающие при совмещении антенных решеток .....	173
<i>А. Ю. Наумова</i> Объекты энергосберегающего управления .....	175
<i>А. Ю. Наумова</i> Нейросетевая модель для прогнозирования и оценки надежности программного обеспечения .....	177
<i>Д. К. Нгуен, В. Ф. Нгуен, Т. Ю. Дорохова</i> Разработка математической модели для классификации эмоционального состояния человека .....	179
<i>Д. К. Нгуен, В. Ф. Нгуен, З. Х. Чан, Т. Ю. Дорохова</i> Моделирование работы пушки Гаусса в программном пакете Matlab Simulink .....	183

<i>В. В. Попов</i> Информационно-измерительные и управляющие системы в промышленности и связи .....	186
<i>А. В. Пронин, Д. А. Сидорова, Т. Дзадагу, Н. Г. Чернышов</i> Особенности мониторинга электропитания оборудования Ethernet на базе сети построенной по технологии LoRaWAN .....	188
<i>Д. А. Сидорова, Т. Дзадагу, Н. Г. Чернышов</i> SCADA-системы в энергоемких электроустановках .....	190
<i>И. С. Скварник</i> Инфраструктура связи системы управления движением судов в рамках стратегии Е-навигации .....	192
<i>К. В. Скоморохов, А. Ю. Дмитриевцев, М. М. Д. Аливаиви</i> Синтез пазовой антенны в субмиллиметровом диапазоне .....	194
<i>А. О. Смирнов, И. Н. Кочетов, Т. Ю. Дорохова</i> Особенности идентификации данных USB-устройств .....	196
<i>О. И. Совкова</i> Применение технологии беспроводного широкополосного доступа для построения сетей связи и передачи данных в системе управления движением судов .....	198
<i>И. В. Тюрин, Р. А. Токарев</i> Применение контроллеров WinCon в системах управления промышленными объектами .....	200
<i>И. В. Тюрин, Р. А. Токарев</i> Прототип интеллектуальной информационно-управляющей системы энергосберегающего управления сложными промышленными объектами .....	201
<i>В. П. Хриунов, Ю. Т. Зырянов</i> Проблемы моделирования аудиоинформационной среды в радиотехнических системах связи космических тренажеров .....	203
<i>В. П. Хриунов, Ю. Т. Зырянов</i> Принципы построения комплекса систем связи на тренажерах Российского сегмента МКС .....	206
<i>И. Д. Чадюк, М. С. Жмакин</i> Оценка качества сети с использованием программы Netmonitog .....	209
<i>И. Д. Чадюк, М. С. Жмакин</i> Измерение уровня принимаемого сигнала в сети сотовой связи .....	210
<i>Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков, М. А. Каменская, П. А. Карелин</i> Оценка метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя в структуре информационно-измерительной системы .....	212

#### Секция 4

#### ПРОБЛЕМЫ БИОТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

<i>А. Р. Аветисян</i> Перспективы применения ультразвуковой томографии .....	215
<i>Н. В. Венцорова, Т. М. Тымчук</i> Цифровая обработка рентгеновских снимков для повышения качества изображений .....	217

<i>Ю. А. Гладышева, А. В. Михина</i> Аппарат ударно-волновой терапии как новый метод безоперационного лечения ишемической болезни сердца .....	219
<i>Ю. А. Гладышева</i> Разработка информационной модели для оптимального выбора электрокардиографа .....	221
<i>Д. Д. Гречуха</i> Инновационные аппараты для физиотерапии .....	223
<i>И. Ю. Ишков</i> Перспективы развития аппаратов искусственной вентиляции легких .....	225
<i>Н. К. Корабельников</i> Перспективы развития аппаратов электрохирургии высокой частоты .....	227
<i>А. А. Коробов, К. С. Савинова, С. В. Фролов</i> Математическая модель сердечно-сосудистой системы с контуром регуляции .....	230
<i>А. А. Коробов, К. С. Савинова, С. В. Фролов</i> Структура программно-аппаратного комплекса для диагностики системы кровообращения .....	231
<i>И. В. Кулешов, В. О. Черешнев</i> Разработка автоматической системы для поддержания климата в кабинете МРТ .....	233
<i>А. В. Медведева</i> Применение переменного электрического тока при проведении физиотерапевтических процедур .....	235
<i>А. В. Михина, Ю. А. Гладышева</i> Создание информационной модели аппарата искусственной вентиляции легких .....	236
<i>А. В. Михина, В. М. Строев</i> БТС с повышенной эффективностью введения косметических и лекарственных средств через кожу человека .....	238
<i>А. С. Мясоедова</i> Мониторинг рН-метра в медицинских лабораториях .....	241
<i>А. В. Непрокин</i> Контроль состояния элементов питания в носимом устройстве мониторинга ЭКГ .....	243
<i>Н. Ю. Никитина</i> Расширение диагностических возможностей при помощи амбулаторных регистраторов ЭЭГ .....	245
<i>Н. Ю. Никитина</i> Преимущества использования амбулаторных регистраторов ЭЭГ .....	247
<i>О. А. Павлова</i> Эффективность современных инноваций при оснащении кабинета уролога .....	249
<i>Е. Н. Родина</i> Аппараты искусственного кровообращения .....	251
<i>И. Э. Родионова</i> Транскраниальная стимуляция мозга .....	253
<i>А. Н. Ряшенцева</i> Перспективы развития гематологических анализаторов ...	255
<i>К. С. Савинова, А. А. Трубиенко, С. В. Фролов</i> Телемедицинские технологии в неонатологии .....	257
<i>Д. Е. Судаков, К. Н. Коновалова</i> Исследование частотных характеристик потенциалов зрительной коры головного мозга .....	259

<i>А. Д. Тесленко, К. М. Баух</i> Перспективы развития инкубаторов для поддержания жизни новорожденных .....	261
<i>Т. М. Тымчук, Н. В. Венцера</i> Изготовление биомедицинских фантомов методом центрифугирования .....	264
<i>В. О. Черешнев, И. В. Кулешов</i> Разработка устройства для регистрации двигательной активности человека .....	266
<i>В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин</i> Моделирование отраженных и мало-кратно рассеянных фотонов при помощи построения вариационной матрицы ОКТ изображений .....	268
<i>Я. И. Шнякина</i> Неинвазивная искусственная вентиляция легких как перспектива в развитии искусственной вентиляции легких .....	269

Научное электронное издание

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА.  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
РАЗВИТИЯ**

ПЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ  
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ  
И 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

*Тезисы докладов*

Редактирование Е. С. Мордасовой  
Инженер по компьютерному макетированию Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2162-5



Подписано к использованию 26.06.2020.  
Тираж 100 шт. Заказ № 61

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14  
Тел. 8(4752) 63-81-08.  
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru