

# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ



**ВОСЬМАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 65-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ ВУЗА,  
30-ЛЕТИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТ**

**Сборник трудов  
(Тамбов, 10 мая 2023 г.)**

**Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2023**

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**

**ВОСЬМАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 65-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ ВУЗА,  
30-ЛЕТИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТ**

**Сборник трудов  
(Тамбов, 10 мая 2023 г.)**

*Научное электронное издание*



---

Тамбов  
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
2023

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] : сборник трудов Восьмой всероссийской молодежной научной конференции / под ред. Д. Ю. Муромцева и др. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные 12,7 Мб ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2596-8 (VIII)

ISBN 978-5-8265-2491-6 (VII)

ISBN 978-5-8265-2360-5 (VI)

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 (общ.)

Представлены тезисы докладов и статьи участников Восьмой всероссийской 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.

Предназначен 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 978-5-8265-1556-3 (общ.)

ISBN 978-5-8265-2596-8 (VIII)

©Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2023

## ВСТУПЛЕНИЕ ОТ РЕДАКЦИИ

---

В 2023 году исполняется 65 лет со дня основания Тамбовского института химического машиностроения и 30 лет со дня преобразования его в университет. На протяжении всего периода существования университета подготовка квалифицированных кадров всегда являлась первоочередной задачей ВУЗа.

Более 40 лет в ВУЗе на базе института энергетики, приборостроения и радиоэлектроники ведется подготовка инженеров, а в настоящее время бакалавров и магистров по УГН «Электроника, радиотехника и системы связи».

Подготовка таких специалистов открыта в университете в связи с острой потребностью в инженерных кадрах по радиоэлектронике и радиосвязи в научно-исследовательских организациях и на предприятиях Тамбовской области. Первый выпуск инженеров по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» состоялся в 1987 году. Позднее в 2006 году количество специальностей в области радиоэлектроники пополнилось открытием обучения по специальности «Бытовая радиоэлектронная аппаратура», а в дальнейшем образовательный процесс по специальности «Радиотехника».

Одним из приоритетных научных направлений Тамбовского государственного технического университета является энергоресурсосбережение, приборостроение и радиоэлектроника. С целью создания необходимых условий для будущих специалистов по обмену информацией и получению новых знаний в области радиоэлектроники и радиосвязи, а также для организации новых контактов с молодыми исследователями России в указанных областях знаний в 2016 году была проведена Первая Всероссийская студенческая научная конференция «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития», посвященная Дню радио. Далее конференция стала проводиться ежегодно в преддверии празднования Дня радио и связи 7 мая. Одновременно в дни проведения конференции проводится конкурс-выставка опытно-конструкторских работ в области электроники среди студентов, обучающихся по техническим направлениям, а также среди учащихся школ и средне-профессионального образования «Лучшее радиоэлектронное устройство».

В число участников первой научной конференции входили студенты и их научные руководители из Тамбовского государственного технического университета, Военно-воздушной академии имени профессора Н. Е. Жуковского

и Ю. А. Гагарина, Воронежского государственного технического университета, Пензенского государственного университета и других ВУЗов России, являющихся партнерами ТГТУ в образовательной и научной деятельности. Количество участников первой конференции насчитывало более 120.

В 2017 году проведение Второй всероссийской молодежной научной конференции «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития» было поддержано региональным грантом РФФИ на проведение научных мероприятий. В рамках этой конференции приняли участие исследователи, чьи работы направлены на становление и развитие региональной отрасли по радиоэлектронике и связи.

Далее количество участников конференции ежегодно росло, география участников также расширялась.

В этом юбилейном для ВУЗа году, конференция приобрела статус с «международным участием» вследствие участия в ней молодых ученых и исследователей из стран ближнего зарубежья, с которыми наш университет давно и плодотворно сотрудничает в области радиоэлектроники и связи.

Конференция 2023 года пополнилась молодыми исследователями и ведущими учеными. Среди них молодые ученые и исследователи из Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьева, Орловского государственного университета им. И. С. Тургенева, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Межвидового центра подготовки и боевого применения войск РЭБ г. Тамбова, Юго-Западного государственного университета, Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина, Владимирского государственного университета и другие. Количество участников конференции 2023 года насчитывает уже более 250, что показывает постоянно растущий интерес в области радиоэлектроники и дает возможность молодым ученым осуществлять апробацию результатов своих научных исследований.

### РОЛЬ ТГТУ В ПОЯВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ИНТЕРНЕТА В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**И. С. Касатонов, А. В. Почетнов, С. Б. Шипилов**

Сегодня, когда постоянный устойчивый доступ к сети Интернет воспринимается как нечто обыденное, как одна из базовых потребностей, сложно представить, что еще совсем недавно все было совсем по-другому. Что еще 30 – 35 лет назад не только нельзя было в пару кликов отправить картинку или даже обычное текстовое сообщение, но и сама идея о такой возможности не приходила в голову большинству обычных граждан. Однако именно тогда, на рубеже 80-х – 90-х годов XX века, технический прогресс позволил специалистам в области вычислительной техники и телекоммуникационных технологий добиться реализации этой возможности – обеспечения быстрой связи между компьютерами, находящимися на огромном расстоянии друг от друга. И не в виде эксперимента, а в виде тиражируемой технологии, которую можно продвигать все ближе к пользователям.

И наш университет был одним из флагманов этого процесса в стране – ТГТУ является первым среди вузов России Интернет-провайдером и первым провайдером Интернет на территории Тамбовской области. То есть, это именно наш университет привел Интернет в Тамбов, и через ТИХМ, а потом и ТГТУ первые пользователи региона получали доступ ко всемирной паутине. Которая тогда, конечно, была еще не такая мощная и разветвленная, как сейчас, особенно в России. Однако наш университет принимал самое непосредственное участие в становлении и развитии этого направления.

Логично, что и первый Интернет-сайт в области был сайт узла Интернет ТГТУ, а позднее нами была развернута и беспроводная сеть передачи данных.

Понятно, что эти достижения не могли возникнуть на пустом месте, что их появлению предшествовала огромная работа на протяжении более двух десятилетий. Поэтому, для понимания, откуда в ТГТУ появились требуемые специалисты и оборудование, необходимо коротко ознакомиться с историей становления информационных и телекоммуникационных технологий в нашем вузе.

Напомню, что в 1965 году Тамбовский филиал Московского института химического машиностроения приобрел статус самостоятельного вуза и стал

Тамбовским институтом химического машиностроения. И уже в 1969 году, всего через четыре года после этого на кафедре автоматизации химических производств была установлена первая ЭВМ «Проминь». Она имела быстродействие около 100 операций в секунду и оперативную память около 300 байтов, а внешней памяти не было вообще. Уже в следующем, 1970 году, была приобретена ЭВМ «ОДРА-1204».

Следует отметить, что база высокой степени информатизации вуза была заложена первым ректором – Власовым Валентином Викторовичем – в период с 1969 по 1976 годы. И высокий темп развития сохранялся и в последующее время. Технический прогресс предоставлял доступ ко все более совершенным ЭВМ, к 1983 году, то есть, всего через 14 лет, в институте была введена в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1060, которая на порядки превосходила первую нашу ЭВМ «Проминь» – более 1 миллиона операций в секунду, оперативная память на 8Мб, внешняя память – 1600 Мб.

Новые машины занимали свое место в созданном к тому времени Вычислительном центре.

Для этого центра еще в 1972 году было выделено специальное помещение, ранее бывшее спортивным залом. Зал необходимо было значительно перестроить, что и было выполнено силами сотрудников Вычислительного центра. Сейчас на этих площадях располагаются фабрика процессов и Точка кипения ТГТУ.

Компьютеры тогда были большими, для них реально требовались просторные помещения, а взаимодействовать с ними могли только специально обученные люди, которых было немного.

Но технологии развивались, и в 80-х годах прошлого века у нас появились первые персональные ЭВМ, которые пошли на кафедры и в компьютерные классы общего пользования.

Основными моделями тогда были ДВК-3 и Роботрон. Однако они были изолированы друг от друга, а для взаимодействия с большими ЭВМ, расположенными в Вычислительном центре, использовались дисплеи различных типов, которые включали в себя и клавиатуру. С большими ЭВМ они соединялись специальными кабелями.

Однако связи у Вычислительного центра (ВЦ) с удаленными рабочими местами не было. И это существенно ограничивало возможности пользователей. Прорывным в этом отношении стал 1984 год, когда к ЭВМ Вычислительного центра был подключен класс дисплеев, организованный в общежитии в северном кампусе.

Для этого было приобретено и введено в эксплуатацию уникальное по тому времени оборудование: процессор телеобработки данных ЕС 8371, модемы, удаленные дисплейные комплексы. Процессор телеобработки был подключен с одной стороны к каналам ЭВМ ЕС 1060, а с другой был соединен посредством модемов и выделенных телефонных линий с удаленными дисплейными комплексами, установленными в общежитии.

Впервые в системе Минвуза РСФСР студенты из общежития, находящегося на расстоянии нескольких километров от ЭВМ, смогли общаться с ней в режиме диалога с помощью дисплеев.

К развиваемой сети телеобработки были подключены удаленные учебные корпуса института, горисполком, филиал МНПО НИОПИК (Московское научно-производственное объединение «Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей»), Тамбовский государственный педагогический институт. Дальнейшим шагом в развитии ВЦ явилось преобразование его в 1986 году в межвузовский городской Вычислительный центр коллективного пользования. То есть, мощностями ВЦ ТИХМа уже на и официальной основе пользовались различные учреждения города и области.

В это время – на рубеже 80-х – 90-х годов прошлого века – главным направлением технической политики информатизации стало оснащение кафедр вуза персональными ЭВМ, объединение их в сети с центральным узлом на ВЦ. Этот подход позволил ВЦ достичь того, что каждый студент института использовал какие-либо вычислительные средства в учебе. Всего в их распоряжении было 270 рабочих мест на базе дисплейных классов или персональных ЭВМ.

В начале 90-х годов ВЦ ТИХМа по кругу решаемых задач стал перерастать рамки города. Особенно ярко это было продемонстрировано при проведении Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы компьютеризации управления в высшей школе». По итогам конференции в 1991 году Госкомвузом России был создан Тамбовский областной центр новых информационных технологий (ТамбовЦНИТ) – один из первых в России – как подразделение ТИХМа для решения задачи включения учреждений образования области в мировое информационное образовательное пространство. Круг задач центра был достаточно широк: создание и поддержка баз данных и знаний на уровнях вуза и области, создание мультимедийных обучающих курсов и телевизионных компьютерных реклам, развитие и обеспечение функционирования компьютерной опорной сети университета, поставка и техническое обслуживание вычислительной техники, создание и сопровождение программной продукции, обучение пользователей, проектирование и внедрение локальных сетей ЭВМ и т.д.

Вычислительный центр вошел в ТамбовЦНИТ как основная составная часть.

Итак, можно сказать, что работы по созданию компьютерных сетей в Тамбовской области начались в 1984 году, когда в нашем вузе был введен в эксплуатацию комплекс аппаратных средств телекоммуникации на базе процессора передачи данных ЕС-8371 и терминалов.

Терминальная сеть быстро росла, количество телепроцессоров выросло до трех, а число одновременно работающих терминалов доходило до 80. В результате, к 1991 году был накоплен опыт работы с линиями связи, в основном выделенными, и терминальным оборудованием.

В сентябре 1991 года на совещании руководителей ЦНИТ в Воронеже тогдашний руководитель ТамбовЦНИТ Владимир Ефимович Подольский впервые услышал о сети Relcom. Это была советская и российская компьютерная сеть. Ее создание в 1990 году принято связывать с появлением Интернета в СССР.

Сначала она связывала Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова (КИАЭ) в Москве с научными учреждениями Москвы, Ленинграда и Новосибирска. Соединение осуществлялось с помощью аналоговых телефонных модемов (для передачи электронной почты по протоколу UUCP). В сентябре 1990 года РЕЛКОМ был зарегистрирован для СССР домен верхнего уровня **.su**. Начался регулярный обмен информацией (главным образом через конференции Usenet). К 1991 году сеть «Релком» была присоединена к европейской сети EUnet.

В октябре 1991, то есть через месяц-полтора после получения информации об этой сети, был заключен первый в Тамбовской области абонентский договор – наш вуз стал абонентом сети Relcom. И сразу же на базе этого договора началось не совсем легальное оказание услуг абонентам в Тамбове и области. В декабре был решен вопрос о создании регионального узла Релком на базе ТамбовЦНИТ. Легализация произошла в феврале 1992 года, когда был заключен узловой договор с КИАЭ № 8-9/УД.

Так был создан первый в вузах России узел Интернет.

Разумеется, предоставляемые Интернетом того времени возможности сейчас могут вызвать снисходительную улыбку. Но надо понимать, что все грандиозное начинается с малого. На 1992 год абонентам только-только появившегося в нашей стране Интернета были доступны лишь такие сервисы, как E-Mail, FTP и News по электронной почте.

Однако впечатления людей от первого выхода в сеть, от предоставляемых этим возможностей, трудно с чем-либо сравнить. Хотя скорости обмена информацией были и смешными, по сегодняшним меркам, – работали по коммутируемому каналу с дозвоном раз в 10 минут. Но это были первые шаги, поэтому они были такими захватывающими для всех участников.

Первыми нашими клиентами были Тамбовская товарная биржа и завод «Ревтруд». В этот момент Тамбовский узел Интернет имел 10 аналоговых модемов (от 2,4 до 14,4 Кбит/с). Девять из них использовались для абонентского доступа и один – для связи с узлом сети Relcom. В качестве узловой машины использовалась Intel 486.

К 1993 году общее количество абонентов узла составило около 100. Сюда входили и абоненты соседних областей – Саратовской и Ростовской.

Существенную помощь в этот период ТГТУ в становлении образовательных сетей оказала Ассоциация Relarn. При их поддержке удалось обеспечить электронной почтой практически все кафедры вуза, а также значительное для этого времени (12) количество организаций (членов Ассоциации) образования, здравоохранения и культуры как Тамбова, так и области.

Конец 1994 года ознаменовался появлением выделенного канала до российской точки взаимообмена IP-трафиком, которая размещалась на Московской междугородной телефонной станции № 9.

На М9 приходили международные и междугородные каналы связи и размещалось оборудование основных Интернет-провайдеров. Пусть это была медь и скорость не превышала 9,6 кбит в секунду, но появился не периодический, а полноценный доступ в Интернет!

Были сделаны и первые 5 страничек собственного сайта, одного из первых среди вузов России и первого на территории области.

В конце 1994 года оператором российской университетской телекоммуникационной сети RUNNet БФЛО принято решение о включении ТГТУ в состав федеральных узлов сети RUNNet второй очереди.

В июне 1995 года была смонтирована и введена в эксплуатацию земная станция спутниковой связи (ЗССС) Кедр-М. Канал на 64, а затем и на 128 кбит в секунду в сеть RUNNet позволил дать полный доступ в сеть сначала ряду кафедр, а затем и внешним абонентам.

В 1996 году была получена первая в вузах России лицензия № 4077 на предоставление услуг передачи данных. Работы, связанные с получением лицензии, продолжались около полутора лет. Начало действия лицензии № 4077 – 5 апреля 1996 года.

В это же время опыт ТГТУ по созданию узла Интернет был передан Курскому государственному техническому университету. Директор КурскЦНИТ Мальцев М. В. создал первый в Курске узел Интернет.

С развитием компьютерного парка ТГТУ, учреждений образования, учреждений администрации области и города возникла необходимость объединения локальных сетей. Услуги монополиста ОАО «Тамбовская электросвязь», предлагавшего в то время только выделенные линии связи, и коммуникационное оборудование этого времени, вынудили специалистов ТГТУ искать более передовые технологии. Модемы для физических линий не могли удовлетворить потребности из-за низкого качества самих телефонных линий.

Первые устройства, использующие радио для связи между компьютерами, появились в России в 1994 году (так называемый radioethernet). Весной 1995 года два таких устройства были приобретены и опробованы в ТГТУ. Установив на крышах внешние антенны, наши специалисты использовали это оборудование для организации канала связи между локальными сетями двух корпусов на расстоянии около 0,5 км по прямой. При проведении в октябре 1995 года Всероссийской научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии в высшей школе», проходившей в пригородном лесу г. Тамбова, эти устройства (Arlan 640) были задействованы для доступа в Интернет посредством радиоканала протяженностью уже около 3 км.

В конце 1995 года был установлен радиоканал между самыми удаленными друг от друга корпусами ТГТУ. Его протяженность составляла около 5 км. Тогда родилась идея построения радиосети по образу и подобию сотовой телефонной связи. К реализации этой идеи приступили в первой половине 1996 года. Для построения первой базовой станции (БС) Тамбовской беспроводной сети передачи данных – международное название Tambov Wireless Network (TWN) – выбрали антенную опору Тамбовского телецентра, на отметке 70 м которой была установлена первая всенаправленная антенна. Тогдашнее руководство телецентра охотно дало на это свое «добро». Но заработала эта БС только 30 июня 1997 года, через год, который ушел на выявление и устранение всех неполадок и нестыковок технических параметров незнакомого оборудования. Экспериментально была проверена и подтверждена возможность связи на расстоянии до 20 км.

Нормативное регулирование этой деятельности было тогда незнакомо специалистам и руководству ТамбовЦНИТ, поэтому для официальной регистрации радиоизлучающего оборудования связи потребовалось некоторое время и организационно-правовая помощь Госсвязьнадзора. Пройдя все офици-

альные процедуры, в мае 1998 года ТГТУ получил «Разрешение на эксплуатацию объекта связи». Так в нем именовалась первая очередь TWN, состоящая из двух БС в г. Тамбове.

За первой очередью в 1998 году последовала вторая – радиорелейная линия до г. Рассказово Тамбовской области, на которой была подтверждена возможность работы на расстоянии до 50 км, а тремя годами позже, в 2001 году, и третья очередь – БС в г. Кирсанове, Тамбовской области и радиорелейная линия до нее. В этот же период времени, в 2000 году, к TWN был подключен самые удаленные абоненты – школа в п. Сатинка, Тамбовской области и администрация Сампурского района. В результате, в настоящее время общая протяженность беспроводной магистрали TWN (п. Сатинка Тамбовской обл. – г. Тамбов – ст. Ломовис Рассказовского района – г. Кирсанов) составляет около 150 км.

Для этого был выполнен перевод TWN на программно-аппаратную платформу радиомаршрутизаторов Revolution, поскольку Arlan 640 показывал неудовлетворительную работу в сетях типа «точка–многоточка».

До 1998 года узел Интернет ТГТУ был единственным в области. Затем появился первый конкурент – ОАО «Тамбовская электросвязь», владелец тех самых телефонных линий, по которым осуществлялась связь через модемы.

А развитие сетевой деятельности ТГТУ продолжалось, только теперь уже в конкурентной среде. Так, в 1999 году была проведена видеоконференция «Министерство образования России – администрация Тамбовской области».

Предпосылками для дальнейшего развития сети послужили быстрый канал по оптоволокну, который появился в 2001 году – в Ростов по кабелю Ростелекома, а затем – еще один, в 2003 году через Транстелеком. В 2004 году также по оптоволоконному кабелю было обеспечено подключение к университетской сети RUNNet.

После победы ТГТУ в 2002 году в конкурсе на создание Федерального ресурсного центра развития единой образовательной информационной среды в Центральном федеральном округе (ТРРЦ РЕОИС) и получения государственного финансирования, в Тамбове была построена городская образовательная оптоволоконная сеть. Она проложена по троллейбусным опорам с заходом на территорию Тамбовского Телецентра и до настоящего времени соединяет между собой все основные корпуса университета.

Вклад ТГТУ в развитие Интернета в России был отмечен на самом высоком уровне.

Постановлением Правительства Российской Федерации N 956 от 26 августа 1999 г. присуждены премии Правительства в области образования за 1998 г. – за разработку научно-организационных основ информатизации в области образования России для высших учебных заведений. Лауреатом премии стал проректор ТГТУ по информатизации, директор ТамбовЦНИТ – Подольский В. Е.

Постановлением Правительства Российской Федерации N 627 от 25 августа 2000 г. присуждена премия Правительства в области образования за 1999 г. Мищенко Сергею Владимировичу, доктору технических наук, профессору, ректору Тамбовского государственного технического университета – за разработку научно-организационных основ и создание федеральной университетской компьютерной сети RUNNet для высших учебных заведений (в соавторстве).

Кроме Владимир Ефимовича Подольского (начальника ВЦ, директора ТамбовЦНИТ, проректора по информатизации), который был самым главным идейным вдохновителем и организатором, в разное время и на разных этапах внесли огромный вклад в развитие информационных технологий и Интернета на территории Тамбовской области: Власов В. В., Горин В. А. (первый начальник вычислительной лаборатории), Калинин В. Ф., Майков Г. П., Малыгин Е. Н. (~15 лет начальник ВЦ), Кузнецов В. Н., Никулин Н. С., Сергеев В. И., Писецкий А. Ф., Мокрозуб А. Г., Мокрозуб В. Г., Севастьянов С. Ю., Радченко И. М., Шипилов С. Б., Тараненко В. А., Почетнов А. В., Фирсов О. И., Малин В. В., Карпушкин С. В., Егоров С. Я., Немтинов В. А., Бродович С. М., Лопандя А. В., Решетов А. Б., Желтова О. В., Калинина Е. В., Мартемьянова С. К., Преображенская В. В. и другие бывшие и настоящие работники ТГТУ.

# Секция 1

## РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

---

### АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ ТС ФАЗОВЫМ МЕТОДОМ

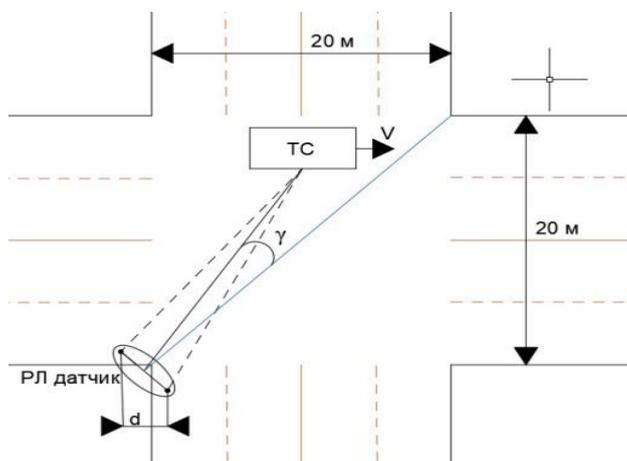
**В. С. Аистов, И. А. Некрылов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: aistov.volk-vovan@mail.ru; nekrylov.ilya@mail.ru)

Задача позиционирования транспортного средства в настоящее время становится все более востребованной по причине увеличения трафика автомобилей. В связи с этим встает вопрос о синтезе оптимальной системы определения координат транспортного средства (ТС), возможностью различать большое количество объектов, а также иметь возможность оценивать скорость ТС, расстояние между автомобилями и получать данные о степени опасности маневров ТС.

Первоочередная задача при синтезе такой системы состоит в выборе первичных измерителей. В данной статье рассмотрен вариант оценивания координат ТС на основе фазового метода [1].

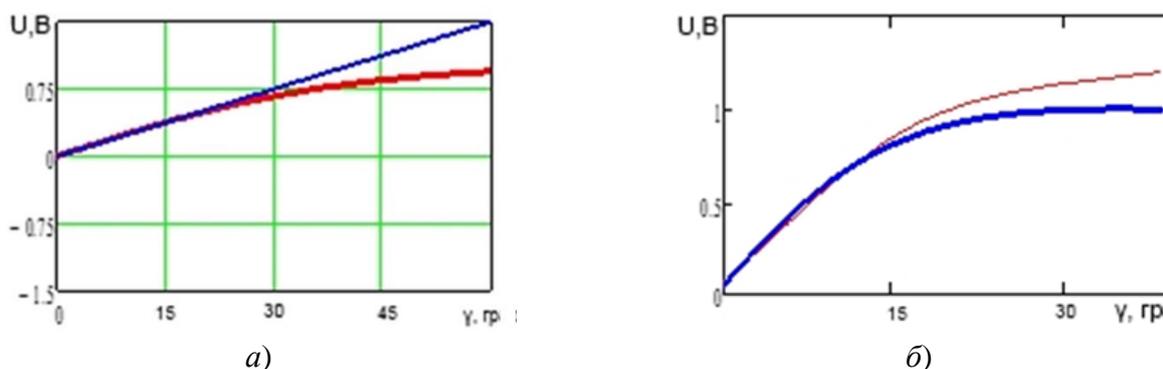
При работе в разрешенном частотном диапазоне для автомобильных радаров 24 ГГц возникают сложности конструктивного исполнения антенны при очень малой базе измерителя и большая величина неоднозначности измерения [2 – 4]. Для устранения неоднозначности предполагается использование амплитудной модуляции с частотой значительно ниже частоты несущей. Поэтому при расчете нужного расстояния между облучателями стоит учитывать необходимую область сканирования путем геометрического анализа перекрестка. Вариант расположения РЛ датчика на перекрестке показан на рис. 1.



**Рис. 1. Расположение РЛ датчика на перекрестке**

Рассмотрим движение ТС со скоростью  $v$ . В пределах перекрестка изменение угла  $\gamma$  достаточно малое, поэтому можно считать, что зависимость между измеряемым углом и напряжением на выходе фазового детектора (ФД), линейная (рис 2, *а*, левая часть кривой). Моделирование показало, что при малых углах измерения погрешности определения углов имеют достаточно малое значение, порядка 0,133 градуса (рис. 2, *б*).

Однако для больших углов ошибка значительно увеличивается.



**Рис 2:**

*а* – напряжение на фазовом детекторе и линейная функция;

*б* – истинное и измеренное значения на выходе ФД

Таким образом, отслеживание поведения ТС фазовым методом показало малую величину ошибки измерений в пределах малого угла, что может позволить оценивать координаты ТС в пределах перекрестка.

### Библиографический список

1. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic 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.

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.

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

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

# МЕТОДИКА СИНТЕЗА ТЕСТОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

Е. А. Антонов, С. Н. Данилов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: e.a-nov98@mail.ru; plabz@mail.ru)

Для оценки реальных характеристик точности синтезированного оптимального алгоритма необходимо уметь генерировать тестовые входные данные, по своим характеристикам соответствующие реальному полету отслеживаемого объекта.

Распространенным подходом для имитации входных воздействий является задание траектории движения цели в виде отрезков прямых и кривых линий, стыки которых сглажены различными методами. При таком подходе характеристики вектора измеряемых параметров хотя и имитируют реальный процесс, но не описывают его достаточно точно, особенно это касается наличия значительных искажений в виде величин высших производных в местах стыка (рис. 1 и рис. 2).

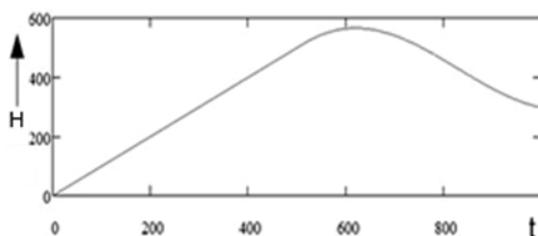


Рис. 1. Изменение высоты цели  $H$  при имитации маневра «горка»

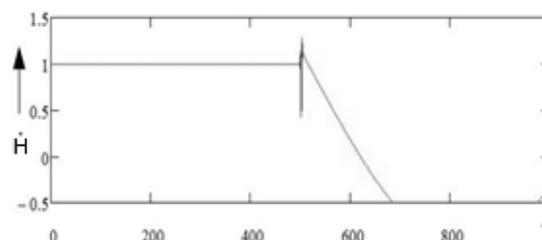


Рис. 2. Первая производная  $H$  с выбросами в точке стыка кривых

Наилучшая методика проведения цифровых экспериментальных исследований предполагает регистрацию сигналов реальных воздушных объектов, их последующую обработку и генерацию входных сигналов на основе этих данных.

Для счисления координат необходимо иметь записи (рис. 3):

- датчика истинной воздушной скорости, измеряющего вектор скорости  $v$  относительно связанной с летательным аппаратом системы координат;
- датчика угла атаки  $\alpha$  и скольжения  $\beta$ ;
- датчика курса или курсовой системы (КС), дающей на выходе истинный курс  $\psi$ ;
- центральной гировертикали (ЦГВ), определяющей углы тангажа  $\theta$  и крена  $\gamma$  летательного аппарата;
- высотомера.

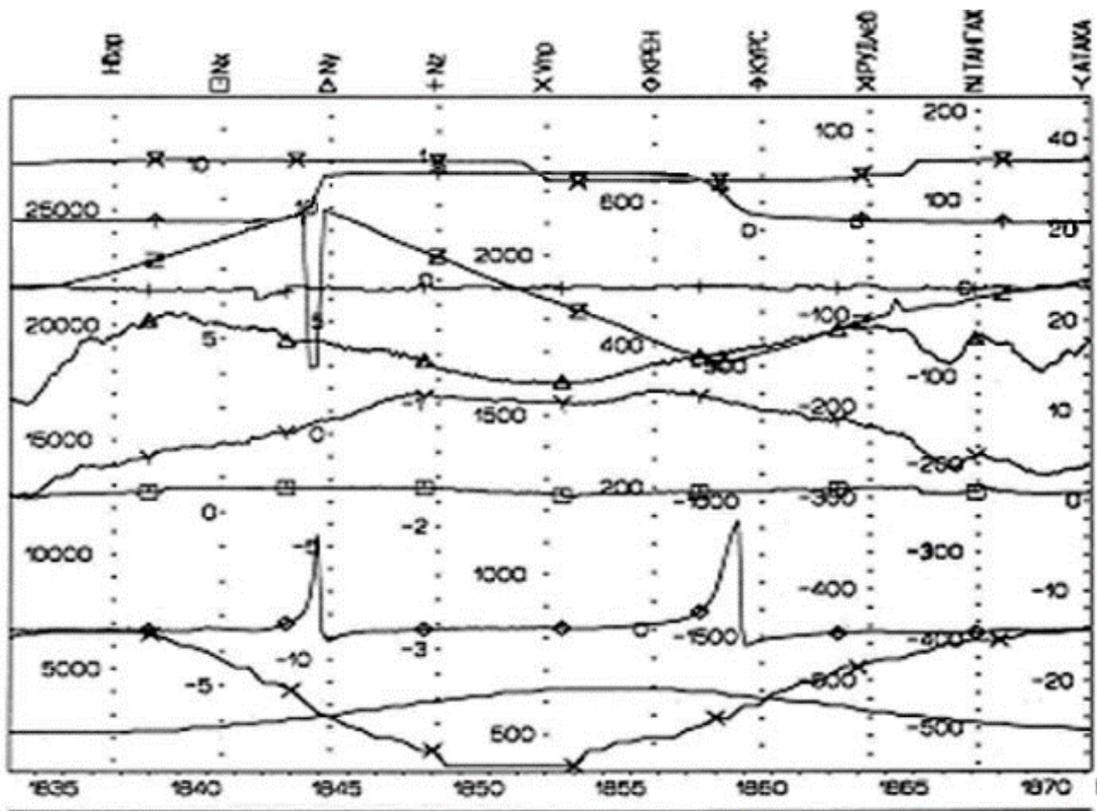


Рис. 3 Данные о параметрах полета, регистрируемые на борту самолета

Используя известные математические методы преобразования и данные с бортового самописца, можно восстановить траекторию цели. В общем случае результирующая погрешность определения траектории полета цели составляет величину порядка 9%. Пример восстановленных на основе этой методики графиков ускорения сближения  $a$  и углового ускорения линии визирования в горизонтальной плоскости  $j$  для трех ситуаций (ТС-1 – ТС-3) приведены на рис. 4 и 5 соответственно.

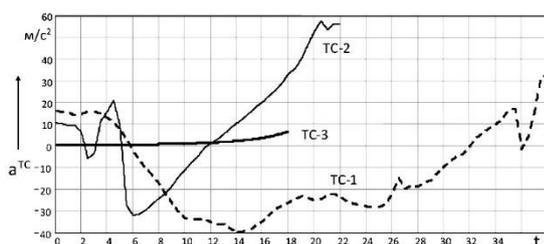


Рис. 4. Изменение ускорения сближения  $a$

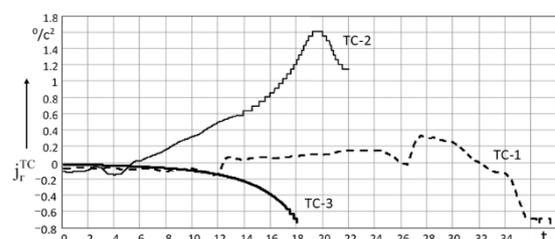


Рис. 5. Изменение углового ускорения линии визирования в гор. плоскости  $j$

Достоинством такого метода имитации фазовых координат цели является то, что как само изменение координат, так и изменение производных разных порядков от них сохраняют правдоподобные абсолютные и относительные величины.

## Библиографический литературы

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. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.

2. Panasyuk, Yu N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. – 2019. – P. 73 – 76.

3. Автоматизированная обработка полетной информации / под ред. В. Н. Букова . – М. : Воениздат, 1995. – С. 242.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕГО ФИЛЬТРА С МОДЕЛЬЮ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

**Е. А. Антонов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: e.a-nov98@mail.ru)

Как показывают исследования, траектории большинства летательных аппаратов содержат существенную гармоническую составляющую [1]. В частности, спектральное представление изменения относительной дальности РЛС-цель для двух типичных траекторий (вираж – 1 и полет с проходом траверсы – 2) имеет вид (рис. 1).

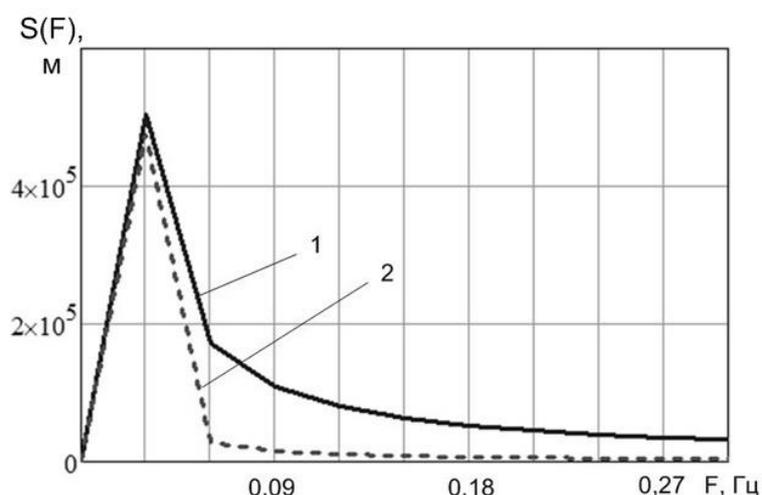


Рис. 1. Спектр изменения дальности для двух траекторий

Из рисунка видно наличие колебательной составляющей на частоте примерно 0,03 Гц. И это характерно для большинства типов маневров.

Поэтому представляется целесообразным применять в качестве модели движения цели модель в виде системы дифференциальных уравнений второго порядка.

Для проверки гипотезы были разработаны две модели системы вторичной обработки данных. Одна из них представляет собой классический фильтр, а вторая – фильтр с моделью на основе системы дифференциальных уравнений второго порядка.

В качестве входных данных генерировался простой тестовый сигнал в дискретной форме следующего вида (рис. 2, сплошная кривая). Полученная на выходе фильтра оценка дальности до объекта показана пунктирной линией).

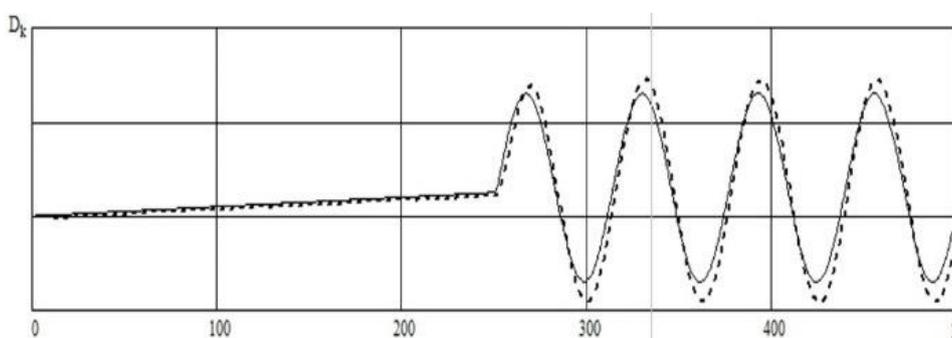


Рис. 2 Сигналы на входе и на выходе синтезированного фильтра

Был проведен ряд исследований по оценке чувствительности фильтров к неточности задания параметров фильтра (коэффициенты  $\alpha$  и  $\sigma$ ).

При постоянной величине уровня шума наблюдения, были получены два массива данных, характеризующие СКВ погрешности фильтра. На рисунках 3 и 4 представлена графическая зависимость этой погрешности от параметров  $\alpha$  и  $\sigma$ .

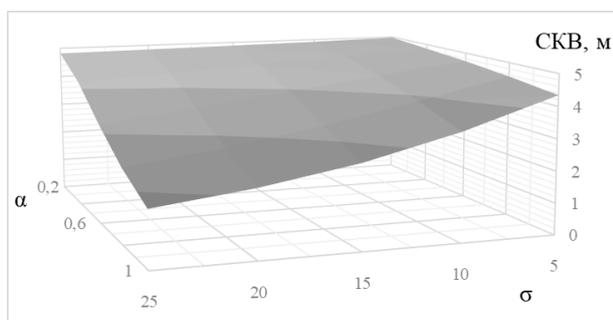


Рис. 3. Зависимость СКВ погрешности классического фильтра

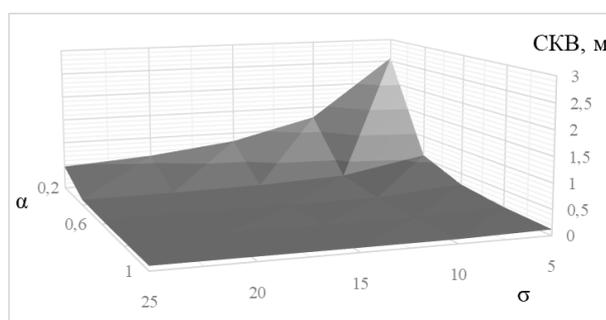


Рис. 4. Зависимость СКВ погрешности фильтра с моделью на основе системы уравнений 2-го порядка

Основываясь на полученных результатах, можно сделать следующие выводы: применение в следящих фильтрах модели движения на основе системы дифференциальных уравнений второго порядка является целесообразным и позволяет повысить точность оценки параметров движения объекта наблюдения (в некоторых ситуациях наблюдения на порядок по сравнению с классическим фильтром), но синтезированный фильтр имеет более высокую (по сравнению с классическим) чувствительность к неточности задания параметров ( $\alpha$  и  $\sigma$ ), что накладывает некоторые ограничения на применение подобных фильтров в следящих системах.

### **Библиографический литературы**

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. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.

2. Panasyuk, Yu N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. – 2019. – P. 73 – 76.

3. Чернышова, Т. И., Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, 2019. – С. 172–173.

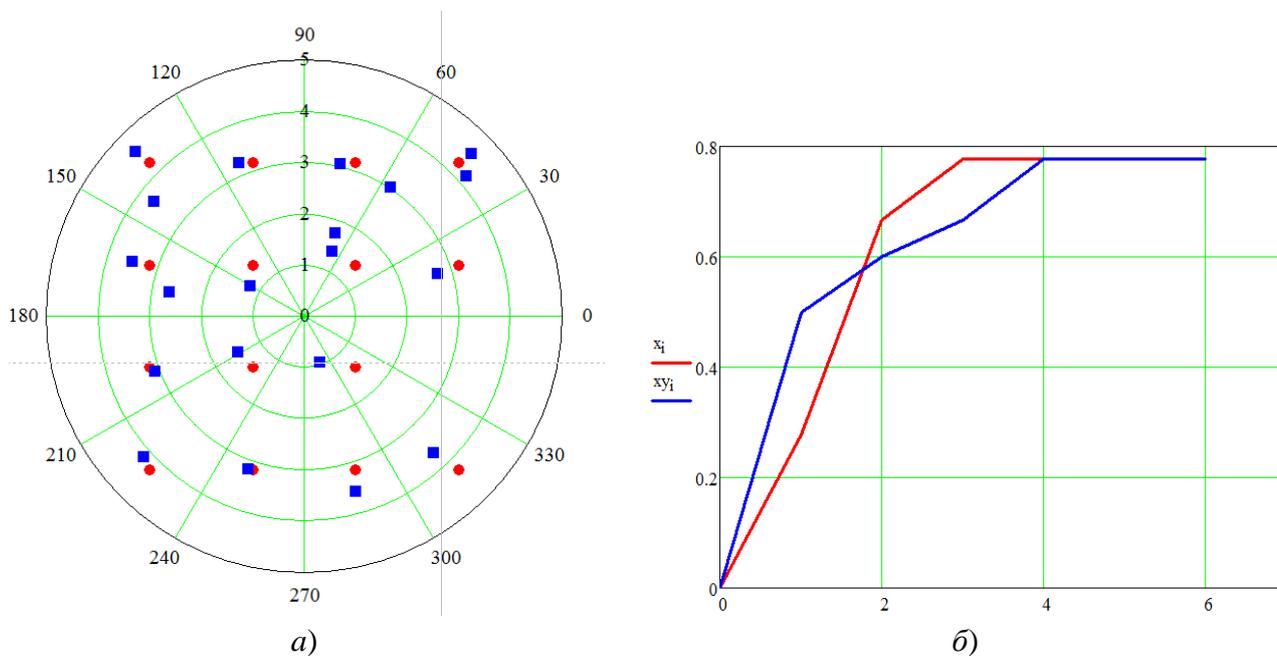
## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМЕСИ УЗКОПОЛОСНОЙ ПОМЕХИ С БЕЛЫМ ШУМОМ НА КАНАЛ СВЯЗИ С OFDM МОДУЛЯЦИЕЙ**

**А. К. Бабаев, И. В. Хорохорин, А. Е. Хрипченко**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: babaiijj@gmail.com; il130964@mail.ru; alekc120268@gmail.com)

При прохождении по радиоканалу полезный сигнал взаимодействует с помехами. Сигнала, не искаженного помехой, не бывает – весь вопрос только в виде и величине этих искажений. Но помехи возникают не только в радиоканале. В передающих устройствах помехи являются результатом наличия соб-

ственных шумов генераторных приборов, в результате чего флуктуируют фаза и амплитуда на выходе автогенераторов [1 – 4]. Умножение частоты увеличивает флуктуации фазы. Практически любые флуктуации в радиоустройствах – напряжений источников питания, параметров элементов приводят к помехам. Аналогичные эффекты имеют место и в приемных устройствах. Поэтому представляет интерес исследование действия комбинированной помехи: узкополосной гармонической помехи на фоне широкополосного гауссовского белого шума.



**Рис. 1. Результаты моделирования:**

*a* – фазовое созвездие для передаваемого и принятого сигналов;

*б* – зависимости битовых ошибок при действии комбинированной помехи (красная кривая) и белого шума (синяя кривая) от мощности помехи

Такие помехи могут возникать при работе рядом расположенных приемопередатчиков базовых станций сотовой связи. Их природа связана с рассеянием сигналов от большого количества антенн [5, 6].

На рисунке 1, *a* представлен вид фазового созвездия OFDM сигнала при первоначальной модуляции 16-QAM. Красные точки показывают амплитуды и фазы передаваемого сигнала, синие – принятого на фоне комбинированной помехи. На рисунке 1, *б* представлены усредненные величины битовых ошибок (красная кривая – для действия комбинированной помехи, синяя – для гауссовского белого шума). Как видно из графиков гауссовский белый шум вначале приводит к большей величине битовых ошибок, а затем при повышении мощности комбинированной помехи вредное действие ее превосходит действие одного белого шума.

## 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. Панасюк, Ю. Н. Метод повышения точности третичной обработки информации с применением динамических весовых коэффициентов./ Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин, А. И. Рогачев // Вестник ТГТУ. – 2017. – № 4. – С. 595–596.
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. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.
4. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
5. Данилов С. Н., Кольтюков Н. А., Чернышова Т. И., Петров С. В. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний // Вестник ТГТУ. – 2016. – № 3. – С. 374 – 380.
6. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РЕВЕРСИВНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В СОСТАВЕ МОДЕЛЕЙ АБСОЛЮТНО-ЧЕРНЫХ ТЕЛ

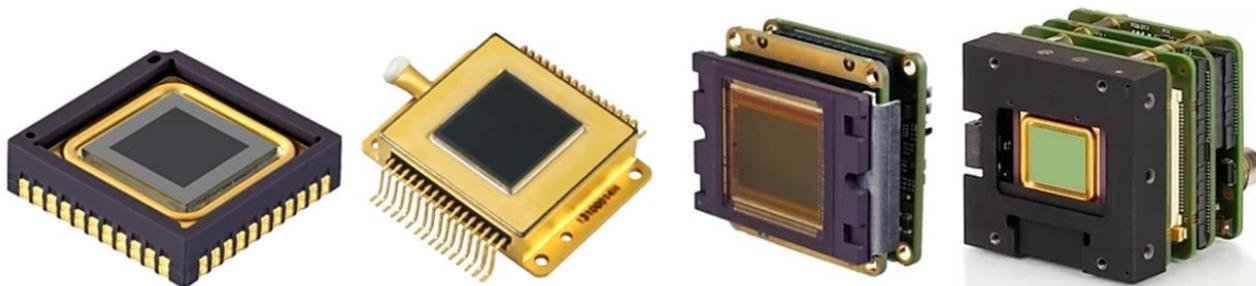
**М. В. Белов, В. В. Завальнов, И. М. Нужина**

Рыбинский государственный авиационный технический университет

имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия

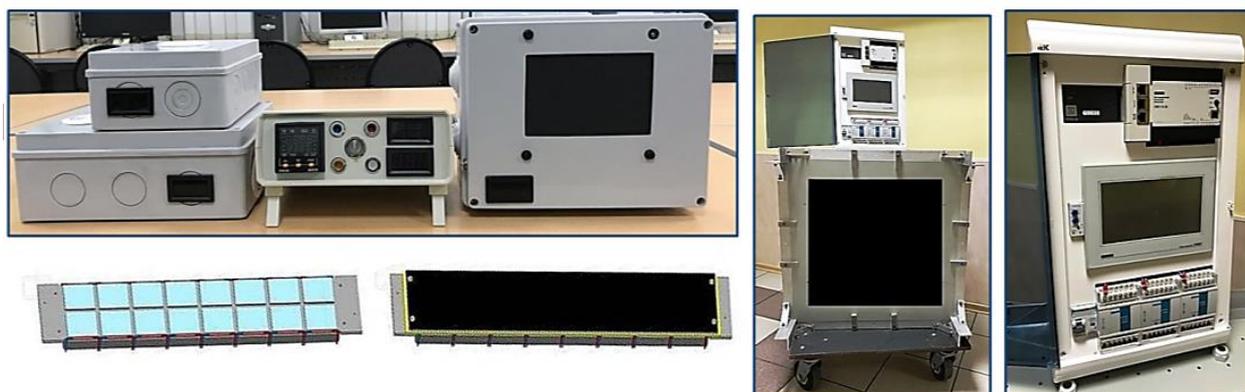
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

На борту больших и малых беспилотных авиационных систем, активно используемых для поиска, наблюдения, регистрации различных объектов и поддержки деятельности МЧС, а также при освоении Арктического бассейна, устанавливается бортового тепловизионное оборудование, построенное на основе интегральных микроболометрических матриц – рис. 1 [1].



**Рис. 1. Конструктивное исполнение тепловизионных матриц (детекторов)**

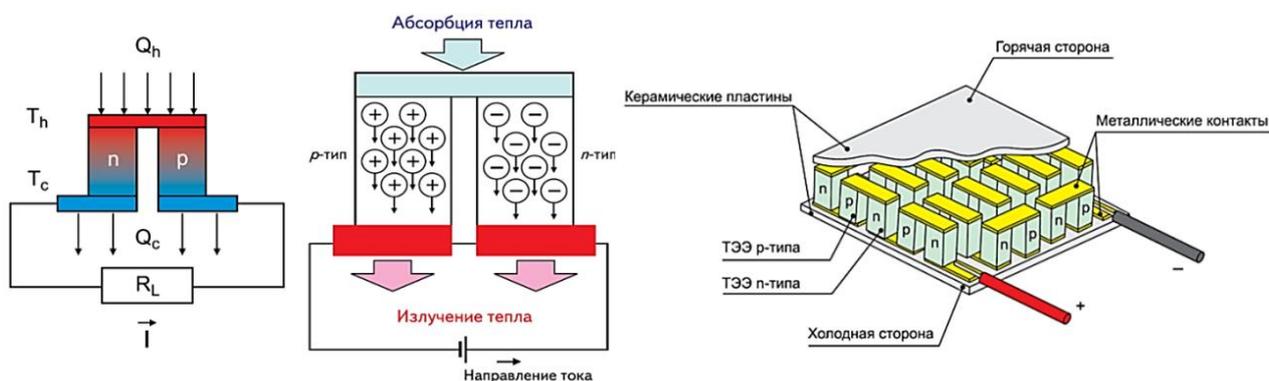
Независимо от функциональной и конструктивной сложности такое оборудование в обязательном порядке должно подвергаться адаптивной комплексной настройке, как во время выпуска, так и в процессе эксплуатации, в том числе с целью адаптации к динамически меняющимся условиям окружающей среды. Процесс настройки телевизоров называется калибровкой, осуществляемой с помощью моделей абсолютно черного тела (АЧТ). На кафедре РТС РГАТУ имени П. А. Соловьева разработан ряд таких устройств – рис. 2.



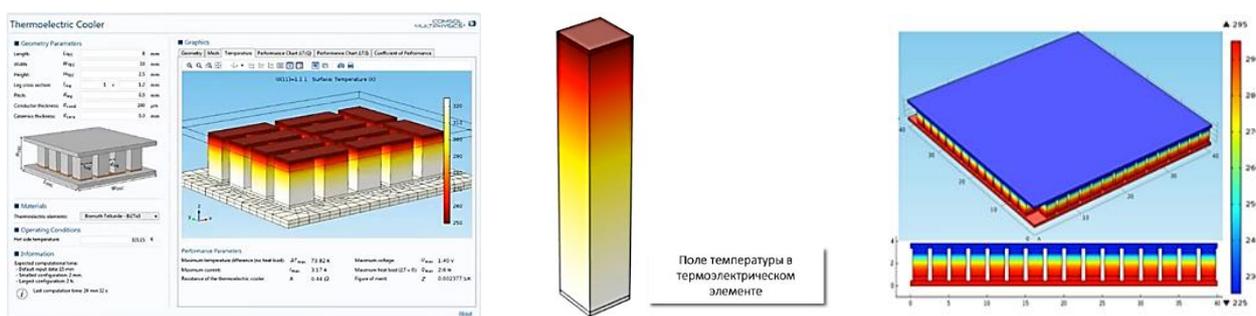
**Рис. 2. Примеры практической реализации моделей абсолютно-черных тел**

Для реализации моделей АЧТ, способных формировать как положительные, так и отрицательные температуры, используются отечественные реверсивные термоэлектрические модули (ТЭМ), основанные на эффектах Пельтье, Зеебека и Томсона – рис. 3.

Для достижения требуемых уровней стабильности и равномерности генерируемого инфракрасного поля необходимо более детально исследовать происходящие в ТЭМ процессы. В ближайшие планы слушателей инженерного класса кафедры РТС и МОУ «СОШ № 12» г. Рыбинска входят задачи поэтапной реализации этого проекта на основе цифровой платформы мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics® рис. 4 [2].



**Рис. 3. Принципы работы и структура термоэлектрического модуля Пельтье**



**Рис. 4. Моделирования термоэлектрических модулей и тепловых процессов**

### Библиографический список

1. Печаткин А. В. Особенности организации и выполнения автоматизированной многоточечной калибровки бортового тепловизионного оборудования для малых беспилотных летательных аппаратов / А. В. Печаткин, А. П. Бесшапошникова, К. А. Клочков // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2019 : сб. тр. XII Всерос. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов 4–5 декабря 2019 г. – Иркутск : Иркутский филиал МГТУ ГА, 2019. – С. 423 – 428.
2. Моделирование термоэлектрических эффектов в COMSOL Multiphysics® [Электронный ресурс] / Вебинары COMSOL®. – URL : <https://www.comsol.ru/video/thermoelectrical-effects-modeling-webinar-ru> (дата обращения 21.02.2023).

# РАСШИРЕНИЕ ЗОНЫ УВЕРЕННОГО ПРИЕМА В ЭКОСИСТЕМАХ IoT

И. А. Бурков, Е. А. Оканевский, С. А. Округин

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева, Рыбинск, Россия  
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Технологии интернета вещей (IoT) существенно улучшают многие сферы жизни человека и позволяют создать более удобное, умное и безопасное пространство. В настоящее время подавляющее большинство компонентов «умного дома» использует в качестве телекоммуникационного канала стандарты серии WiFi IEEE 802.11n с частотами 2412...2472 МГц, 5160 МГц...5825 МГц. Между тем, уже сейчас вводятся в эксплуатацию элементы сетей 5G, требующих гораздо более высоких рабочих частот, достигающих 100 ГГц [1].

Для практического использования новые сети должны обладать высокой скоростью, чтобы оперативно анализировать собранные данные с подключенных к IoT устройств. Для этого необходимо увеличить количество доступных каналов и расширить их полосу пропускания. Однако с ростом частоты возрастает и ослабление сигнала в пространстве, что требует увеличения коэффициента усиления. Однако, чем выше коэффициент усиления антенны, тем больше направленность ее излучения. Поэтому радиовидимость антенны или ее угловое перекрытие становится достаточно малым. Из-за этого устройства IoT «видят» концентраторы, роутеры и базовые станции в очень ограниченном геометрическом пространстве.

Для коммерческого использования устройств IoT крайне важно, чтобы они оставались как можно более компактными и дешевыми при увеличении своей функциональности, поэтому использование сканирующих антенн или антенных стеков и решеток является неоправданным, хотя и сохраняет требуемую форму диаграммы направленности – рис. 1.

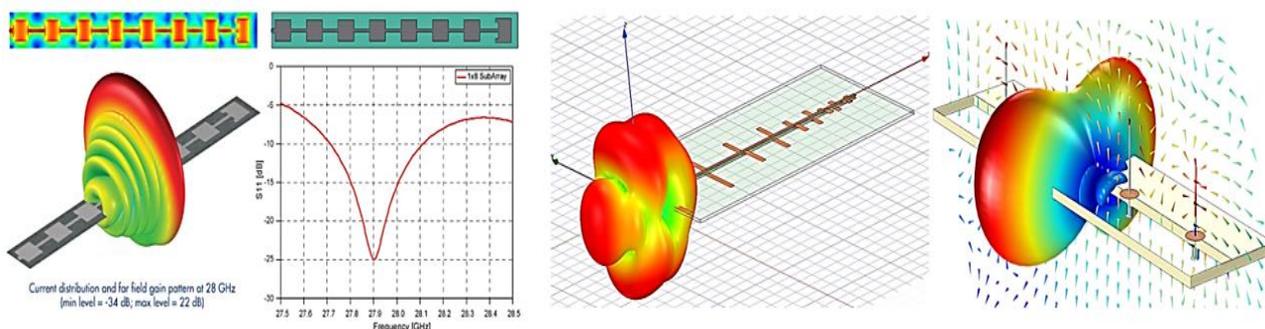


Рис. 1. Примеры сканирующих антенн для компонентов «умного дома»

Учитывая, что компоненты IoT представляют собой объекты, встраиваемые в монтажные коробки внутрь стен (вертикально полу), или в элементы освещения (горизонтально полу), наиболее предпочтительными вариантами для их диаграмм направленности являются графические фигуры класса «сфера», «элемент Гюйгенса» и их производные, позволяющие реализовать широкий сектор обзора и использовать преимущества mesh-сетей – рис. 2.

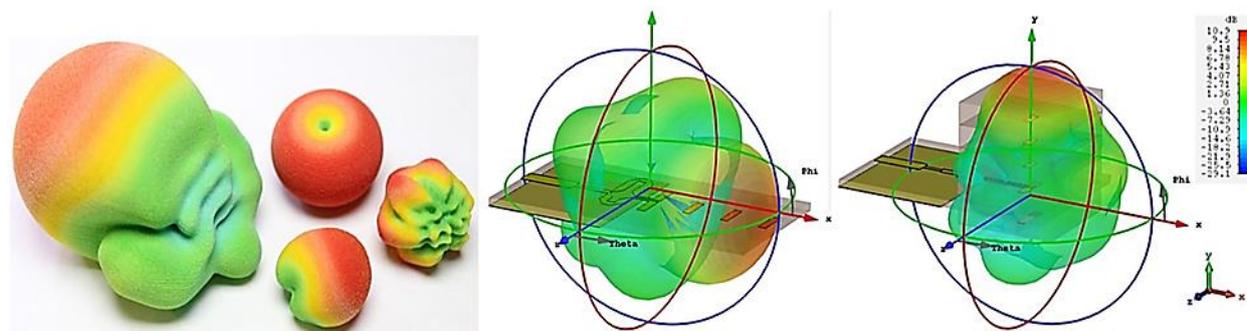


Рис. 2. Примеры оптимальных диаграмм направленности антенн для компонентов IoT

Так, например, одним из вариантов является использование печатных антенн «волновой канал» с пассивным излучателем – рис. 3 [1, 2]. В ближней зоне такую антенну можно было бы использовать как RFID систему с пассивной картой доступа или наручным браслетом, ограничив тем самым доступ детей к наиболее опасным или уязвимым компонентам системы.

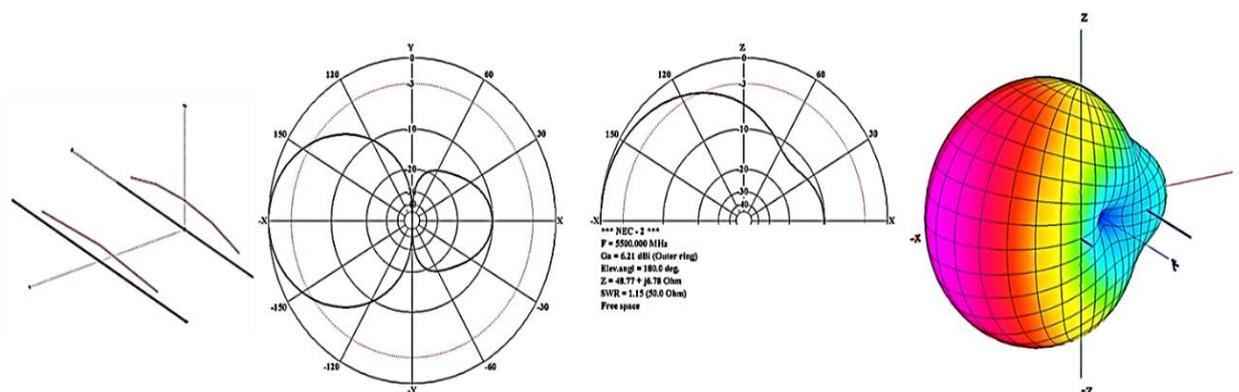


Рис. 2. Использование диполя с пассивным отражателем

### Библиографический список

1. Гончаренко, И. В. Антенны КВ и УКВ / И. В. Гончаренко. – ИП Радиософт, 2018. – 744 с.
2. GAL-ANA – программа расчета антенн на базе NEC2 и MININEC3m. [Электронный ресурс]. – URL : <http://gal-ana.de/indexr.htm> (дата обращения: 22.02.2003).

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Д. Д. Васильев, Д. А. Усищева, О. С. Цыганова

Рыбинский государственный авиационный технический университет

имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия

(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Своеобразным эталоном, относительно которого оценивают свойства и параметры линейных излучателей с другими различными распределениями возбуждения, является идеальный линейный излучатель – рис. 1, представляющий собой линейную излучающую систему с распределением возбуждения различного вида [1].

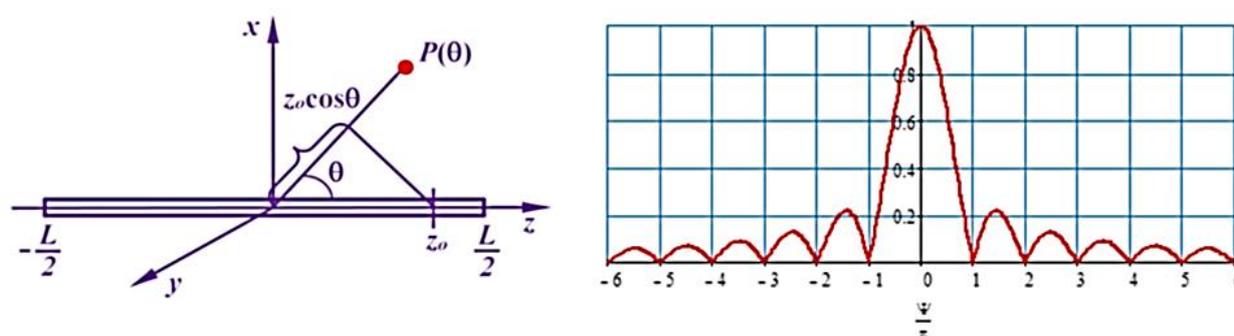
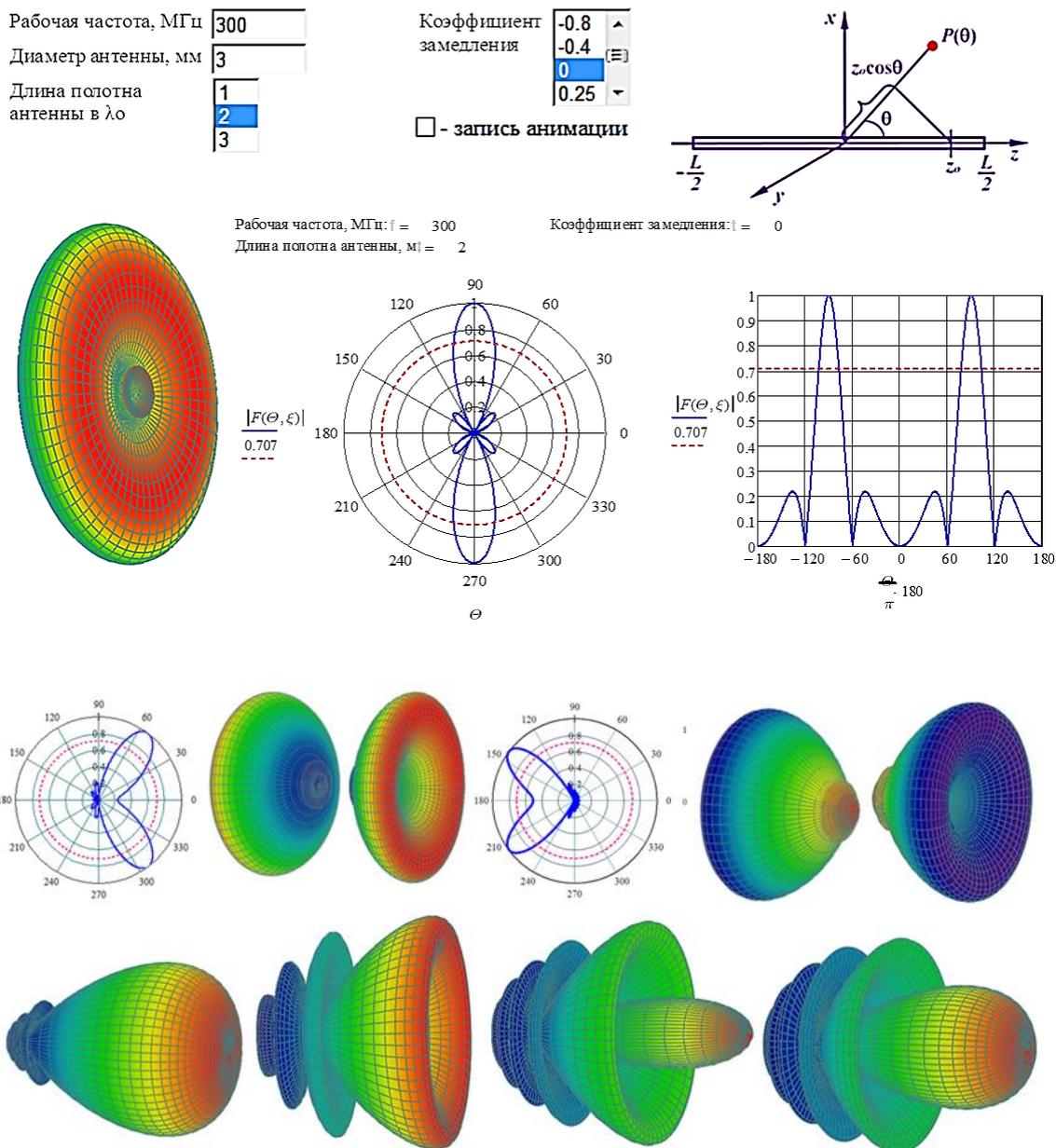


Рис. 1. Линейный излучатель и его диаграмма направленности

Идеальный линейный излучатель является основой для изучения фазированных антенных решеток, планирующих к активному использованию в перспективных 5G и 6G сетях и объектах Интернета вещей (IoT).

В рамках работы инженерного класса на выпускающей кафедре РТС РГАТУ имени П.А. Соловьева слушателями – школьниками 10 класса – была разработана интерактивная цифровая аналитическая модель линейного излучателя с активным использованием инструментов Web-интерфейса, 2D и 3D графиков и компьютерной анимации. Компьютерная модель выполнена на базе системы инженерного анализа MathCAD-15 и представляет собой «цифровой макет» для виртуального исследования линейного излучателя, его свойств и параметров – рис. 2 [2]. Благодаря инструментам Web-интерфейса существенно возрастают возможности циклического или пошагового наблюдения процесса электронного «качания» луча – изменения главного лепестка антенны в пространстве и трансформации боковых лепестков.



**Рис. 2. Фрагмент интерактивной аналитической модели линейного излучателя и анимации 3D диаграммы направленности при изменении длины полотна и коэффициента замедления**

Разработанная модель может быть использована как основа для построения и изучения более серьезных компьютерных моделей линейных и дискретных антенных решеток.

### Библиографический список

1. Устройство СВЧ и антенны : учебное пособие / Ю. П. Саломатов, В. С. Панько, К. В. Лемберг и др. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020 – 180 с.
2. Очков В. Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия / В. Ф. Очков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009 – 512 с.

# ИМИТАТОР РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

**С. С. Ващенко, В. А. Корягин**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ

(учебный и испытательный), Тамбов, Россия

(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

На современном этапе развития информационного конфликта радиоэлектронная борьба (РЭБ) – это вид стратегического (оперативного, боевого) обеспечения, который реализуется в противоборстве воюющих сторон. РЭБ заключается в целенаправленном воздействии электромагнитными излучениями на радиоэлектронные и оптико-электронные средства управления, связи, разведки, навигации и опознавания для разрушения полезной информации или внедрения ложной (дезинформации). РЭБ предполагает также защиту своих радио- и оптико-электронных средств от вредных преднамеренных электромагнитных излучений противника, снижение вероятности поражения высокоточным оружием средств вооружения и военной техники, а также и гражданских объектов, функционирование которых важно для обороны [1]. Опыт войн показывает, что при хорошей организации и тщательном планировании РЭБ потери могут быть уменьшены в несколько раз.

Имитатор радиотехнических сигналов может применяться в целях испытания современного вооружения, военной и специальной техники, для которых испытания являются важнейшим этапом разработки. Одним из основных требований в области испытаний является сокращение сроков их проведения и затрат по всем составляющим, регламентируемым нормативно-техническими документами. Имитатор радиотехнических сигналов предназначен именно для моделирования различной обстановки [2]. Имитатор является современным портативным, экономически эффективным радиотехническим симулятором, предназначенным для тестирования приемников радиотехнического обнаружения, электронных систем измерения, контроля и радиоэлектронного противодействия, для проверки возможностей средств КТК по обнаружению и идентификации самых современных враждебных угроз [3].

В состав имитатора радиотехнических сигналов для средств комплексного технического контроля входят:

- 1) сменный программируемый модуль имитации;
- 2) удаленный терминал, позволяющий включать и выключать модуль, задавать необходимые параметры.

Существующие модели имитаторов являются нестандартным испытательным оборудованием, которое, тем не менее, можно и дальше усовершенствовать. Для более качественного обучения специалистов средств КТК, необходимо, чтобы имитаторы нового поколения излучали множество сигналов, каждый из которых будет с более сложной, гибкой и современной сигнатурой, а также искажать их аналогично искажением в реальном радиоканале (климатические и географические условия) [4].

Таким образом, основными достоинствами имитатора радиотехнических сигналов являются простота, эргономичность, удобство в использовании, большая экономическая эффективность, возможность проверки многих устройств различной техники одним имитатором. Имитатор радиотехнических сигналов является неотъемлемым устройством для обучения специалистов средств КТК.

### **Библиографический список**

1. Баскаков, А. И. Локационные методы исследования объектов и сред : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. И. Баскаков, Т. С. Жутяева, Ю. И. Лукашенко ; под ред. А. И. Баскакова. – М. : Академия, 2011. – 384 с.
2. Пат. 2568899 Российская Федерация. Имитатор радиолокационной цели при зондировании преимущественно длительными сигналами / Боков А. С., Дядьков Н. А., Важенин В. Г., Мухин В. В., Щербаков Д. Е., Пономарев Л. И. – Оpubл. 20.09.2015, Бюл. № 26.
3. Учет переменных параметров линейной частотной модуляции в имитаторе отраженных сигналов для радиовысотометров / А. С. Боков, В. Г. Важенин, А. В. Гусев, Д. Ж. Нагашибаев, А. А. Иофин // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 60 – 67.
4. Пат. 2177160 Российская Федерация, МПК G01S7/38. Станция ретрансляционного типа однократных имитирующих помех доплеровским радиолокационным станциям / Блохин В. П., Жмуров Е. А., Быков Ф. М., Артюх В. В., Осыко М. В. – Заявл. 09.01.2001 ; опубл. 20.12.2001.

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ ГЛОНАСС-МОДУЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ К УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПЛАТЕ МАКЕТА РОБОТА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

**А. А. Гарев, В. В. Помещиков, К. А. Полкунов**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ

(учебный и испытательный), Тамбов, Россия

(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

В настоящее время применение роботизированных средств и устройств нарастает широкими темпами. Для отработки идеологии функционирования подобных средств и систем необходимо использовать современные недорогие и относительно простые компоненты. Одной из популярных и дешевых интегральных сред разработки является Arduino, с ее помощью возможно достаточно быстро и просто собрать необходимую базу, к примеру, для реализации робототехнического комплекса радиоэлектронной борьбы (РЭБ), необходимого для скрытного радиоподавления сотовой связи противника [1, 2]. При разработке макета робота РЭБ используется управляющая плата Arduino Mega 2560.

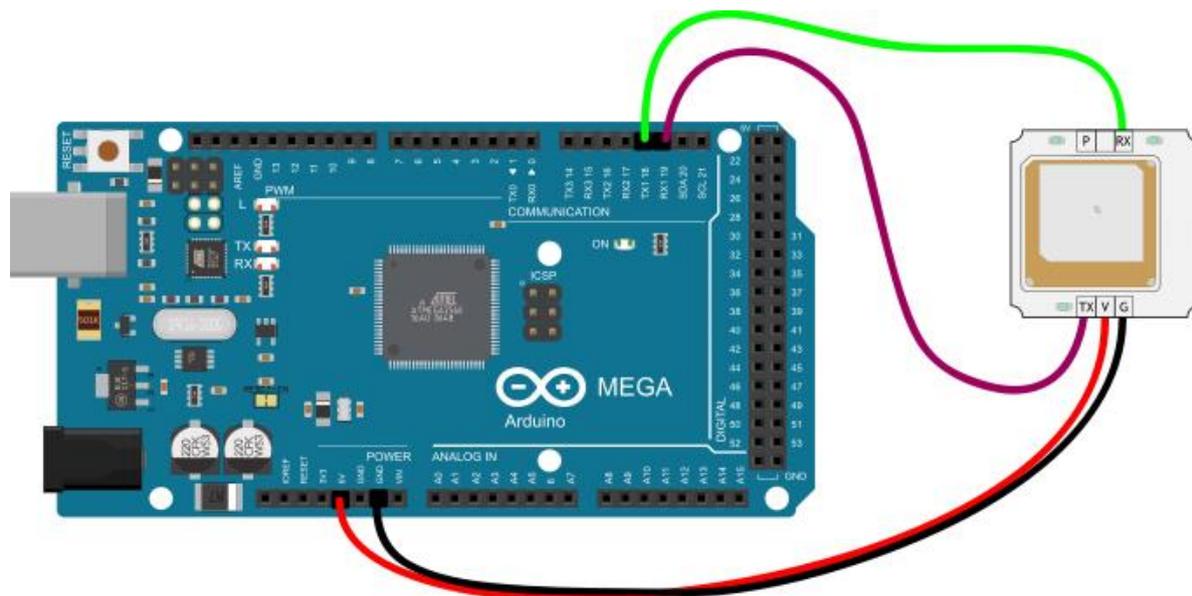
Необходимым звеном в применении модели робота РЭБ является его позиционирование на определенной местности. Использование систем позиционирования – одно из актуальных направлений совершенствования технологических процессов в самых разных отраслях деятельности. При разработке алгоритма автоматического управления робототехническим комплексом возможно использовать модуль позиционирования GPS/GLONASS v1 (Тройка-модуль), совместимый с используемым управляющим модулем [3]. На рисунке 1 представлен данный модуль.



Рис. 1. Модуль GPS/GLONASS v1 (Тройка-модуль)

Модуль GPS/GLONASS v1 принимает сигналы спутников глобального позиционирования – GPS, GLONASS и Galileo – и рассчитывает свои географические координаты, скорость перемещения, высоту над уровнем моря и точное локальное время. Данные передаются на управляющую электронику в текстовом формате NMEA по интерфейсу UART [4].

Подключить GPS-модуль можно к объекту Serial 1 на управляющие контакты 18 и 19. На рисунке 2 показана схема подключения модуля GPS/GLONASS v1 на примере платы Arduino Mega 2560.



**Рис. 2.** Схема подключения модуля GPS/GLONASS v1 к плате Arduino Mega 2560

Таким образом, применение относительно простых в применении и освоении модулей на базе современных программируемых отладочных платформ позволяет отработать идеологию функционирования современных роботизированных систем военного и гражданского назначения.

### **Библиографический список**

1. Момот, М. В. Мобильные роботы на базе Arduino / М. В. Момот. – СПб. : БХВ-Петербург, 2017. – 288 с.
2. Блум, Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства / Д. Блум ; пер. с англ. – СПб. : БХВ-Петербург, 2015. – 336 с.
3. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino / У. Соммер. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
4. GPS/GLONASS v1 (Тройка-модуль) [Электронный ресурс]. – URL : <http://wiki.amperka.ru/troika-gps-glonass> (дата обращения: 10.04.2023).

## ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ РЛС И РЭБ

**Е. А. Гвоздев, Е. А. Симон, Н. А. Скворцов, А. А. Успенский**  
Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия  
(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

Испытания современных радиолокационных систем предъявляют уникальные требования к испытательному и измерительному оборудованию. Далее кратко обсуждаются некоторые общие проблемы, возникающие в процессе испытаний. Для многих сигналов РЛС характерны широкие полосы частот. Для ЛЧМ или модулированных импульсов может потребоваться гигагерцевая полоса частот, требующая широкополосного испытательного оборудования.

Другим общим требованием к испытательному оборудованию для РЛС является низкий уровень фазового шума. Доплеровские РЛС часто измеряют скорость изменения фазы во времени, поскольку их радиолокационные импульсы не могут быть достаточно длинными, чтобы проинтегрировать циклы приращения частоты. При выполнении этих прецизионных измерений изменения фазы фазовый шум должен быть очень низким, что предъявляет жесткие требования к характеристикам фазового шума измерительных приборов [1].

Другой проблемой для испытательных систем РЛС могут быть высокие требования к динамическому диапазону. Обычно эти требования возникают из-за больших потерь сигнала на пути распространения от передатчика до возвратного эхо-сигнала. Как мы видели до сих пор, многие преимущества использования сжатия импульсов для лучшего разрешения и однозначного определения дальности часто вызывают необходимость синтеза сложных форм испытательных сигналов [2]. В дальнейшем уровень сложности увеличивается в связи с необходимостью учета доплеровских сдвигов в РЛС, которые определяют скорость. Многие РЛС используют системы с фазированной антенной решеткой. Эти антенные системы используют распределение моментов времени прихода волнового фронта среди многих антенных портов для управления положением главного лепестка диаграммы направленности антенны. Это требует тестовых сигналов и измерений, обеспечивающих много каналов, фазово-когерентных и фазорегулируемых источников сигналов или анализаторов. Так называемая испытательная система для многоканальной антенной решетки (multi-channel array test system) ставит перед инженерами-испытателями РЛС вполне реальные проблемы [3].

Последние поколения систем РЛС и РЭБ работают в различных полосах частот и используют широкополосные или сверхширокополосные сигналы, которые поддерживают очень сложные схемы модуляции. Эти системы также используют передовые методы цифровой обработки сигналов, чтобы замаскировать или скрыть свою работу и таким образом избежать воздействия преднамеренных помех. Непрерывная эволюция таких систем будет продолжаться, чтобы соответствовать характеристикам и возможностям технических решений, необходимых для генерации испытательных сигналов, создания искусственных испытательных полигонов с несколькими источниками излучения, а также для оценки и анализа сигналов РЛС и систем [4, 5].

### Библиографический список

1. Баскаков, А. И. Локационные методы исследования объектов и сред : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. И. Баскаков, Т. С. Жутяева, Ю. И. Лукашенко ; под ред. А. И. Баскакова. – М. : Академия, 2011. – 384 с.
2. Учет переменных параметров линейной частотной модуляции в имитаторе отраженных сигналов для радиовысотометров / А. С. Боков, В. Г. Важеннин, А. В. Гусев, Д. Ж. Нагашибаев, А. А. Иофин // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 60 – 67.
3. Леньшин, А. В. Методика адаптивного распределения сил и средств комплексного технического контроля по объектам защиты в различных физических полях разнесенного приема / А. В. Леньшин // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2020. – № 4. – С. 15.
4. Канаков, В. А. Приемно-преддающие устройства в системах телекоммуникаций. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые подходы к проблемам генерации, обработки, передачи, хранения, защиты информации и их применение» / В. А. Канаков, В. Ф. Ключев, И. Я. Орлов. – Нижний Новгород, 2007. – 95 с.
5. Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин и др. ; под общ. ред. В. П. Бердышева. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 400 с.

# **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПОСТАНОВКИ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ ПЛИС ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ В ЗАДАННОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ**

**И. С. Гришин, В. А. Наумчик, А. Р. Зайдуллин**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ

(учебный и испытательный), Тамбов, Россия

(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

На сегодняшний день большое развитие в области передачи данных получили беспроводные сети – сети радиосвязи. Для систем радиосвязи важной проблемой является повышение помехоустойчивости приема цифровых (дискретных) сигналов при комплексном воздействии помех с различной частотно-временной структурой. В связи с этим все большую актуальность приобретает задача разработки средств радиоподавления, таких как программно-аппаратный комплекс постановки помех «Айсберг 2.0», отличительной особенностью которого является излучаемая им помеха, состоящая из значений множества колебаний, генерируемых нелинейными системами теории динамического хаоса.

Динамический хаос – непериодические колебания, возникающие в нелинейных детерминированных системах, демонстрирующие высокую чувствительность к начальным условиям. Эти колебания имеют ряд общих черт со случайными процессами, в частности, сплошной спектр мощности, но их природа связана не со случайностью, а с нелинейными свойствами, порождающими нерегулярные колебания в динамических системах. Так же динамический хаос является детерминированным, то есть значение сигнала можно точно рассчитать для каждого момента времени [1]. Динамический хаос возможно использовать в самых различных целях: кодирование информации, создание скрытых и защищенных систем связи, создание источников помех. Для выполнения этих задач необходимо реализовать специальные устройства формирования хаотических колебаний или генераторы. Известно большое количество различных математических моделей генераторов хаотических колебаний, самой известной из которых является модель Лоренца. Эти математических модели достаточно хорошо исследованы в теории, но для получения генераторов на практике в виде рабочего изделия необходимо пройти долгий путь разработки и отладки электронного устройства, построенного на дискретных элементах [2].

Программно-аппаратный комплекс «Айсберг 2.0» представляет собой набор генераторов хаотических колебаний, сигналы от которых поступают на специальный блок коммутации сигналов. Блок коммутации образует различные комбинации входных сигналов, такие как сумма, произведение, либо выво-

дит каждый из сигналов на определенное время, формируя тем самым сигнал, представляющий собой последовательность идущих друг за другом хаотических сигналов. В качестве аппаратной части устройства выступает программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС). Она представляет собой набор логических элементов, расположенных на одном кристалле. В матрицах переключений задаются соединения логических элементов друг с другом через соединительные шины. Блоки ввода-вывода обеспечивают передачу и прием информации от внешних устройств.

Программирование ПЛИС заключается в конфигурации матриц переключений таким образом, чтобы получилось необходимое логическое устройство. ПЛИС, в отличие от процессоров, выполняют запрограммированные задачи параллельно, а не последовательно, что обеспечивает большую скорость вычислений.

Основной особенностью разработанного устройства «Айсберг 2.0» являются:

- универсальность;
- возможность расширения;
- интеллектуальное формирование сигнала.

### **Библиографический список**

1. Генераторы хаотических колебаний : учебное пособие / Б. И. Шахтарин и др. – М. : Гелиос АРВ, 2007. – 248 с.
2. Кобылкина, П. И. Источники хаотических колебаний с дискретным временем / П. И. Кобылкина, Ю. А. Сидоркина, В. Д. Морозова // Научный вестник МГТУ ГА. Сер. Радиофизика и радиотехника. – 2003. – № 62. – С. 140 – 147.

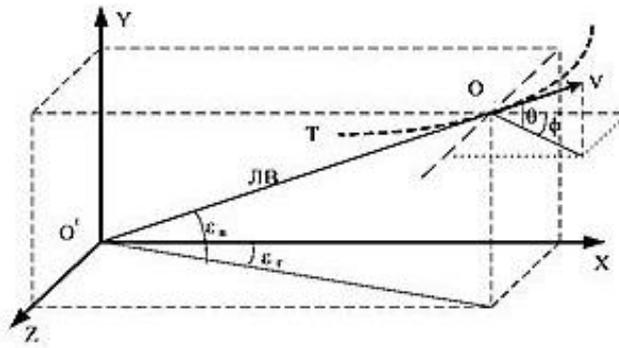
## **АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ НОРМАЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ ОТСЛЕЖИВАЕМОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

**С. Н. Данилов<sup>1</sup>, У. Р. Наимов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: plabz@mail.ru)

<sup>2</sup>Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан,  
(e-mail: umed87-88@mail.ru)

Рассмотрена возможность оценки нормального ускорения на основе оценки ориентации аэродинамического объекта (АЭ) в пространстве. Пусть имеется датчик, который позволяет определить ориентацию АЭ по его изображению в виде углов тангажа  $\vartheta$  и курса  $\psi$  [1, 2].



**Рис. 1. Положение цели в пространстве**

На рисунке 1 в системе координат  $O^1XYZ$  точкой  $O$  показано положение АЭ;  $v$  – вектор скорости цели;  $T$  – траектория полета;  $\theta$  – угол наклона траектории к плоскости горизонта;  $\phi$  – угол поворота траектории относительно заданного направления; ЛВ – линия визирования;  $\varepsilon_r$ ,  $\varepsilon_v$  – углы наклона ЛВ в горизонтальной и вертикальной плоскости, соответственно;  $D$  – дальность от точки наблюдения до АЭ.

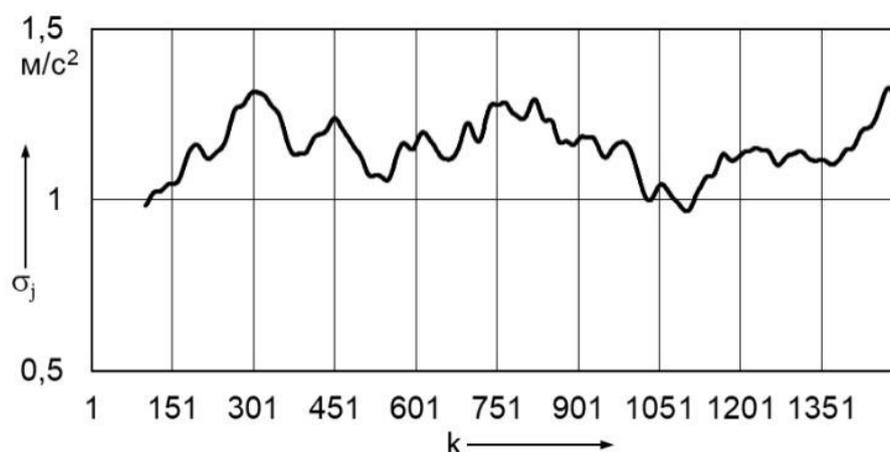
Возможность определения нормального ускорения рассмотрена при следующих допущениях: вектор  $V$  совпадает со строительной осью АЭ, т.е.  $\theta = \vartheta$  и  $\phi = \psi$ ; маневры характеризуются высоким поперечным ускорением и низким продольным ускорением [3, 4]; углы  $\varepsilon_r$  и  $\varepsilon_v$  измеряются из неподвижной точки наблюдения.

Из рисунка 1 получим:  $v_x = v \cos \vartheta \cdot \cos \psi$ ;  $v_y = v \sin \vartheta$ ;  $v_z = v \cos \vartheta \cdot \sin \psi$ ; где  $V_X$ ,  $V_Y$ ,  $V_Z$  – проекции вектора скорости цели  $v$  на оси  $O^1X$ ,  $O^1Y$ ,  $O^1Z$  соответственно.

Для угломера относительное перемещение АЭ может быть задано в виде изменения нормального к линии визирования ускорения. Рассмотрим только горизонтальную плоскость, как основную плоскость при маневрировании. Если воспользоваться этими составляющими скорости, то после некоторых тригонометрических преобразований получим выражение нормального ускорения АЭ на основе информации о пространственной ориентации цели:

$$j_{Z_{\text{НаЭ}}} = v \cdot [-\vartheta \cdot \sin \vartheta \cdot \sin(\psi - \varepsilon_r) + (\omega_r - \dot{\psi}) \cos \vartheta \cdot \cos(\psi - \varepsilon_r)].$$

Анализ работоспособности алгоритма определения нормального ускорения проводился на примере сопровождения одной цели типа «истребитель» при условии, что цель движется прямолинейно и с постоянной скоростью. На рисунке 2 приведен график изменения среднеквадратической погрешности вычисления нормального ускорения на основе последнего выражения. При этом считалось, что угловые координаты измеряются со среднеквадратическими погрешностями равными:  $\sigma_\varepsilon = 0,5^\circ$ ,  $\sigma_\psi = \sigma_\vartheta = 1^\circ$ .



**Рис. 2. Среднеквадратическая погрешность вычисления нормального ускорения**

### **Библиографический список**

1. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic 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.
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.

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАКЕТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ, СОЗДАНИИ И ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**С. Н. Данилов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: plabz@mail.ru)

Во время активной информатизация образования, которая позволяет закрепить теоретические знания в форме навыков и умений в различных сферах инженерной деятельности особое значение приобретает использование прикладных пакетов математического моделирования.

Остановимся на дидактических особенностях информационных технологий в обучении дисциплинам радиотехнического профиля, применение которых дает возможность [1]:

- визуализации учебной информации об изучаемом объекте, процессе, наглядное представление на экране схемы объекта (процесса), его модели;
- графической интерпретации закономерности изучаемого и исследуемого процесса;
- моделирования изучаемых или исследуемых объектов, явлений, процессов, протекающих реально;
- автоматизации процесса обработки результатов учебного или научного эксперимента [2], его экранного представления с возможностью многократного повторения фрагмента или самого эксперимента с измененными параметрами (например, обработка радиосигнала при нескольких значениях отношения сигнал/шум).

В настоящее время доступно много математических пакетов, таких как MathCad, MathLab (Simulink) и т.д. Для использования на лекционных, практических занятиях в качестве средства моделирования и демонстрации работы реальных радиосистем наиболее удобным представляется именно MathCad. В качестве примера можно привести фрагменты модели системы формирования и обработки сигнала в сотовой связи (стандарт LTE) и цифровом телевидении стандарта DVB-T2. Модель позволяет непосредственно.

На лекции формировать каналный сигнал, задавая нужное соотношение сигнал/шум, демонстрировать работу системы формирования и обработки сигнала. На рисунке 1 показаны для примера, полученные фазовые созвездия сформированного и принятого сигналов (красный цвет – сигнал с передатчика, синий – с выхода высокочастотного тракта приемника). Левое созвездие – сотовая связь, правое (с поворотом на  $17^\circ$ ) – телевидение.

Подобные модели разработаны автором также для фильтрации сигналов пространстве состояний: линейные фильтры различной размерности и модель системы со сменой структуры в случайные моменты времени [3]; модель тракта формирования сигнала передатчика с обратной связью и сниженной величиной пик-фактора [4] и т.п.

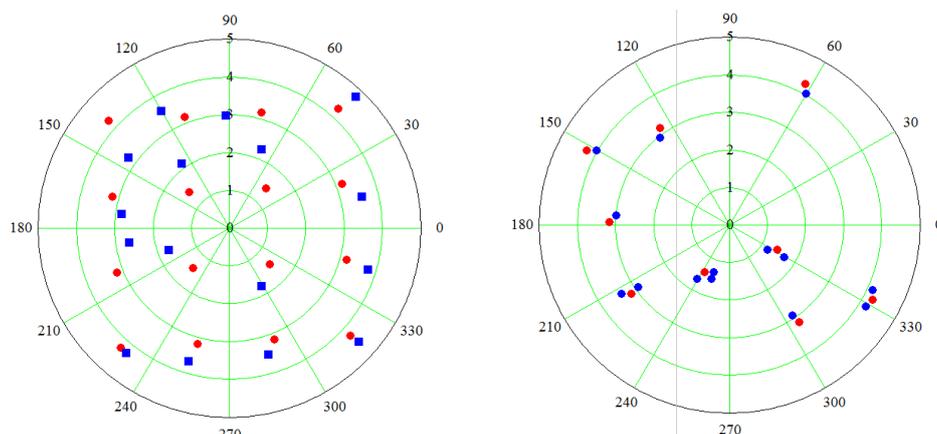


Рис. 1

## Библиографический список

1. Розанова, С. А. Дидактические возможности информационных и коммуникационных технологий в обучении математике в вузе / С. А. Розанова, Е. И. Санина, Т. А. Кузнецова // Вестник РУДН. Сер. Информатизация образования. – 2012. – № 3.
2. Чернышова, Т. И., Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Международ. науч.-практ- конф. студентов, молодых ученых и специалистов, 2019. – С. 172–173.
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.
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. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОДИАПАЗОННОЙ ПАТЧ-АНТЕННЫ С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ МЕТА-ЯЧЕЙКАМИ

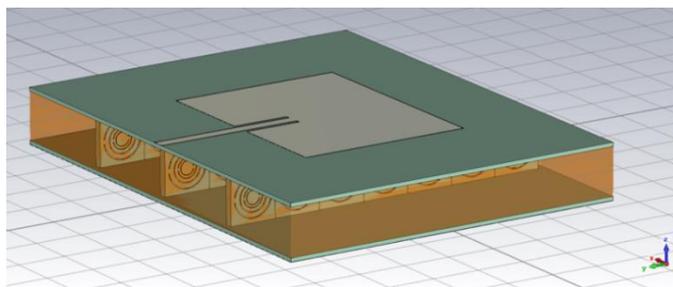
**Я. С. Дронин, Д. С. Север, М. М. Смирнова**

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия  
(e-mail: dronin.ias@dvfu.ru, sever.ds@dvfu.ru, smirnova.mmi@dvfu.ru)

*Аннотация.* В данной работе предлагается к рассмотрению патч-антенна с интегрированными в подложку ячейками мета-структур. Элементы ячеек выполнены в виде резонаторов с разрезным кольцом (split-ring resonator, SRR). Моделирование производилось в программном обеспечении CST Studio Suite. В результате была получена антенна, рассчитанная для работы на частоте 3,5 ГГц. Интегрирование в диэлектрик антенны ячеек из метаматериалов позволило достигнуть многодиапазонности, а также высокого усиления на требуемой частоте.

Разработка, рассматриваемая в данной работе, доказывает факт того, что комбинирование метаматериальных структур в цельные ячейки и их последующая интеграция в конструкцию антенны приводит к охвату большего диапазона частот, получению высоких показателей усиления, а также к миниатюризации.

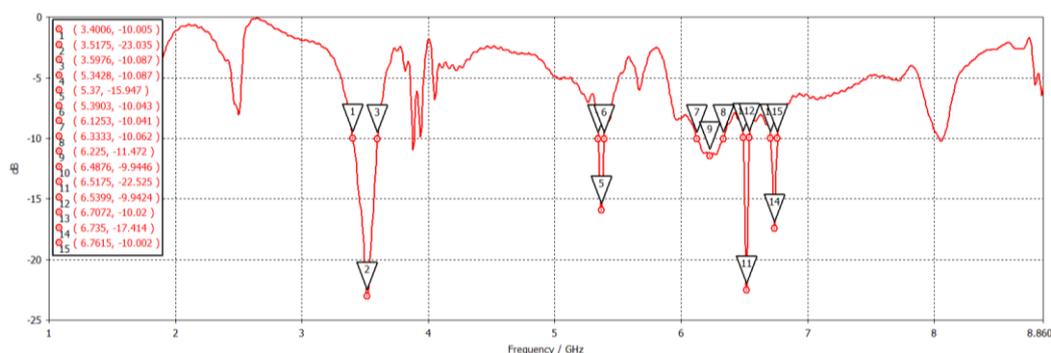
На рисунке 1 представлена модель разработанной патч-антенны.



**Рис. 1. Модель разработанной патч-антенны на основе метаматериалов**

Конструкция колец, их геометрия и особенности размещения были рассчитаны таким образом, чтобы достигался резонанс в выбранном частотном диапазоне. Экспериментальное добавление двух дополнительных колец в структуру ячеек показало увеличение количества рабочих частотных диапазонов. Соответствующий график представлен далее.

На рисунке 2 показано распределение резонансов на кривой S11-параметра. Необходимо выделить ярко выраженные резонансы на целевой частоте 3,5 ГГц в точке 2, а также в точках 5, 11 и 14, на частотах 5,3 ГГц, 6,5 ГГц и 6,7 ГГц соответственно. Помимо этого, хорошо выделяется частота 6,2 ГГц, обладающая широкой полосой порядка 200 МГц.



**Рис. 2. График коэффициента отражения антенны**

Общий вид диаграммы антенны близок к круговой направленности излучения, пик усиления равен 5,31 dBi.

*Вывод.* В результате моделирования была получена многодиапазонная патч-антенна с оптимизированной методом метаматериалов структурой. Достигнуты высокие характеристики усиления, а также большое количество резонансов в диапазоне до 9 ГГц. Резонанс целевой частоты обладает частотной полосой около 200 МГц. Структура эффективна, достигнуты хорошие показатели по потерям на излучение.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности по проекту № FZNS-2023-0008.

## Библиографический список

1. Design and Analysis of Metamaterial Antenna Using Triangular Resonator / Bashir D. Bala, Mohamad Kamal A. Rahim, N. A. Murad, M. F. Ismail, H. A. Majid. // 2012 Asia-Pacific Microwave Conference. – Kaoshiung, Taiwan. – 2012. – P. 577 – 579.
2. Karen, N. Olan-Nuñez. A novel metamaterial-based antenna for on-chip applications for the 72.5–81 GHz frequency range / Karen N. Olan-Nuñez & Roberto S. Murphy-Arteaga // Scientific Reports 2022. – 12:1699. – URL : <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05829-0>
3. Faruque, M. R. I. Tree-shaped fractal meta-surface with left-handed characteristics for absorption application / M. R. I. Faruque, M. M. Hasan, M. T. Islam. // Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018. – URL : <https://doi.org/10.1007/s00339-017-1498-9>

## ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОРТАТИВНОЙ РАДИОАППАРАТУРЫ

**М. Н. Дутов, Д. В. Образцов, В. Н. Чернышов**

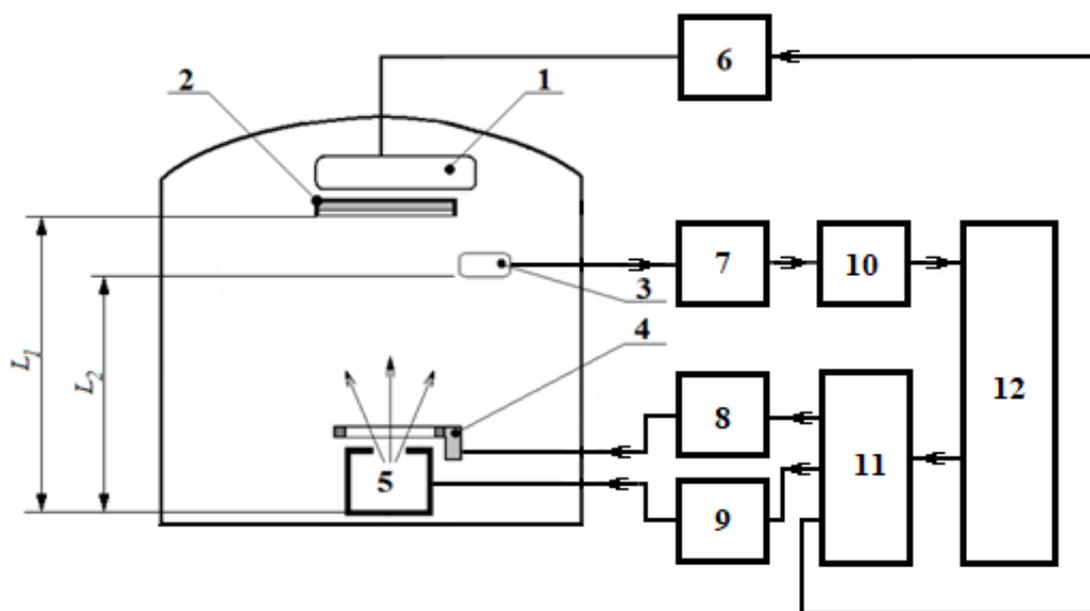
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [odvru@rambler.ru](mailto:odvru@rambler.ru))

Топливный элемент представляет собой электрохимическое устройство, которое с высокой эффективностью использует химическую энергию топлива для генерации электричества. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются очень эффективными устройствами, потому что они могут использовать широкий спектр топлива, включая водород, метан, пропан, жидкие углеводороды и их производные [1].

Как правило, высоким КПД обладают топливные элементы только высокой мощности с большими массогабаритными параметрами. Катализаторы могут значительно повысить удельную мощность малогабаритных ТОТЭ, ускорив процессы электрохимических реакций и уменьшив их активационную энергию. Чем больше активная поверхность, тем больше каталитических центров доступно для катализа реакций на электродах, что увеличивает ее скорость и, следовательно, повышает удельную мощность ТОТЭ. Таким образом, снижение массогабаритных параметров с сохранением уровня генерируемой электроэнергии позволит использовать их в портативной радиоаппаратуре.

Одной из самых больших проблем масштабирование процесса синтеза катализаторов от лабораторных условий до реального производства является достижение необходимого уровня точности и контроля над процессом синтеза. В работе [2] предложен метод и реализующая его измерительно-управляющая система синтеза высокоэффективного катализатора в ТОТЭ. Основным преимуществом разработанного метода является возможность синтеза островкового катализатора с высокой повторяемостью. Для этого напыление катализаторов проводится в два этапа – контролируемый синтез зародышей катализатора и последующий рост островкового катализатора на сформированных зародышах до заданных параметров [3].

Для реализации метода активного технологического контроля процесса напыления островкового катализатора разработана измерительно-управляющая система (рис. 1).



**Рис. 1. Структурная схема измерительно-управляющей системы для синтеза островкового катализатора:**

- 1 – термостат; 2 – рабочая подложка; 3 – контрольный образец;  
 4 – электромеханическая заслонка; 5 – испаритель вещества катализатора;  
 6 – блок задания температуры термостата; 7 – усилитель; 8 – блок управления положением электромеханической заслонки; 9 – блок управления мощностью испарителя;  
 10 – АЦП; 11 – коммутатор; 12 – микропроцессорное устройство

Повышение каталитической активности также способствует сохранению удельной мощности при снижении рабочей температуры, что снижает требования к использованию дорогостоящих тугоплавких материалов и технологий изготовления, и позволяет дополнительно уменьшить массогабаритные параметры топливных элементов за счет снижения толщины требуемой теплоизоляции.

## Библиографический список

1. Дунюшкина Л. А. Твердооксидные топливные элементы с пленочным электролитом: проблемы и перспективы / Л. А. Дунюшкина // Электрохимическая энергетика. – 2016. – № 16(4). – С. 196 – 206.
2. Obratsov D. V. Active control of the catalyst structure during sputtering the on surface of solid oxide electrolytes of fuel cells / D. V. Obratsov., V. N. Chernyshov, M. N. Dutov// Proceedings-2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020. – 2020. – V. 2. – P. 586 – 589.
3. Active technological control of synthesis of high-active catalysts on the surface of solid electrolytes of fuel elements / D.V. Obratsov, V. N. Chernyshov, M. N. Dutov, et al. // Journal of Physics: Conference Series. VI International Scientific and Practical Conference «Virtual Simulation, Prototyping and Industrial Design 2019, VSPID-2019». – 2020. – P. 012016.

## РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВГА ПАЙКИ

**П. Д. Евстафьев**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [pavel-ev111@yandex.ru](mailto:pavel-ev111@yandex.ru))

Один из самых известных методов неразрушающего контроля, является рентгенографический. С его помощью выявляют визуально не обнаруживаемые дефекты такие, как пустоты, перемычки (между выводами ВГА) и т.д.

Концепция работы рентгеновского оборудования заключается в следующем, рентгеновские лучи, генерируемые в рентгеновской трубке, просвечивают проверяемый образец и поступают на устройство, называемое детектором, которое представлено на рис. 1. Детектор – это устройство, которое генерирует видимый образ информации, которая получена с помощью 2D-инспекции. [1] При фиксированном угле обзора, по всей видимости недостаточен для полного изучения объекта. Для сбора наибольший подробных сведений, можно предположить, что есть необходимость в использовании томографии (КТ).

Можно полагать, что томография существенно повышает возможности рентгеновского анализа компонентов, паяных соединений, печатных плат и т.д.

При наличии 3D-модели изучаемого образца, оператор получает область возможностей изучения со всех сторон, так и любой его срез той области, которая проявляет для него повышенный интерес. При чем, в отличие от снимков, полученных путем 2D-рентгеноскопии, различные слои и различные области в печатном узле скорее всего могут исследованные отдельно друг от друга, без затемнения различными компонентами, что существенно упрощает задачу идентификации составных частей исследуемого образца, в данном случае – поиска дефектов в паяных соединениях BGA.

На рисунке 2 представлены дефекты в виде пустот, которые были обнаружены рентгенографическим устройством.

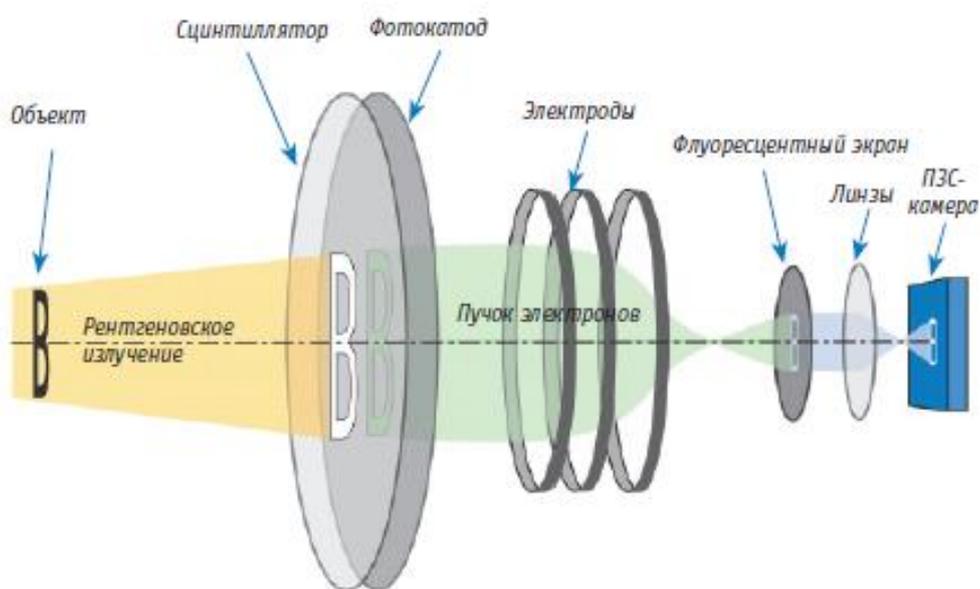


Рис. 1. Устройство, генерирующее видимый образ

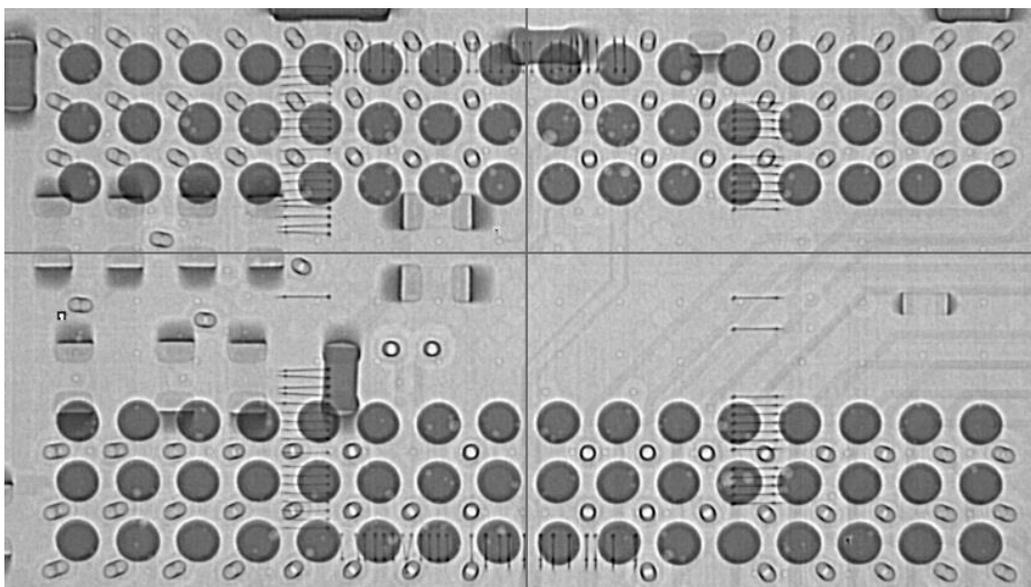


Рис. 2. Дефекты BGA в виде пустот

В связи с этим можно сделать вывод, что КТ вполне является одним из действенных способов нахождения дефектов, проявленного в ходе прочих проверок, допустим, причиной неисправности либо отказа, который может быть зафиксирован при функциональном тестировании электронного узла.

### **Библиографический список**

1. Практика радиографического контроля : учебное пособие / В. К. Кулешов, Ю. И. Сертаков, П. В. Ефимов ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 288 с.

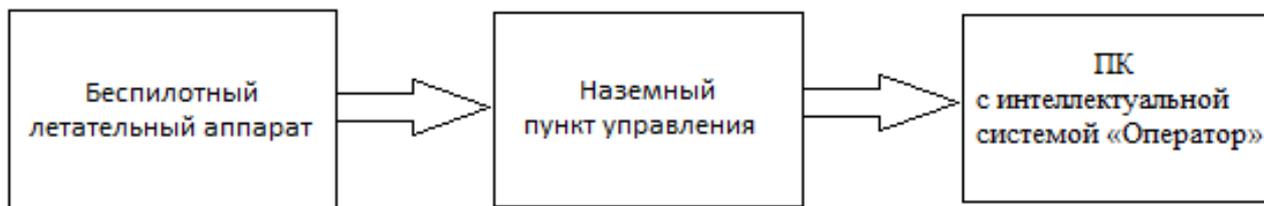
## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**А. Р. Зайдуллин, С. Н. Горбунов, Н. С. Хрущев, Ю. Ю. Громов**  
Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия  
(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

В настоящее время беспилотные летательные аппараты получают все большее распространение в различных сферах деятельности. Происходит это во многом из-за того, что с помощью них можно получить различные снимки, которые без их использования были бы либо очень сложно, либо вовсе невозможно получить. Однако качество получаемых снимков почти всегда получается неидеальным ввиду следующих факторов: основная функция беспилотных летательных аппаратов в обеспечении точного позиционирования в пространстве и основные ресурсы (такие как вес и пространство) в беспилотном летательном аппарате занимают различные технические средства, обеспечивающие безопасную работоспособность данной функции, в следствии чего не остается ресурсов для размещения профессионального оборудования для фотосъемки; многие снимки, производимых беспилотным летательным аппаратом производятся в движении, из-за чего они выходят размытыми.

Таким образом, возникает потребность в обработке уже сделанных фотоснимков, для чего могут использоваться алгоритмы обработки изображений, построенные с помощью нейронных сетей. Одной из систем, реализующих данный подход, является интеллектуальная система «Оператор». Данная систе-

ма позволяет ликвидировать различные дефекты на фотографии, (такие, как размытие), восстанавливать зашумленные изображения, сегментировать и создавать панорамные изображения. Однако данная система производит обработку только на ПК, на котором она установлена. Таким образом, на данный момент сделанное беспилотным летательным аппаратом (БЛА) изображение сначала передается на наземный пункт управления (НПУ), откуда оно переносится на ПК с интеллектуальной системой «Оператор».



**Рис. 1. Схема передачи изображения для обработки**

Одной из возможных перспектив развития данной схемы может послужить внедрение используемых «Оператором» алгоритмов в беспилотный летательный аппарат, чтобы сразу обрабатывать снимки и передавать наземному пункту управления изображения более высокого качества. Однако данное решение потребует от беспилотного летательного аппарата намного больших вычислительных ресурсов, чем на сегодняшний день. Наиболее вероятный исход заключается во внедрении тех же алгоритмов в наземный пункт управления, чтобы передаваемые им снимки в другие источники были более качественными, исключая одно звено в нынешней схеме.

### **Библиографический список**

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.
2. Сизиков, В. С. Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab : учебное пособие / В. С. Сизиков. – СПб. : Лань, 2017. – 412 с.

# ВЫИГРЫШ В ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И СКОРОСТИ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ

А. А. Иванов, Д. В. Бойков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: andreyivanov6898@yandex.ru)

При использовании в навигационных комплексах подвижных объектов (ПО) спутниковых радионавигационных систем (СРНС) для определения координат местоположения и параметров движения ПО возникает существенная проблема, связанная с тем, что измерения на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС могут иметь существенные ошибки (быть недостоверными или представлять собой аномальные измерения) [1, 2]. Обусловлено это влиянием на радиосигнал канала распространения, приводящее к тому, что радиосигналы приходящие на вход аппаратуры приема сигналов СРНС имеют малое отношение сигнал–шум. В этом случае в канале измерения псевдодальности до искусственного спутника Земли может возникнуть значительная ошибка измерения псевдодальности или происходит аномальное измерение псевдодальности. В работе [1] были разработаны адаптивные алгоритмы обработки информации, позволяющие выявлять аномальные измерения на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС и исключать их из обработки. Для выявления аномальных измерений в ней предложено использовать невязки измерений – ошибку между значением сигнала на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС и значением прогноза этого сигнала, формируемого на основе разработанной модели.

Для оценки выигрыша в точности оценивания координат местоположения и скорости движения ПО было выполнено моделирование разработанных алгоритмов для различных значений аномальных измерений. На рисунке 1 приведены зависимости максимального значения ошибки оценивания координаты местоположения ПО по оси  $OX_g$   $\varepsilon_x(t_{k+1}) = x^*(t_{k+1}) - x(t_{k+1})$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$  в зависимости от величины аномального выброса  $\Delta$  на выходе АП сигналов СРНС с использованием разработанных адаптивных алгоритмов (кривая 1) и без их использования (кривая 2). Максимальное значение ошибки оценивания координаты местоположения ПО по оси  $OX_g$  с использованием разработанных адаптивных алгоритмов остается постоянным и составляет 2 метра. Для аномального выброса в 50 метров выигрыш по точности составляет почти 25 раз, а для 100 метров почти 55 раз. Зависимости максимального значения ошибки оценивания координаты местоположения ПО по оси  $OY_g$  носят аналогичный характер.

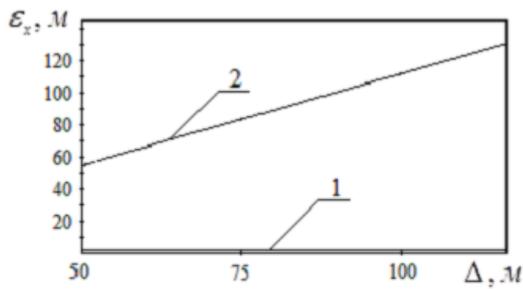


Рисунок 1 – Максимальные ошибки оценивания координаты местоположения объекта по оси  $OX_g$  в зависимости от резкого скачка  $\Delta$  на выходе АП по данным СРНС

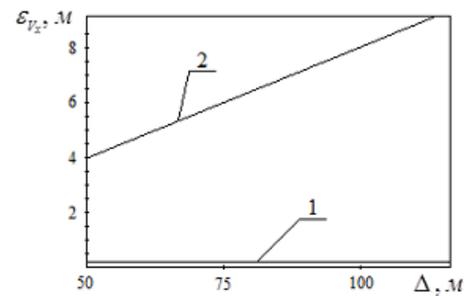


Рисунок 2 – Максимальные ошибки оценивания скорости объекта по оси  $OX_g$  от скачка  $\Delta$  на выходе АП сигналов СРНС

На рисунке 2 приведены зависимости максимального значения ошибки оценивания скорости передвижения ПО по оси  $OX_g$ ,  $\varepsilon_{v_x}(t_{k+1}) = v_{X^*}(t_{k+1}) - v_X(t_{k+1})$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$  в зависимости от величины аномального выброса  $\Delta$  на выходе АП сигналов СРНС с использованием разработанных адаптивных алгоритмов (кривая 1) и без их использования (кривая 2). Максимальное значение ошибки оценивания скорости передвижения ПО по оси  $OX_g$  с использованием разработанных алгоритмов остается постоянным и составляет 0,2 м/с. Для аномального выброса в 50 метров выигрыш по точности составляет почти 20 раз, а для 100 метров почти 38 раз. Зависимости максимального значения ошибки оценивания скорости передвижения ПО по оси  $OY_g$  носят аналогичный характер.

### Библиографический список

1. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, A. A. Ivanov, N. A. Lezhneva // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2021. – № 8(66). – P. 926 – 937.
2. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics – 2020. – № 6(65). – P. 609 – 618.

# ПРИМЕНЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ СРЕДНИХ ОТКЛОНЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**А. В. Иванов, И. П. Мицул, А. А. Иванов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: andreivanov6898@yandex.ru)

Для определения высоты подвижного объекта (ПО) широкое распространение получили навигационные комплексы (НК), из состава которых для решения данной задачи используются: аппаратура приема (АП) сигналов спутниковой радионавигационной системы (СРНС); инерциальная навигационная система (ИНС); барометрический высотомер (БВ). Использование для решения задачи определения высоты СРНС приводит к проблеме обусловленной каналом распространения радиосигналов (прохождение радиосигнала через ионосферу и тропосферу Земли) и влиянием объектов, окружающих ПО (затенение объекта рельефом поверхности Земли). Суть проблемы в том, что радиосигналы, приходящие на вход АП сигналов СРНС, имеют малое отношение сигнал–шум. Это приводит к возможности захвата в АП вместо полезного сигнала выбросов шума, и, как следствие, к возникновению значительных аномальных ошибок измерения псевдодальности, а следовательно и высоты.

Для выявления аномальных измерений в работе [1] предложено использовать невязки измерений. В стационарном режиме работы невязки измерений представляет собой дискретные случайные величины, распределенные по нормальному закону. Естественно предполагать, что если закон распределения невязок измерений не является гауссовским, то измерения на выходе АП СРНС являются аномальными.

Для проверки наличия или отсутствия аномальных измерений в процессе функционирования алгоритмов обработки использовался метод скользящего окна, представляющий собой алгоритм трансформации, позволяющий сформировать из дискретных значений временного ряда невязок измерений набор данных. Под окном понимался временной интервал длительностью  $\Delta T = N(t_{k+1} - t_k)$ , содержащий набор  $N$  дискретных значений (выборок) невязок измерений. В процессе работы алгоритма обработки информации в НК окно смещалось по мере поступления новых выходных сигналов с АП сигналов СРНС. Для проверки закона распределения набора данных  $\{\varepsilon_{B2}(t_m), \varepsilon_{B2}(t_{m+1}), \dots, \varepsilon_{B2}(t_{m+(N-1)})\}$  размером  $N = 200$  использовались методы математической статистики, а именно использовалось отношение средних отклонений  $d_N$ :

$$d_N = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=m'}^{m+(N-1)} |\boldsymbol{\varepsilon}_{B2}(t_i) - m_\varepsilon|}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=m'}^{m+(N-1)} (\boldsymbol{\varepsilon}_{B2}(t_i) - m_\varepsilon)^2}}, \quad m_\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=m}^{m+(N-1)} \boldsymbol{\varepsilon}_{B2}(t_i).$$

Если выполнялось неравенство  $d_{NQ} < d_N < d_{N(1-Q)}$ , то считалось, что совокупность случайных величин распределена по гауссовскому закону. Проверка разработанных алгоритмов проводилась путем статистического компьютерного моделирования. При моделировании предполагалось, что на выходе АП сигналов СРНС с 20 по 30 с возникли аномальные измерения высоты (рис. 1), а именно сигнал имел выбросы относительно истинного значения высоты, распределенные по равномерному закону в диапазоне  $\pm 30$  м. Отношение средних отклонений показано на рис. 2.

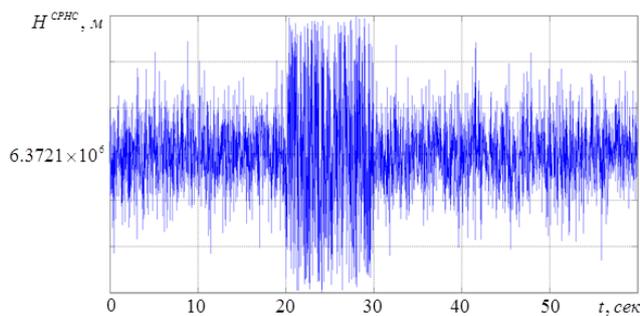


Рисунок 1

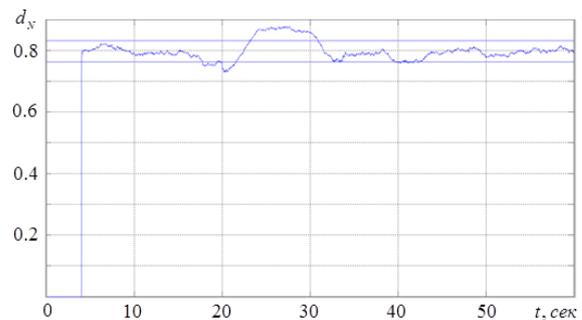


Рисунок 2

Из представленных графиков видно, что при возникновении аномальных измерений высоты на выходе АП сигналов СРНС с 20 по 30 с (рис. 1) отношение средних отклонений  $d_N$  выходит за пределы допустимых значений (рис. 2). Это может быть использовано в навигационных комплексах для обнаружения аномальных измерений АП сигналов СРНС с целью исключения их из обработки при определении высоты ПО.

### Библиографический список

1. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, A. A. Ivanov, N. A. Lezhneva // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2021. – № 8(66). – P. 926 – 937.

## **КОНТРОЛЬ ЦЕЛОСТНОСТИ В НАВИГАЦИОННО-ПОСАДОЧНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**А. В. Иванов, Э. И. Табеев, Н. А. Лежнева**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Aleksandr-ivanov68@yandex.ru)

Для решения задач захода на посадку и посадки самолетов широко используются навигационно-посадочные комплексы (НПК) [1], в состав которых входят: аппаратура приема (АП) сигналов спутниковой радионавигационной системы (СРНС); радиовысотомер (РВ); инерциальная навигационная система (ИНС); барометрический высотомер (БВ). При заходе на посадку с применением НПК самолет должен быть с допустимой вероятностью выведен в некоторую область пространства, положение и размеры которой зависят от посадочного метеоминимума. Границы этой области определяются допустимыми боковыми отклонениями в горизонтальной области и отклонениями по высоте от заданной траектории посадки, которые зависят от расстояния до точки приземления. Наиболее высокие требования предъявляются к точности определения высоты самолетов. Для самолетов гражданской авиации требования к вертикальной погрешности (СКО) при заходе на посадку и посадке самолетов по 1 категории ИКАО (международная организация гражданской авиации), когда высота над ВПП 30 метров, а дальность до точки приземления 716 метров составляет (1,5...2,0) метра; по 2 категории ИКАО, когда высота над ВПП 15 метров а дальность до точки приземления 358 метров составляет (0,7...0,85) метра; по 3 категории ИКАО, когда высота над ВПП 2,4 метра а дальность до точки приземления 57 метров составляет (0,2...0,3) метра [2].

Кроме точности навигационного обеспечения важным является его целостность. Наиболее жесткие требования по целостности предъявляются к системе при заходе и посадке по 1, 2 и 3-й категориям ИКАО, которые составляют, соответственно, 0,999999, 0,999999 и 0,9999999995 при допустимом времени предупреждения не более 1 с [2]. Для определения высоты с обеспечением целостности было синтезировано три независимых канала обработки сигналов по высоте: канал обработки сигналов СРНС, ИНС, БВ; канал обработки сигналов РВ; ИНС; БВ и канал обработки сигналов ИНС, БВ. Цель создания трех каналов – выявление недостоверных данных на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС или на выходе РВ при его отказе. Определение значения высоты самолета производится методом нахождения среднего значения. Метод выявления недостоверных данных это сравнение значений высоты полета

самолета на выходе трех каналов и исключение из нахождения среднего значения высоты канала, в котором есть недостоверные данные.

Разработанная структурная схема обработки информации в НПК с выявлением недостоверных данных показана на рис. 1.

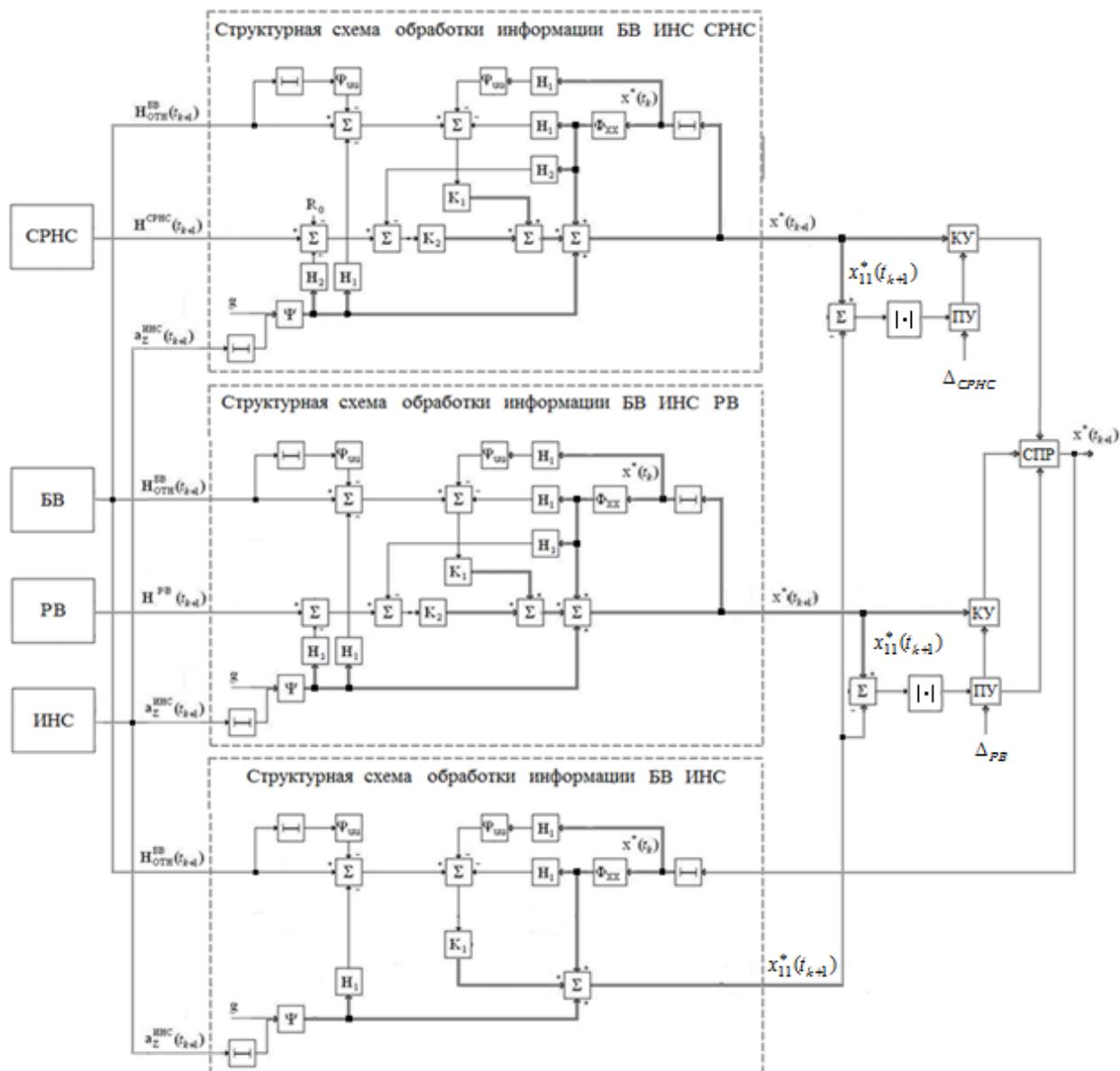


Рис. 1. Структурная схема обработки информации в НПК

### Библиографический список

1. Веремейко, К. К. Навигационно-посадочный комплекс на основе спутниковой радионавигационной системы / К. К. Веремейко, В. А. Тихонов // Радиотехника. – 1996. – № 1. – С. 94 – 107.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. – 3-е изд., перераб. – М. : Радиотехника, 2005. – 688 с.

# **КЛАССИФИКАЦИЯ И ЗАДАЧ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО ЦЕЛЕПОЛАГАНИЮ И ПРИОРИТЕТАМ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ**

**А. Г. Избасов**

Военный институт Сил Воздушной обороны имени дважды Героя  
Советского Союза Т. Я. Бегельдинова, Актобе, Республика Казахстан  
(e-mail: iag1973@mail.ru)

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали незаменимым инструментом во многих отраслях, от разведки и мониторинга до строительства и доставки грузов. Управление БПЛА имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации этих устройств [1].

Одной из главных особенностей управления БПЛА является отсутствие пилота на борту. Вместо этого управление осуществляется оператором с помощью бортовых компьютеров и дистанционного управления. Это требует высокой степени автоматизации и надежности систем управления, чтобы предотвратить аварии и минимизировать риски для окружающих.

Еще одной особенностью управления БПЛА является необходимость в точности планирования и координации полетов. Это связано с тем, что БПЛА могут использоваться в ограниченных пространствах, таких как городские районы или зоны боевых действий. В таких условиях каждый полет должен быть хорошо спланирован и согласован с соответствующими органами.

Еще одним важным аспектом управления БПЛА является обеспечение безопасности полетов. Это включает в себя мониторинг погодных условий, обнаружение препятствий и других опасностей, а также контроль за полетом и действиями БПЛА в целом. Для этого используются различные датчики и системы дистанционного управления, которые позволяют оператору быстро реагировать на любые изменения в ситуации [2].

Кроме того, управление БПЛА также требует высокой степени компетенции и опыта со стороны оператора. Это связано с тем, что БПЛА могут быть использованы в различных условиях и с разными целями, что требует от оператора соответствующих знаний и навыков.

Существует несколько различных алгоритмов управления движением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые используются в зависимости от конкретной задачи и характеристик БПЛА. Рассмотрим некоторые из них:

1. Пропорционально-интегрально-дифференциальный (PID) алгоритм управления. Этот алгоритм основан на обратной связи и используется для стабилизации полета БПЛА. Он работает на основе трех параметров: пропорционального, интегрального и дифференциального. Каждый из этих параметров отвечает за различные аспекты управления, такие как устранение ошибок полета, поддержание скорости и т.д.

2. Алгоритмы на основе машинного обучения. Эти алгоритмы используют нейронные сети и алгоритмы обучения для управления движением БПЛА. Они позволяют БПЛА обучаться и адаптироваться к различным ситуациям и условиям полета.

3. Алгоритмы на основе оптимального управления. Эти алгоритмы используются для оптимизации пути полета БПЛА и минимизации времени полета. Они учитывают различные ограничения, такие как скорость, высота и т.д., и позволяют БПЛА достигать заданных целей максимально быстро и эффективно.

Какой из этих алгоритмов является наилучшим, зависит от конкретной задачи и характеристик БПЛА. Например, алгоритм PID может быть наиболее подходящим для стабилизации полета, в то время как алгоритм на основе машинного обучения может быть наиболее эффективным для выполнения сложных задач, требующих адаптивности и обучения. В любом случае, выбор алгоритма управления должен быть основан на конкретных потребностях и задачах, которые должен выполнить БПЛА [3].

В целом, управление БПЛА является сложным и ответственным процессом, который требует высокой степени автоматизации, точного планирования и координации, обеспечения безопасности полетов и высокой компетенции оператора. Однако, при правильной эксплуатации, БПЛА могут стать незаменимым инструментом во многих отраслях и значительно упростить и ускорить выполнение различных задач.

### **Библиографический список**

1. Мельничук, А. И. К проблеме синтеза многопозиционной радиолокационной станции обнаружения беспилотных летательных аппаратов / А. И. Мельничук, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2022. – № 3(39). – С. 33 – 41. – DOI: 10.21685/2307-4205-2022-3-4

2. Нгуен, Т. Л. К проблеме классификации беспилотных летательных аппаратов / Т. Л. Нгуен, И. М. Рыбаков, Н. К. Юрков // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2022. – Т. 1. – С. 122 – 126.

3. Полтавский, А. В. Оптимизация информационно-измерительной системы беспилотного воздушного судна / А. В. Полтавский, А. А. Тюгашев, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2021. – № 4(36). – С. 44 – 55. – DOI: 10.21685/2307-4205-2021-4-6

## **СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА ОБРАЗЦОВОЙ ЧАСТОТЫ**

**А. С. Ишков, Д. В. Земляков, Н. А. Учьев**

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

(e-mail: ishkovanton@mail.ru, zemliakov.mitya2016@yandex.ru, nekit\_osina@mail.ru)

Схемотехническое моделирование является одним из важнейших этапов разработки какого-либо устройства. На основе моделирования можно проверить работоспособность схемы, а также оценить соответствие выходных параметров с заданными. В качестве блока образцовой частоты была выбрана схема генератора Колпитца.

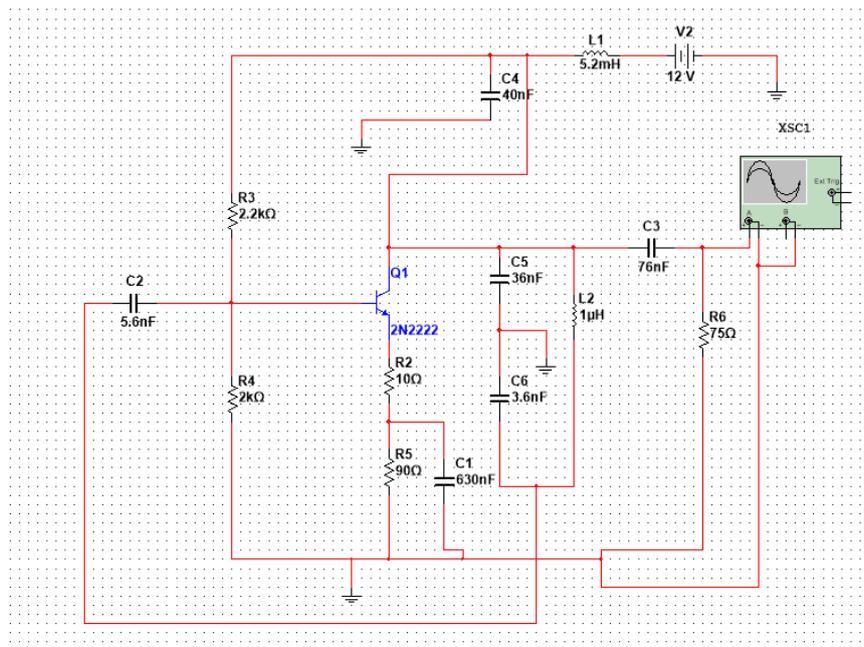
Генератор Колпитца, изобретенный в 1918 году канадско-американским инженером Эдвином Х. Колпиттсом, является одной из конструкций LC-генераторов, электронных генераторов.

Отличительной особенностью генератора Колпитца является то, что обратная связь для активного устройства берется от делителя напряжения, состоящего из двух конденсаторов, включенных последовательно через индуктор [1].

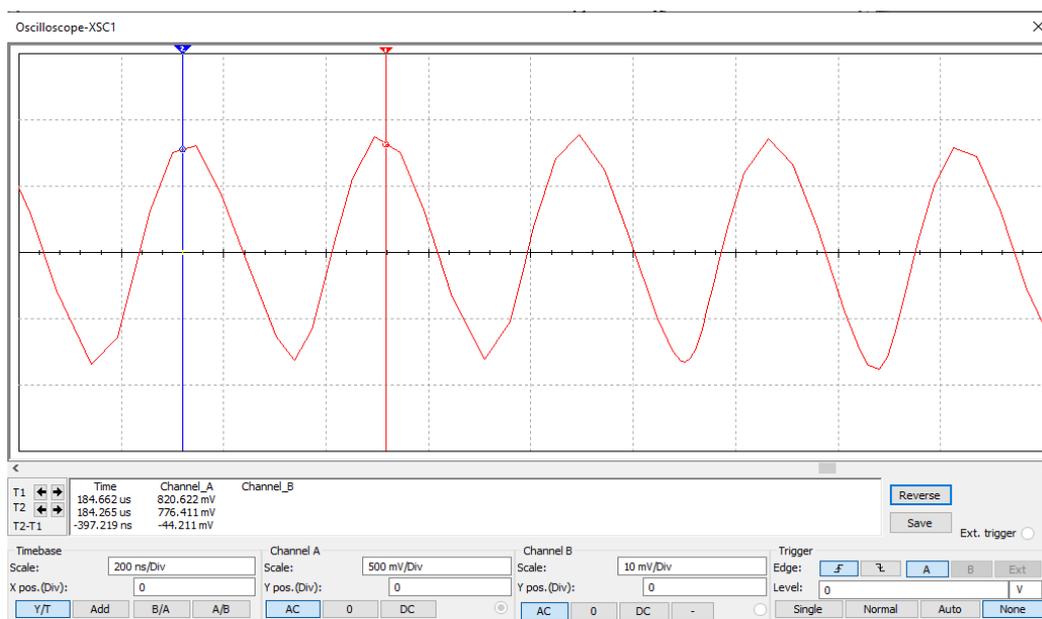
Для выполнения расчета параметров резистивного делителя, расчета элементов усилительного каскада и расчета колебательного контура [2] было проведено схемотехническое моделирование статических характеристик транзистора с последующим выбором рабочей точки, и моделирование входной характеристики для определения напряжения база–эмиттер покоя при помощи программы NI Multisim.

На основе выполненных расчетов [2] и определения характеристик было произведено моделирование электрической принципиальной схемы (генератора Колпитца) для проверки работоспособности схемы и оценки выходных параметров. Все компоненты и их номиналы приведены на схеме моделирования (рис. 1).

Экран осциллографа на рис. 2 свидетельствует о том, что период колебания выходного напряжения равен  $T = 397$  нс, а значение частоты равно  $F = 2,5$  МГц. Следовательно, моделирование блока образцовой частоты выполнен верно. Блок может быть использован в качестве генератора образцовой частоты.



**Рис. 1. Генератор Колпитца в программе NI Multisim**



**Рис. 2. Показания осциллографа**

### Библиографический список

1. Colpitts oscillator // Wikipedia, the free encyclopedia. – URL : [https://en.wikipedia.org/wiki/Colpitts\\_oscillator](https://en.wikipedia.org/wiki/Colpitts_oscillator) (дата обращения: 15.04.2023).
2. Кауфман, М. Практическое руководство по расчетам схем в электронике : справочник : в 2-х т. / М. Кауфман, А. Г. Сидман. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – Т. 1. – 368 с.

# УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д. А. Каданцев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: dmitryktmb@gmail.com)

Бортовая вычислительная машина (БЦВМ) представляет собой сложную вычислительную систему, предназначенную для установки на авиационные транспортные средства, ракеты-носители, разгонные блоки, космические аппараты, космические станции и т.д. Для измерения электрических параметров, проверки и настройки блоков БЦВМ используется специальная установка, структурная схема которой представлена на рис. 1.

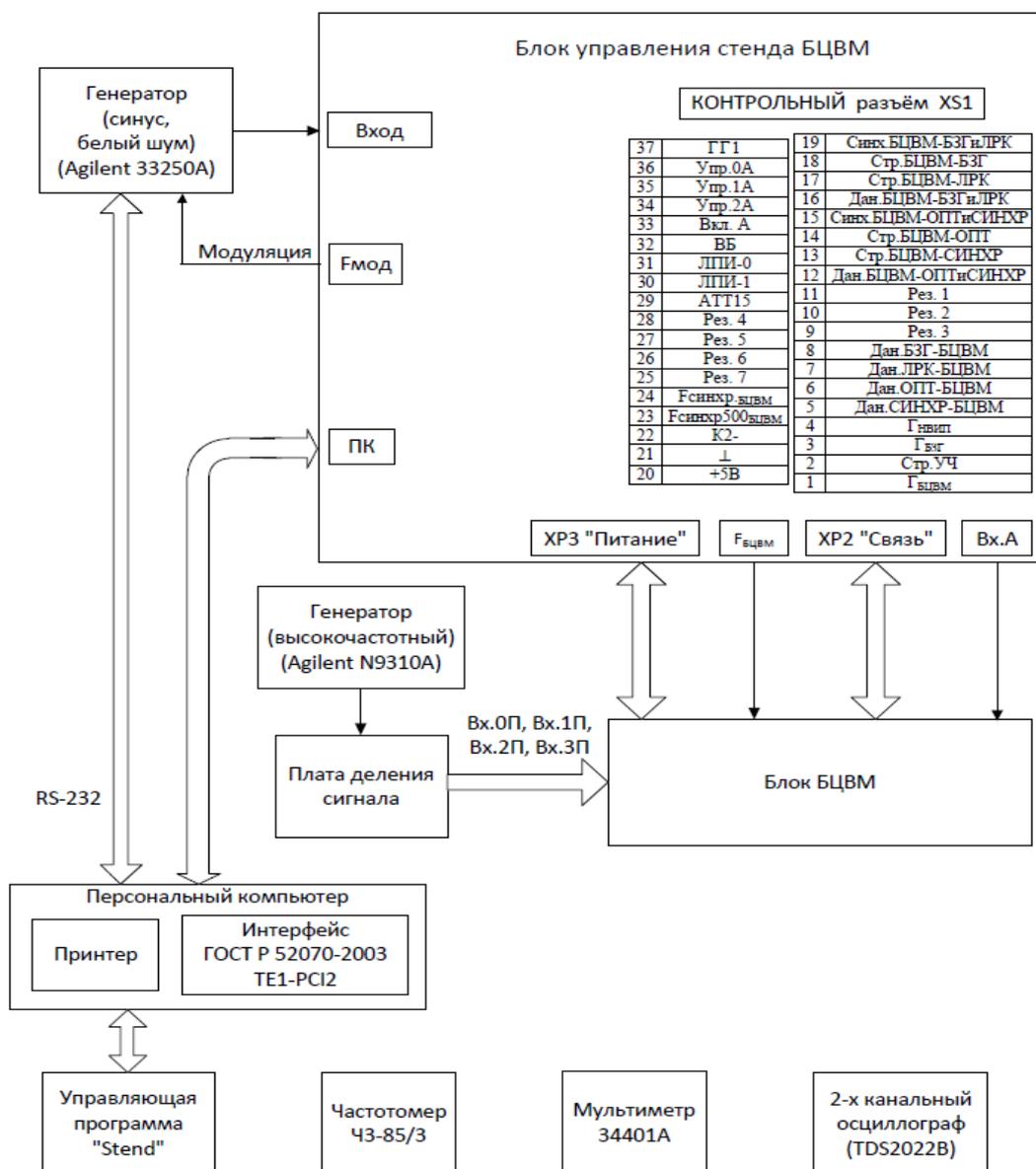


Рис. 1. Структурная схема установки

В состав этой установки входят [1]: блок управления, блок БЦВМ, блок деления сигнала, компьютер с программным обеспечением, интерфейсная плата TE1–PCI2 («Манчестер»), принтер Xerox Phaser 3250, генератор Agilent 33250А, генератор высокочастотный Agilent N9310А, осциллограф Tektronix TDS2022В, мультиметр Agilent 34401А и частотомер ЧЗ-85/3.

Блок управления совместно с генератором Agilent 33250А осуществляет формирование мультиплексированного аналогового сигнала «Вх.А» и формирует сигнал модуляции «Fмод» для измерения дальности. Соединение генератора и БУ осуществляется с помощью кабелей. Блок БЦВМ подключается к блоку управления. Осциллографом Tektronix TDS2022В и частотомером ЧЗ-85/3 контролируют параметры сигналов этого блока на контрольном разъеме.

Блок деления сигнала формирует сигналы «Вх.0П», «Вх.1П», «Вх.2П», «Вх.3П» необходимые для блока БЦВМ. Входной сигнал для делителя подается с высокочастотного генератора Agilent N9310А через кабель. Сигналы с блока деления сигнала подаются на блок БЦВМ.

Частотомером ЧЗ-85/3 производится измерение времени готовности этого блока. Мультиметр Agilent 34401А служит для измерения уровня гармонического и шумового сигналов на выходе суммарного канала блока управления при определении параметров пеленгационной характеристики.

Встроенные в блок управления источники питания формируют питающие напряжения +6 и –6 В для блока БЦВМ.

Инструментальный компьютер служит для установки и считывания цифровых параметров блока. Подключение инструментального компьютера к блоку осуществляется через блок управления с помощью кабеля и интерфейсной платы «Манчестер». Цифровые параметры блока БЦВМ контролируются на экране монитора с помощью программы «Stend».

Таким образом, рассмотренная установка позволяет уменьшить влияние человеческого фактора и ускорить процесс настройки и испытаний выпускаемых изделий, осуществляя автоматизированное управление измерительными приборами.

### **Библиографический список**

1. Руководство по эксплуатации стенда для обеспечения измерения электрических параметров блока БЦВМ / ПАЮМ.3.857.644 РЭ.

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА И ИССЛЕДОВАНИЯ ДИПОЛЯ

И. И. Кирилова, С. Г. Кузнецова, И. В. Морозов

Рыбинский государственный авиационный технический университет

имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия

(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Ключевым элементом любого радиоэлектронного оборудования, необходимым для осуществления коммуникаций является антенно-фидерное устройство, которое, как правило, является дуальным, т.е. функционирующим в обоих направлениях канального уровня [1]. В рамках работы инженерного класса на выпускающей кафедре РТС РГАТУ имени П. А. Соловьева и освоения дополнительной образовательной программы была разработана компьютерная модель дипольной антенны и проведены виртуальные исследования ее параметров. В качестве основных компьютерных инструментов использовались следующие цифровые пакеты: 1) система автоматизированного проектирования и расчета антенн GAL-ANA на базе вычислительного «движка» NEC2; 2) система инженерного анализа MathCAD-15 [2]. Оба инженерных пакета позволяют формировать 2D и 3D графики, наглядно отражающие основные параметры проектируемых и анализируемых антенн, что существенно упрощает работу с пространственными моделями и повышает эффективность и целостность восприятия информации, что особенно важно для начинающих проектировщиков.

Как уже отмечалось, объектом расчета и исследования являлся радиочастотный диполь: проволочная симметричная антенна «стоячей» волны. Для решения задачи по проектированию и исследованию радиочастотного диполя в среде GAL-ANA была сформирована компьютерная модель, позволяющая получить требуемые характеристики в визуализированной форме (рис. 1).

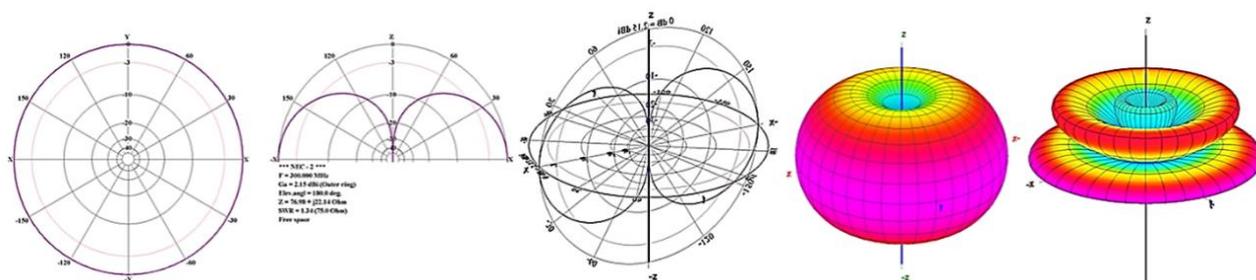
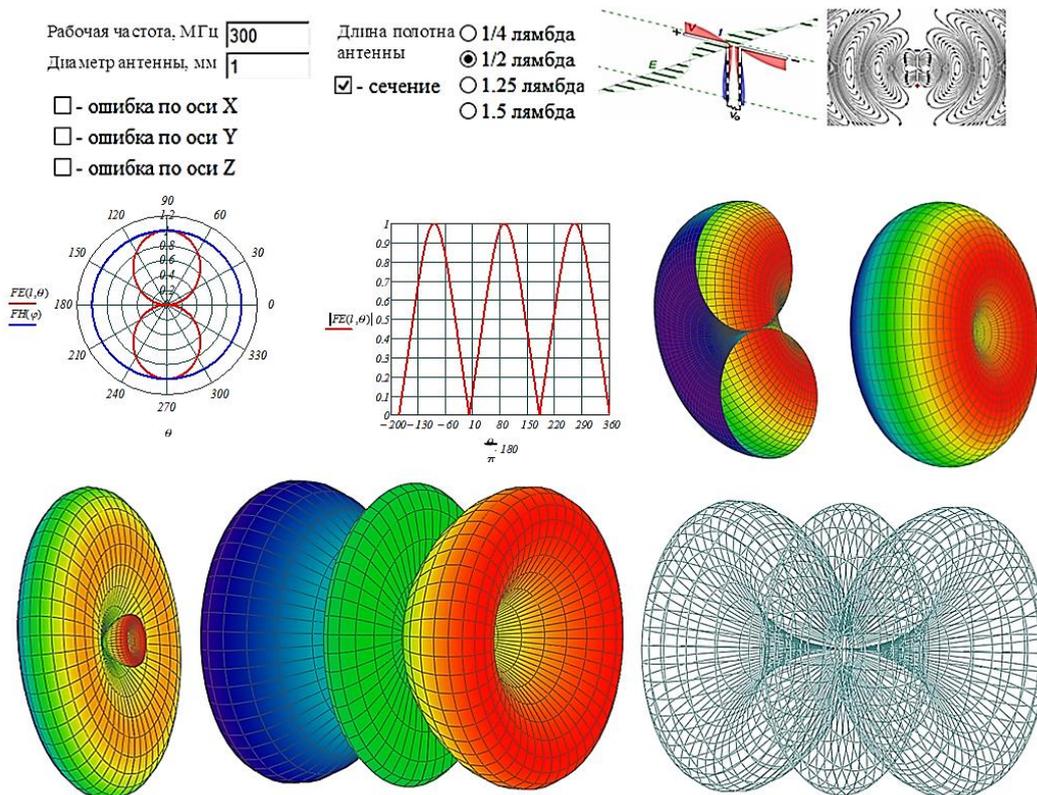


Рис. 1. Результаты моделирования радиочастотного полуволнового диполя на платформе GAL-ANA/NEC2

При изменении конструктивных элементов для исследования их влияния на параметры антенны и диаграммы направленности требуется поэтапное изменение размеров и корректирование параметров моделирования, что снижает оперативность работы, особенно в тех случаях, когда требуется вернуться к предыдущим вариантам, например, для их сравнения. Поэтому был разработан вариант аналитической модели радиочастотного диполя, позволяющий избавиться от указанных недостатков без снижения уровня визуализации и с добавлением новых возможностей (рис. 2).



**Рис. 2. Фрагменты аналитической инвариантной модели для расчета и исследования радиочастотного полуволнового диполя**

Для разработки и программирования аналитической модели использовалась инженерная система MathCAD-15 и ее инструментальная платформа, в частности Web интерфейс [2].

### Библиографический список

1. Устройство СВЧ и антенны : учебник / А. А. Филонов, А. Н. Фомин, Д. Д. Дмитриев и др. ; ред. А. А. Филонов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 492 с.
2. Очков, В. Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия / В. Ф. Очков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

# **ПРИМЕНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**Н. А. Козлов, К. А. Полкунов, В. В. Каштанов**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ

(учебный и испытательный), Тамбов, Россия

(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

В современном мире технологии занимают все большее место в нашей жизни и позволяют как упрощать или автоматизировать многие процессы производства и повседневных дел, так и открывают новые подходы и решения актуальных для человечества проблем. Также технический прогресс позволяет не только изобретать все новые устройства, решающие те или иные задачи вместо человека, но и делать их все более компактными и вмещать все больше возможностей в относительно небольшие устройства.

Одним из примеров, сочетающим в себе огромные возможности при небольших габаритах самого устройства являются дроны. Они представляют собой, по сути, летающие платформы для различного оборудования, позволяя выводить их использование в новые плоскости. Так, дроны позволяют проводить применение техники, предназначенной для использования непосредственно дронами, на большой высоте и осматривать местность с высоты птичьего полета, или же они способны доставить технику туда, куда оператору беспилотного летательного аппарата будет тяжело или невозможно попасть.

Кроме того, широкое применение дронов происходит, в том числе, и при тушении пожаров в различных условиях, таких как городская среда или лес.

В случае пожара где-то в мегаполисе очень важно оперативно потушить возникший пожар и обнаружить очаг возгорания для предотвращения дальнейшего распространения огня. В то время, как пожарная бригада, в силу обстоятельств, не сможет прибыть быстро и с ходу оценить обстановку, дрон способен быстро прилететь и начать анализировать ситуацию. Высокая скорость – еще одно серьезное преимущество такой техники. Беспилотник может уже через пару минут начать оценку ситуации, и к моменту прибытия пожарных уже передавать сведения. Это очень важно для городов, поскольку из-за плотной застройки пламя может охватить множество зданий, а также могут пострадать важные для города службы.

Дрон способен пролетать над зданием, минуя все преграды, и «увидеть» даже то, что невозможно увидеть никаким другим способом. Кроме того, противопожарные беспилотники оборудованы специальными тепловизорами, которые могут снимать даже сквозь дым (а именно задымление становится зачастую основной проблемой при оценке масштабов возгорания). Пользуясь результатами анализа дронов, способных осмотреть место пожара быстро и со всех сторон, руководитель пожарной бригады сможет быстро принять решение о ходе мероприятий по тушению [1].

Лесные пожары не менее опасны из-за важности лесов, как источника ресурсов и кислорода. Лес для пожара – огромный склад топлива, и огонь быстро распространится по огромной площади, а учитывая сложный ландшафт и зачастую плохие дороги в округе, из-за чего зачастую пожарным существенно сложнее вовремя добраться до места. Из-за всех этих условий наблюдать, а главное анализировать лесной пожар с земли практически нереально. Для оценки традиционно используются вертолеты, но из-за дыма и особенностей рельефа и это может быть не самым информативным методом.

Дроны способны использовать тепловизоры для съемки сквозь дым и быстро облетать большие территории не хуже вертолетов. Они анализируют ситуацию, облетая препятствия, способны оценить масштаб ущерба и выявить самые пострадавшие районы леса, установить линии отсечки огня и – опять же – быстро передать информацию тем, кто руководит тушением [2].

В данной работе рассматриваются новые способы и методы применения дронов при пожаротушении, а также своевременном обнаружении возможных причин возникновения пожаров. Предлагается несколько новых методов применения малогабаритных и крупногабаритных беспилотных летательных аппаратов, позволяющих оперативно и гораздо более эффективно бороться с возгораниями различной силы и скорости распространения.

### **Библиографический список**

1. Дроны (квадрокоптеры): применение на пожарах. – URL : <https://fireman.club/statyi-polzovateley/drony-kvadrokoptyery-primeneniye-na-pozharah> (дата обращения: 10.04.2023).

2. БПЛА для пожарных и спасателей. – URL : <https://brlab.ru/scopes/pozharotusheniye> (дата обращения: 10.04.2023).

# ЛИДАРЫ НА ОСНОВЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Д. В. Комраков, М. М. Ильичев

Акционерное общество «Конструкторское бюро точного машиностроения им. А. Э. Нудельмана», Москва, Россия  
(e-mail: radist41@bk.ru, myxan@bk.ru)

Полупроводниковые твердотельные лазеры обеспечивают малую длительность зондирующего излучения и высокую энергию в импульсе, что позволяет измерять расстояния до нескольких десятков тысяч метров. Это дает возможность использовать твердотельные лазеры для создания лидаров (LIDAR – Light Detection and Ranging). Принцип работы которых, заключается в следующем, излучение лазера направляется на объект, отражается от объекта и возвращается обратно в LIDAR (рис. 1). После чего в устройстве определяется расстояние до объекта. Имея угол обзора  $360^\circ$  (например, LIDAR с вращающимся зеркалом) можно получить облако точек окружающей среды. Специальное программное обеспечение создает трехмерное изображение, которое воспроизводит форму вокруг системы LIDAR с точным расположением в пространстве (рис. 2).



Рис. 1. Принцип работы LIDARa

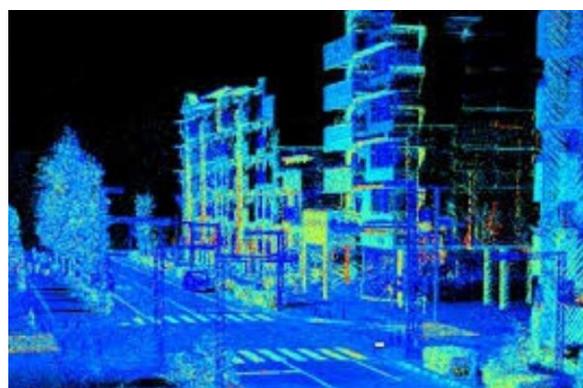


Рис. 2. Пример трехмерного изображения, построенного с помощью LIDARa

Области применения лидаров очень разнообразны (рис. 3):

- системы беспилотного управления автомобилями [1, 2];
- системы беспилотных летательных аппаратах;
- создание виртуальных карт местности;
- контроль хода инженерных работ;
- патрулирование и охрана объектов;
- работы в области археологии;

- диагностика утечек природного газа из трубопроводов и определение координат места повреждения;
- системы дистанционного зондирования атмосферы;
- космос.



**Рис. 3** Области применения LIDARов

Таким образом, развитие и совершенствование твердотельных полупроводниковых лазеров и их внедрение в лидары позволяет расширить спектр использования последних на земле и в воздухе, а также позволяет применять данные технологии в космосе.

### **Библиографический список**

1. Комраков, Д. В. Использование лазерных дальномеров в навигационных комплексах для определения координат и параметров движения объектов [Электронный ресурс] / Д. В. Комраков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Шестой Всерос. молодежной науч. конф. ; под ред. Д. Ю. Муромцева и др. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 79 – 81.

2. Комраков, Д. В. Использование лазерных датчиков для контроля параметров движения в автоматических системах управления автомобилями [Электронный ресурс] / Д. В. Комраков, М. М. Ильичев // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IX Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов. 19 октября 2022 г. / отв. ред. Д. Ю. Муромцев ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – С. 130–131.

# ТЕХНОЛОГИЯ RFID В ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ

А. П. Копытов

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

(e-mail: kopytov.ap@students.dvfu.ru)

За последние несколько лет технология Интернет вещей была внедрена во многие отрасли по всему миру. Тенденция Интернета вещей значительно усилится в ближайшем будущем, поскольку, по оценкам, к концу 2022 года количество устройств превысило население нашей планеты.

Точно так же более высокая доступность подключения к Интернету и более низкая стоимость устройств Wi-Fi будут способствовать дальнейшему развитию рыночного сегмента архитектуры данной сферы.

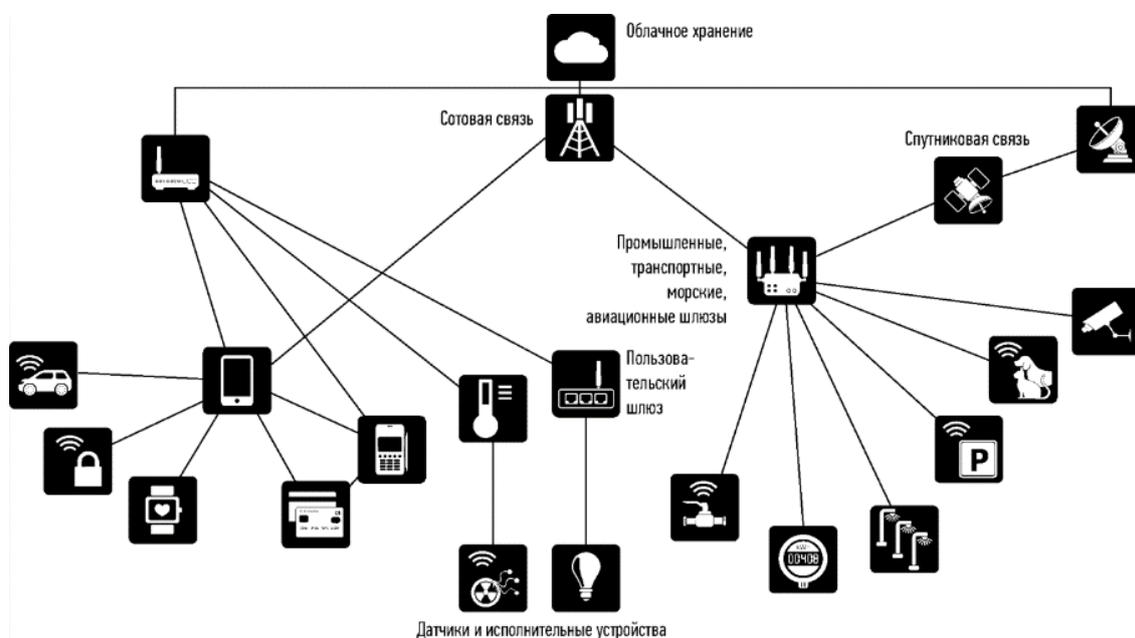


Рис. 1. Структурная схема интернета вещей

RFID является необходимой частью для отслеживания, идентификации и обнаружения объектов. Особенность считывателей RFID заключается в том, что они могут отслеживать эти объекты в режиме реального времени и в автоматическом режиме.

Типичная система RFID состоит из меток и считывателей. Метка представляет собой связанный с антенной микрочип, который можно прикрепить к объекту в качестве идентификатора объекта. Считыватель RFID взаимодействует с меткой RFID с помощью радиоволн. Хотя технология RFID была открыта много лет назад, она продвинулась и развилась только в течение последнего десятилетия, поскольку стоимость была основным ограничением во всех реализациях.

Сейчас технология RFID постепенно и широко используется в следующих областях:

- Логистика и снабжение
- Производство
- Управление сельским хозяйством
- здравоохранение и медицина
- Эксплуатация морских терминалов
- Военные и оборонные операции
- Платежные операции
- Мониторинг окружающей среды и предупреждение о стихийных бедствиях
- Транспорт и розничная торговля
- Системы складирования и распределения
- Другие приложения во многих сферах деятельности

Хотя RFID технология имеет ряд преимуществ, таких как простота установки, дистанционное отслеживание и централизованный доступ к данным, она имеет несколько недостатков. Во-первых, RFID метки могут быть подвержены взлому. В дополнение к этому, потенциально они могут вызвать проблемы с конфиденциальностью данных, поскольку они раскрывают информацию, которая может быть использована для несанкционированного доступа к системам и данным. Кроме того, они могут подвергаться помехам и потере связи с читателями RFID. Наконец, RFID метки могут быть дорогими для некоторых приложений.

### **Библиографический список**

1. Взгляд изнутри: RFID и другие метки // habr.com. – URL : <https://habr.com/post/161401/> (дата обращения: 20.04.2023).
2. Нуйкин, А. В. Перспективы развития систем радиочастотной идентификации на основе карт памяти и микропроцессорных карт / А. В. Нуйкин, А. С. Кравцов // Микроэлектроника-2015 : материалы Междунар. конф. – Крым, Алушта, 2015.
3. Верзун, Н. А. RFID технологии для эффективности и безопасности документооборота / Н. А. Верзун, М. О. Колбанев, А. В. Омелян // Технологии информационно-экономической безопасности. – 2016. – С. 44 – 51.
4. Кучерявый, А. Е. Интернет Вещей / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 21 – 24.
5. Максим Власов RFID: 1 технология – 1000 решений: Практические примеры использования RFID в различных областях. – Альпина Паблишер, 2014.

# **ОСОБЕННОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ АРСЕНИД-ГАЛЛИЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ ИМИТАТОРОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ**

**В. А. Корягин, А. А. Гарев, Е. А. Симон, А. А. Успенский**  
Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия  
(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

В настоящее время большими темпами идет развитие приемопередающего оборудования, которое имеет широкий спектр применения: от гражданского оборудования до оборудования военного назначения. К таким устройствам можно отнести разрабатываемый имитатор радиотехнических сигналов, предназначенный для обучения специалистов средств и комплексов радиоэлектронной борьбы.

Было принято решение о разработке имитатора радиотехнических сигналов на базе программно-перестраиваемого генератора, способного работать в заданных программно-частотных диапазонах [1].

Однако даже при условии гибкой перестройки частотного диапазона при загрузке программного кода под иной частотный диапазон, также возникает необходимость заменять и привязанные к определенному диапазону конструктивы, а именно, усилители мощности и фильтры [2].

Для того чтобы уменьшить материальные и временные затраты на переоборудование комплекса средств имитации радиотехнических сигналов при переходе на соответствующие поставленной задаче частотные диапазоны, имеет место применять сверхширокополосные усилители мощности, предлагающие универсальность применения подобной технологии при высоких качестве и надежности.

Основой конструкции сверхширокополосного усилителя мощности сантиметрового диапазона являются относительно низковольтные дискретные транзисторы на арсениде галлия с длиной затвора 0,15...0,25 мкм и рабочим напряжением 20...28 В. Это связано с тем, что при повышении рабочего напряжения пропорционально увеличивается активная часть оптимального импеданса нагрузки, требуемого для обеспечения максимума выходной мощности или КПД, при этом его паразитные части должны изменяться мало [3].

Топологические решения разрабатываются при помощи специализированных систем автоматического проектирования, таких как AWR Microwave Office, для того чтобы на выходе получить точно рассчитанные электрические параметры производительности, связанные с физическими характеристиками конструкции, а также учесть всевозможные возбуждения сигналов сложной формы [4].

Таким образом, разработка сверхширокополосных усилителей мощности представляет собой актуальную проблему в обучении операторов средств и комплексов радиоэлектронной борьбы, поскольку их применение представляет собой универсальное решение для работы в широком спектре сантиметрового диапазона в имитаторах радиотехнических сигналов, позволяющие с минимальными затратами получить устройство с гибкой и качественной возможностью переконфигурации, что является большим подспорьем при проведении обучающих занятий с будущими специалистами [5].

### **Библиографический список**

1. Добыкин, В. Д. Радиоэлектронная борьба / В. Д. Добыкин. – М. : Вузовская книга, 2009. – 359 с.
2. Леньшин, А. В. Методика адаптивного распределения сил и средств комплексного технического контроля по объектам защиты в различных физических полях разнесенного приема / А. В. Леньшин // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2020. – № 4. – С. 15.
3. Киселев, А. В. Малоточечная модель протяженного отражающего объекта / А. В. Киселев // Доклады АН Ш РФ. – № 4. – С. 1.
4. Куракова, Т. П. Имитация многолучевых радиоканалов / Т. П. Куракова // материалы Междунар. науч.-техн. конф., 20 – 24 ноября 2017 г. – Ч. 4. – С. 1.
5. Канаков, В. А. Приемно-передающие устройства в системах телекоммуникаций. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые подходы к проблемам генерации, обработки, передачи, хранения, защиты информации и их применение» / В. А. Канаков, В. Ф. Ключев, И. Я. Орлов. – Нижний Новгород, 2007. – 95 с.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРАХ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Н. Д. Кошелев**

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

(e-mail: [koshlensky@gmail.com](mailto:koshlensky@gmail.com))

Конечная цель любой проверки эффективной работы радиоэлектронной аппаратуры с питанием на литиевых аккумуляторах – это обеспечить производительность, безопасность и долговечность батареи. Нейронные сети могут помочь в достижении этой цели, обеспечивая точное и быстрое определение состояния и производительности аккумулятора. Целью исследования является изучение синтеза эффективности работы литиевых аккумуляторов и технологии нейронных сетей.

Прежде чем перейти к применению нейронных сетей, рассмотрим процесс проверки литиевых аккумуляторов. Алгоритм проверки состоит из следующих этапов:

1. Измерение напряжения батареи.
2. Измерение тока батареи.
3. Измерение температуры батареи.
4. Анализ данных для определения состояния батареи.

Эти данные используются для определения состояния заряда батареи, ее производительности и возможных проблем [1].

Нейронные сети могут помочь автоматизировать этот процесс, используя алгоритмы машинного обучения для анализа данных и определения состояния батареи. Например, нейронные сети могут использоваться для определения состояния заряда батареи, анализа температуры и тока, и для поиска аномалий в данных. При этом лучшим типом нейронной сети для реализации поставленной задачи будет многослойный перцептрон (Multi-Layer Perceptron, MLP).

Для использования нейронных сетей необходимо сначала подготовить информационную выборку, что и будет являться входными данными. Это может включать в себя сбор параметров из различных источников, таких как датчики температуры, напряжения и тока, а также данные о прошлых циклах зарядки и разрядки аккумулятора. Затем данные можно обработать, чтобы получить максимальную информацию о состоянии батареи.

Для обучения нейронной сети необходимо выбрать архитектуру сети и определить параметры обучения. Архитектура определяет структуру сети,

а параметры обучения определяют, как сеть будет обучаться на основе предоставленных данных [2].

После обучения нейронной сети можно использовать ее для анализа новых данных и определения состояния батареи. Для этого необходимо подать данные на вход сети и получить выходные данные, которые покажут, насколько батарея находится в хорошем состоянии.

Нейронные сети могут помочь повысить точность и скорость проверки литиевых аккумуляторов. Они могут помочь автоматизировать процесс и обнаруживать проблемы, которые могут быть не видны при обычной проверке. Это может помочь улучшить безопасность, производительность и долговечность батареи, что особенно важно в современном мире, где литиевые аккумуляторы широко используются в мобильных устройствах, электромобилях и других приложениях [3, 4].

### **Библиографический список**

1. Кошелев, Н. Д. Контроль литий-ионных аккумуляторных сборок высокой мощности / Н. Д. Кошелев, Н. К. Юрков // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2021. – Т. 2. – С. 272 – 274.

2. Моделирование графиков разряда Li-S аккумуляторов посредством управления искусственных нейронных сетей / Н. Д. Кошелев, К. С. Новиков, А. Алхатем и др. // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2022. – Т. 1. – С. 106 – 108.

3. Рассмотрение элементарного искусственного нейрона, обладающего принципом обогащения входных данных линейным образом / К. С. Новиков, Т. В. Ларин, Н. Д. Кошелев, А. Д. Цуприк // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сборник статей по материалам с/х студенческой Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 10 февраля 2022 года. – Новосибирск : Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская академическая книга», 2022. – Т. 2(109). – С. 72 – 76.

4. Методы автоматизации контроля и обеспечения надежности устройств вычислительной техники / К. С. Новиков, Н. Д. Кошелев, Т. В. Ларин и др. // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2022. – Т. 2. – С. 88–89.

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ ПЛАТ БАЛАНСИРОВКИ ЗАРЯДА В УСТРОЙСТВАХ С ЛИТИЙ-ИОННЫМ АККУМУЛЯТОРНЫМ ПИТАНИЕМ

**Н. Д. Кошелев**

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

(e-mail: koshlensky@gmail.com)

Когда речь заходит о литий-ионных батареях, балансировочные платы (Battery Monitoring System, BMS) являются ключевым элементом, отвечающим за поддержание равномерного заряда и предотвращение перезарядки или переразрядки отдельных элементов батареи. Однако, при работе балансировочных плат возникает множество проблем, таких как неисправность плат, снижение эффективности балансировки и т.д. Для решения этих проблем можно использовать нейронные сети.

Нейронные сети – это компьютерная технология, которая имитирует работу мозга, позволяя компьютеру обучаться на основе опыта и адаптироваться к новым данным. Применение нейронных сетей для анализа работы балансировочных плат может помочь улучшить их эффективность и снизить вероятность возникновения неисправностей [1].

Существует несколько подходов к использованию нейронных сетей для анализа работы балансировочных плат. Один из них – это использование нечеткой логики для анализа данных о токе и температуре, собираемых с балансировочных плат. Нейронные сети могут использоваться для обработки этих данных и идентификации неисправностей, таких как перегрев или перезарядка элементов батареи.

Другой подход – это использование нейронных сетей для оптимизации работы балансировочных плат (повышение эффективности). Например, нейронные сети могут использоваться для определения оптимальных параметров балансировки, таких как скорость заряда и дискретность балансировки. Это может помочь улучшить эффективность балансировки и увеличить срок службы батареи [2, 3].

Важно отметить, что применение нейронных сетей для анализа работы балансировочных плат также имеет свои недостатки. Например, для обучения нейронных сетей требуется большой объем данных, что может быть затруднительно в случае, если устройство находится в эксплуатации на протяжении дли-

тельного времени. Кроме того, обучение нейронных сетей может быть затратным процессом, требующим коммуникацию и вовлечение высококвалифицированных специалистов.

Таким образом, применение нейронных сетей для анализа работы балансировочных плат представляет собой перспективную технологию, которая может помочь улучшить эффективность и надежность литий-ионных батарей. Дальнейшее исследование в этой области может привести к созданию более перспективных и технологичных балансировочных плат, что, в свою очередь, может ускорить развитие области применения литий-ионных батарей и их практическую реализацию в различных областях, таких как электронная и автомобильная промышленности, ресурсосберегающая энергетика [4].

### **Библиографический список**

1. Рассмотрение элементарного искусственного нейрона, обладающего принципом обогащения входных данных линейным образом / К. С. Новиков, Т. В. Ларин, Н. Д. Кошелев, А. Д. Цуприк // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сб. ст. по материалам с/х студенческой Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 10 февраля 2022 года. – Новосибирск : Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская академическая книга», 2022. – Т. 2(109). – С. 72 – 76.

2. Методы автоматизации контроля и обеспечения надежности устройств вычислительной техники / К. С. Новиков, Н. Д. Кошелев, Т. В. Ларин и др. // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2022. – Т. 2. – С. 88–89.

3. Кошелев, Н. Д. Контроль литий-ионных аккумуляторных сборок высокой мощности / Н. Д. Кошелев, Н. К. Юрков // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2021. – Т. 2. – С. 272 – 274.

4. Моделирование графиков разряда Li-S аккумуляторов посредством управления искусственных нейронных сетей / Н. Д. Кошелев, К. С. Новиков, А. Алхатем и др. // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2022. – Т. 1. – С. 106 – 108.

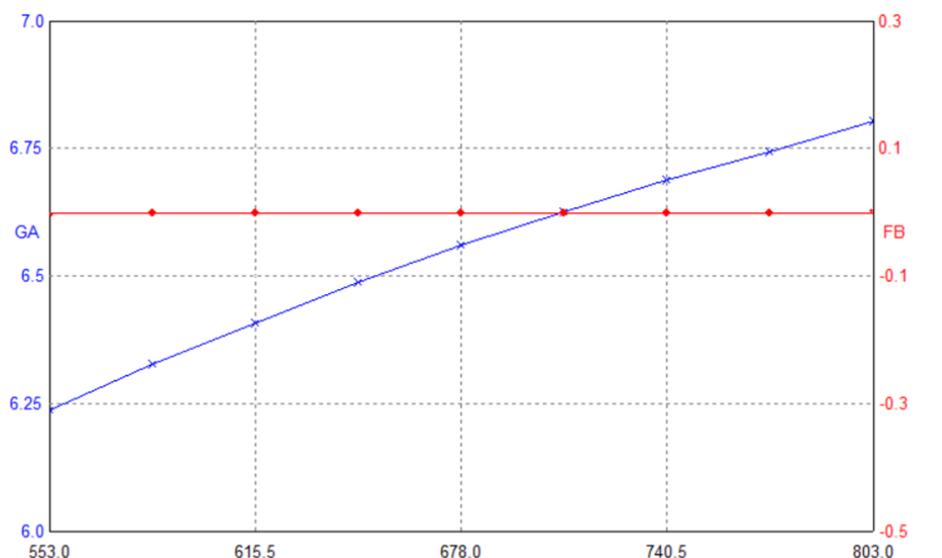
# СРАВНЕНИЕ УСИЛЕНИЯ ПРОВОЛОЧНОЙ АНТЕННЫ СЕРПИНСКОГО И ШТЫРЕВОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА СИГНАЛА СТАНДАРТА DVB-T2

**А. В. Кривова, М. С. Пащенко**

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия  
(e-mail: krivova.av@students.dvfu.ru)

В условиях города и близости ретрансляционной телевизионной станции пользователь не испытывает трудностей при выборе антенны, так как сигнал в таких районах обычно устойчив, и для его приема может подойти бытовая штыревая антенна [1]. Однако отдаленность от передатчика цифрового сигнала и лесистая местность могут существенно повлиять на распространение сигнала, тогда уже следует обратить более пристальное внимание на усиление приемной антенны. В данной работе производилось сравнение треугольника Серпинского и штыревой антенны по параметру усиления. Антенны моделировались в программе MMANA-GAL.

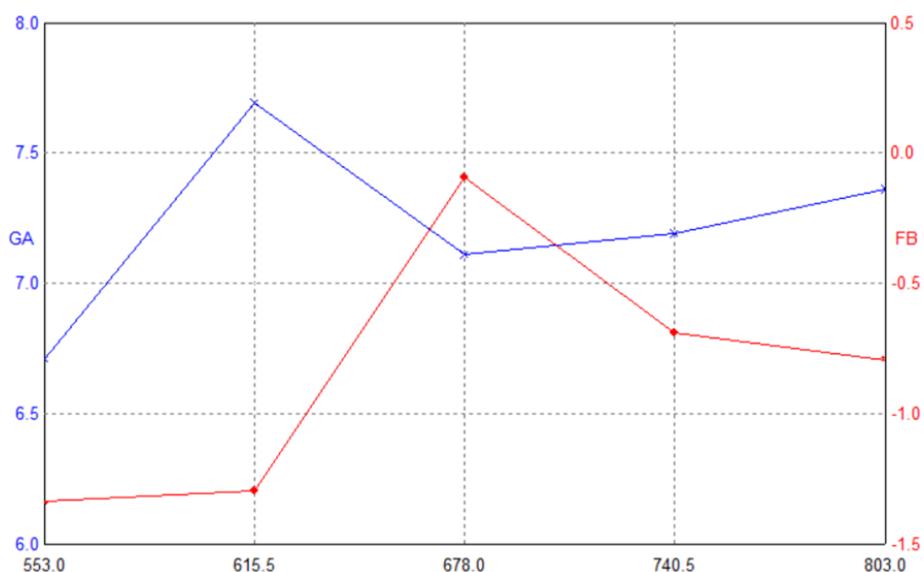
В городе Владивосток передача сигнала по стандарту DVB-T2 осуществляется двумя мультиплексами на частотах 602 и 754 МГц, поэтому антенны, представленные в данной работе, исследуются в диапазоне частот 600...800 МГц.



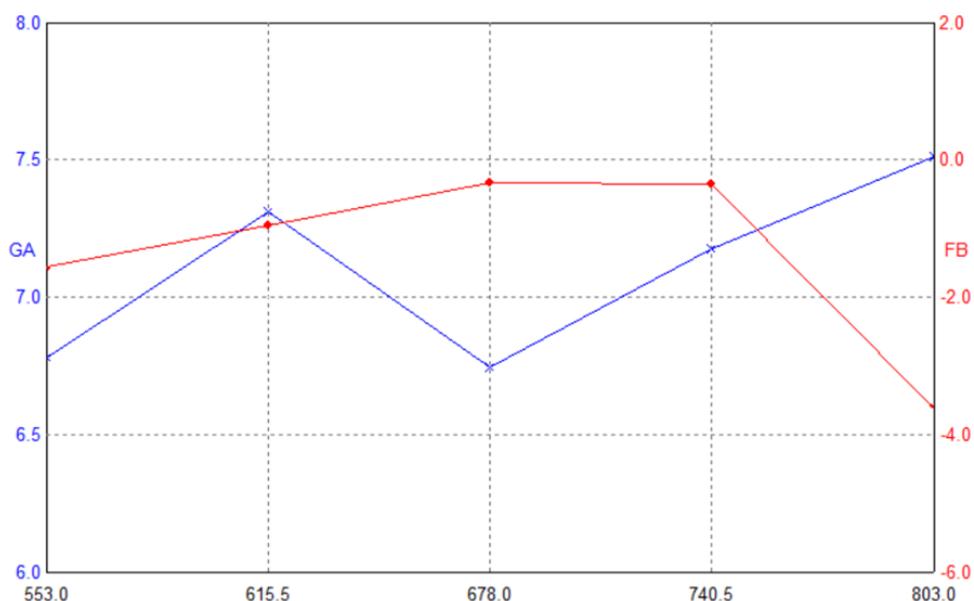
**Рис. 1. Графики зависимости штыревой антенны:**  
синий – усиление к изотропному излучателю от частоты;  
красный – отношение уровней излучения вперед/назад от частоты

На рисунке 1 представлен график зависимости усиления от частоты для штыревой антенны, длина которой составляет 12 см. Усиление на центральной частоте составляет 6,56 дБи.

Фрактальные антенны обладают хорошими показателями широкополосности, однако увеличение расширение полосы частот может повлечь за собой падение коэффициента усиления. Падение усиления происходит с увеличением количества итераций, однако для большинства сфер применения не требуется большого количества итераций [2]. Для проектирования фрактальной антенны была выбрана проволочная структура треугольника Серпинского с логопериодическим коэффициентом масштаба равным двум. Исследование антенны производилось для двух итераций: второй и третьей.



**Рис. 2. Графики зависимости для второй итерации фрактальной антенны:**  
 синий – усиление к изотропному излучателю от частоты;  
 красный – отношение уровней излучения вперед/назад от частоты



**Рис. 3. Графики зависимости для третьей итерации фрактальной антенны:**  
 синий – усиление к изотропному излучателю от частоты;  
 красный – отношение уровней излучения вперед/назад от частоты

На рисунках 2 и 3 представлены графики зависимости усиления от частоты для первой и второй итераций треугольника Серпинского соответственно. Усиление на центральной частоте составляет 7,12 дБ и для второй итерации и 6,75 дБ – для третьей.

Таким образом коэффициент усиления на протяжении исследуемого диапазона для треугольника Серпинского второй и третьей итераций имеют большее значение, чем усиление штыревой антенны.

### **Библиографический список**

1. Мамчев Г. В. Цифровое телевизионное вещание : учебное пособие / Г. В. Мамчев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2014. – 448 с.
2. Гаранини, Т. Фрактальные антенны и линии задержки [Электронный ресурс] / Т. Гаранини. – 2006. – 452 с.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

**М. А. Крушатина, В. Р. Тернавка, Н. А. Кольтюков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: krushatina00@mail.ru)

Электрический нагрев применяют в различных отраслях промышленности. Этот способ по сравнению с другими способами нагрева имеет ряд преимуществ: получение высоких температур нагрева; простота регулирования температуры нагрева в больших диапазонах; нагрев в среде нейтральных газов или в вакууме и др. Электрический нагрев используют при термической обработке металлов, для получения высококачественных металлов и сплавов, полупроводниковых материалов, закалки, сушки и др. Для электрического нагрева применяют электропечи и электронагревательные установки, называемые электротермическими установками.

Все аппараты можно разделить на прямые и косвенные по методу преобразования электрической энергии в тепловую.

При прямом электронагреве преобразование в тепловую происходит в результате прохождения электрического тока непосредственно по нагреваемому телу или среде. При косвенном электрический ток проходит по нагревательному элементу системы, от которого впоследствии тепло и передается к нагреваемому телу посредством теплопроводности, конвекции или излучения. Стоимость энергоносителей постоянно растет, особенно в последнее время.

Учитывая высокую степень энергопотребления при эксплуатации печей, термического оборудования, особо актуальным представляется вопрос об осуществлении жесткой экономии энергии путем применения технологий энергосбережения, новых материалов и конструкций при строительстве новых печей и реконструкции действующего термического парка.

В настоящее время все промышленные электропечи работают с автоматическим регулированием температурного режима. Автоматические регуляторы температуры, приводя в соответствие потребляемую электрической печью мощность с требуемым температурным режимом, обуславливают снижение удельного расхода электроэнергии по сравнению с работой при ручном регулировании. Ручное регулирование применяется только как дублирующее на случай отказа автоматического. Длительная работа при ручном регулировании недопустима.

Автоматическое регулирование температуры осуществляется системой управления в сочетании с обратной связью, в котором вырабатывается управляющее воздействие температуры в зависимости от отклонения регулируемого значения от заданной величины.

Рассмотрим промышленную электрическую печь СУОП-015.20/12М-43 в системе автоматического стабилизирования температуры, выполненной на высокочастотных регуляторах температуры ВРТ-3.

На основании промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) выполнена система автоматического стабилизирования температуры электрической печи.

Сигнал с датчика температуры  $D_T$  поступает на вход. В блоке И-102 сигнал возмещается сигналом задатчика ( $U_{зад}$ ), и их разница усиливается предварительным усилителем И-102.

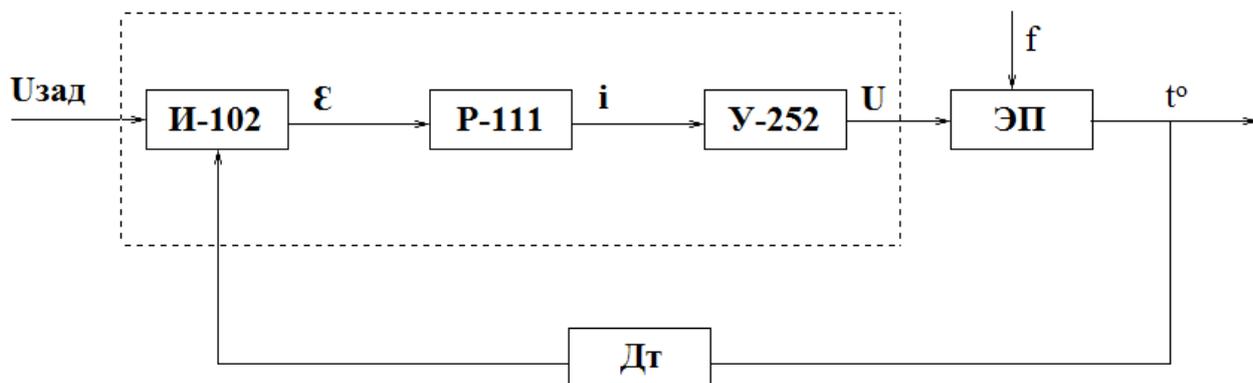


Рис. 1. Структурная схема исследуемой системы автоматическое стабилизации температуры

Усиленный сигнал поступает на вход аналогового регулирующего прибора Р-111, формирующий ПИД законы регулирования. Операционный усилитель с RC-звеньями в цепи обратной связи осуществляет реализацию законов регулирования. Усиленный сигнал на выходе блока У-252 в виде напряжения подается в электрическую печь ЭП.

Большинство существующих алгоритмов управления не учитывает теплоаккумулирующие способности аппаратов с электронагревом и неточность задания начальных условий, все это ведет к перерасходу энергии. Теоретические исследования показывают, что при оптимальном управлении спад энергозатрат может достигать 25% и более при условии, что используются алгоритмы синтеза оптимального управления, выполненными простыми и дешевыми микропроцессорными устройствами.

### **Библиографический список**

1. Электротехнологические промышленные установки : учебник для вузов / И. П. Евтюкова, Л. С. Кацевич, Н. М. Некрасова, А. Д. Свенчанский ; под ред. А. Д. Свенчанского. – М. : Энергоиздат, 1982. – 400 с.

2. Бунич, Я. М. Электрооборудование промышленных установок и заводов / Я. М. Бунич, А. Н. Глазков, К. А. Кастовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 391 с.

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ЛАЗЕРНО-ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМОЙ**

**И. Ю. Курьянов, А. Д. Ильин, И. А. Аверкин**

Военно-воздушная академия

имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Воронеж, Россия

(e-mail: igku1@yandex.ru, egorkashar@yandex.ru)

Выполнение задачи по обнаружению и захвату на автосопровождение является значимым условием обеспечения высокоточного сопровождения движущихся воздушных объектов (целей). Повышение точности сопровождения может быть достигнуто при использовании телевизионных или тепловизионных систем в сочетании с лазерными локационными системами. Эффективность обнаружения и захвата на автосопровождение цели, в этом случае, будет зависеть от ряда факторов и в особенности от пространственных и энергетических характеристик формируемого зондирующего лазерного излучения.

Поэтому целью работы являлась разработка методики оценки эффективности обнаружения и захвата на автосопровождение цели лазерно-тепловизионной системой (ЛТС) воздушной цели.

Предположим, что интенсивность поля зондирующего лазерного излучения в плоскости цели изменяется по закону Гаусса [1]:

$$J(\rho, z = L) = J_0 \frac{a_0^2}{a^2} e^{-\frac{\rho^2}{a^2}}, \quad (1)$$

где  $a = a_0 \sqrt{1 + \frac{4L^2}{k^2 a_0^4}}$ ;  $k$  – волновое число;  $a_0$  – начальный радиус лазерного пучка;  $L$  – дальность;  $J_0$  – интенсивность на выходе передающего канала.

Закон распределения ошибок целеуказания имеет вид:

$$w_1(\rho) = \frac{\rho}{\sigma_l^2} e^{-\frac{\rho^2}{2\sigma_l^2}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_l$  – линейная среднеквадратическая ошибка целеуказания.

Тогда плотность вероятности интенсивности лазерного излучения в плоскости цели  $w_2(J)$  можно определить с использованием метода функционального преобразования случайных величин:

$$w_2(J) = \begin{cases} \frac{1}{J} \frac{a^2}{2\sigma_l^2} \left( \frac{Ja^2}{J_0 a_0^2} \right)^{\frac{\rho^2}{2\sigma_l^2}}, & \text{при } 0 \leq J \leq \frac{a_0^2}{a^2} J_0 = J_m, \\ 0 & \text{при } J < 0, J > J_m. \end{cases} \quad (3)$$

Для случая обнаружения сигнала со случайной амплитудой и начальной фазой, с вероятностью ложной тревоги  $F$ , по критерию Неймана–Пирсона условная вероятность правильного обнаружения определяется:

$$P_0(q/J) = F^{\frac{1}{1+q^2/2}}. \quad (5)$$

В данном случае отношение сигнал/шум определим как:

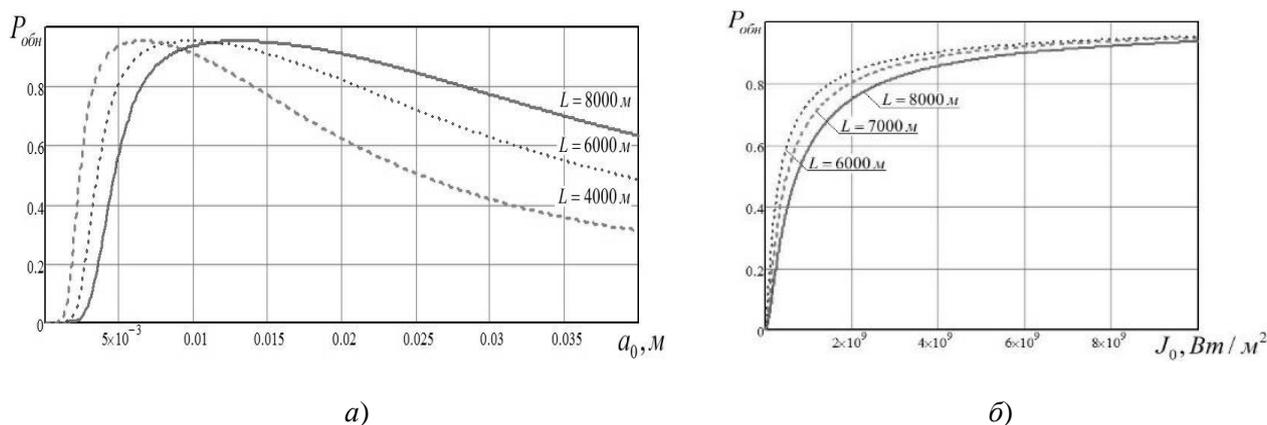
$$q = \sqrt{\frac{P_c}{P_{\text{ш}} + P_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{J\sigma_{\text{ц}}T_a\tau_0S_0}{4\pi L^2(P_{\text{ш}} + P_{\text{п}})}}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{\text{ц}}$  – эффективная площадь рассеивания цели;  $T_a$  – коэффициент пропускания среды на трассе;  $\tau_0$  – коэффициент пропускания формирующей оптики;  $S_0$  – площадь входной апертуры приемника оптического излучения (ПОИ);  $P_{\text{ш}}$  и  $P_{\text{п}}$  – мощности шумов и помех на входе ПОИ соответственно.

Вероятность обнаружения и захвата цели ЛТС:

$$P_{\text{обн}} = \int_0^{\frac{a_0^2}{a^2} J_0} F \frac{1}{1 + \frac{J\sigma_{\text{ц}} T_a \tau_0 S_0}{8\pi L^2 (P_{\text{ш}} + P_{\text{п}})}} \frac{1}{J} \frac{a^2}{2\sigma_l^2} \left( \frac{J a^2}{J_0 a_0^2} \right)^{2\sigma_l^2} dJ. \quad (7)$$

С использованием разработанной методики были получены зависимости (рис. 1), анализ которых позволяет обосновать требования к характеристикам зондирующего излучения ЛТС.



**Рис. 1. Зависимость вероятности обнаружения и захвата на автосопровождение цели от конечного радиуса лазерного пучка (а) и от интенсивности лазерного излучения (б)**

Таким образом, на основе методов теории вероятностей и фотометрии разработана методика оценки эффективности обнаружения и захвата на автосопровождение цели ЛТС. На основе использования метода функционального преобразования случайных величин определено распределение интенсивности зондирующего лазерного излучения в плоскости цели, что позволило оценить вероятность обнаружения и последующего захвата на автосопровождение в зависимости от энергетических и пространственных характеристик лазерного излучения с учетом ошибок целеуказания и обосновать требования к углу расходимости и мощности зондирующего лазерного излучения ЛТС.

### Библиографический список

1. Козирацкий, Ю. Л. Оптимизация угла расходимости излучения лазерной локационной системой в условиях помех / Ю. Л. Козирацкий. – М. : Радиотехника, 1994. – № 3. – С. 6 – 10.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**М. М. Лазуткин, К. А. Полкунов**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия  
(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

Термин «*инфокоммуникационные технологии*» можно условно разделить на две составляющие: информационные технологии и телекоммуникационные технологии. Информационная технология – это совокупность методов и средств получения, обработки и представления информации [1].

*Отображение (представление) информации* – это генерация сигналов на основе исходных данных, а также правил и алгоритмов их преобразования в форме, приемлемой для непосредственного восприятия человеком [1].

Наиболее важную роль восприятие информации человеком приобретает в образовательном процессе. В основном (80...90%) эту информацию человек получает с помощью органов зрения. Однако образовательный процесс состоит не только из получения информации (теоретическая часть), но и с получением навыков и опыта (практическая часть), а для этого только зрительной информации недостаточно. Например, при обучении работе с новой техникой важной составляющей обучения (приобретение навыков) является «мышечная память» – навык работы с органами управления техникой, требующий *тактильной и кинестической (реагирующей на движения оператора) обратной связи* [2]. Приобретение данных навыков возможно только при работе на тренажерах. Однако, реальные тренажеры сложны и дороги в производстве, а значит их невозможно произвести в достаточных количествах. Данную проблему решает обучение с использованием симуляторов, реализованных с помощью *иммерсивных технологий*.

*Иммерсивные технологии (Immersive Technologies)* – это технологии расширенной реальности, которые реализуют эффект частичного или полного погружения и присутствия в альтернативном пространстве, изменяя тем самым опыт пользователя, приобретаемый в процессе обучения [3].

К концепции иммерсивных технологий относятся:

Объективная реальность (RR) – реальность, в которой мы с вами находимся, которая воспринимается нами с помощью органов чувств.

Виртуальная реальность (VR) – это абсолютно смоделированную реальность на основе цифрового моделирования. К ним относят 3D, 360 видео и также звуки, ощущения и запах.

Дополненная реальность (AR) – это технология, позволяющая преобразовывать реальность, в которой мы существуем, с помощью цифровых элементов.

Смешанная реальность (MR) представляет собой комбинацию дополненной и виртуальной реальностей. MR придает виртуальным изображениям реалистичность. При этом цифровые и физические объекты сосуществуют и взаимодействуют в реальном времени.

Расширенная реальность (XR) – термин, объединяющий AR и VR технологии [3].

Таким образом, иммерсивные технологии позволяют создать недорогие симуляторы, способные дать обучающемуся не только теоретическую информацию, но и непосредственно получить практический опыт работы с техникой, развить «мышечную память», что способствует лучшему усвоению материала.

### **Библиографический список**

1. Кутузов, О. И. Инфокоммуникационные системы и сети / О. И. Кутузов, Т. М. Татарникова, В. В. Цехановский. – СПб. : Лань, 2020. – 244 с.

2. Выборнова, А. И. Иммерсивные технологии в телекоммуникациях: обзор и перспективы / А. И. Выборнова // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 1 – 10.

3. Иммерсивные технологии в высшем образовании / Д. Давыдова, Г. Р. Гильванов, Я. В. Кукушкина, И. Ю. Романова // Изв. Петербургского университета путей сообщения. – СПб. : ПГУПС, 2023. – Т. 20, № 1. – С. 120 – 132.

## **ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК К СТАНЦИИ ИМИТИРУЮЩИХ ПОМЕХ, РЕЗМЕЩАЕМОЙ НА БЕСПИЛОТНОМ ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ**

**А. А. Лисовский, Л. Б. Рязанцев, И. Ю. Курьянов**

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия  
(e-mail: vva@mil.ru)

Развитие науки неразрывно связано с развитием форм, способов и средств вооруженной борьбы. Локальные войны последних лет обозначили значительное увеличение роли беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Развитие способов боевого применения данного вида вооружения очень напоминает аналогичные процессы, происходившие более ста лет назад в пилотируемой авиации. Начиная с воздушной разведки, современные БпЛА стали грозным оружием, способным носить на себе как кустарно подвешенные ручные гранаты и выстрелы от подствольного гранатомета, так и серийно выпускаемые противотанковые управляемые ракеты и корректируемые планирующие авиабомбы. Широкое применение получили так же барражирующие боеприпасы, или «дроны-камикадзе».

При появлении любого нового вооружения, противостоящая сторона пытается разработать эффективные меры противодействия. Наиболее перспективным способом преодоления ПВО противника многие специалисты называют комплексное применение средств радиоэлектронной борьбы, которые уже получили определенное развитие в авиации. Бортовые средства РЭБ могут включать в себя станции непосредственной радиотехнической разведки, аппаратуру предупреждения об облучении летательного аппарата сканирующим сигналом радиолокационных станций обнаружения, наведения и целеуказания (РЛС ОНЦ) систем управления войсками и оружием противника, предупреждения о пуске управляемых ракет, станций активных помех и устройств выброса расходоуемых средств РЭБ и другие устройства. В тоже время, данное бортовое оборудование невозможно установить на БпЛА ввиду значительных массогабаритных и энергетических ограничений. Следовательно, для применения его на БпЛА необходимо изыскание новых или совершенствование существующих систем и средств РЭБ, способных эффективно действовать в данных условиях. Для этого рассмотрим такой способ ведения РЭБ, как постановка активных радиоэлектронных помех.

Активные помехи по эффекту действия они могут разделяться на маскирующие и имитирующие. Основным недостатком маскирующих помех, несмотря на их универсальность, являются высокие энергетические требования и, как следствие, большие массогабаритные характеристики станций помех, что не позволяет размещать их на БпЛА. Активные имитирующие помехи обычно используются для дезинформации и создают в системах обработки ложную информацию. Эти помехи более скрытного действия, чем маскирующие. При их действии может происходить перегрузка соответствующих информационных каналов РЭС, в результате чего снижается их пропускная способность и становится недостаточной для обработки всей информации, необходимой для выделения истинной цели.

Несмотря на то, что методики оценки эффективности применения активных шумовых помех для преодоления ПВО в научной литературе представлены достаточно широко, аналогичный вопрос, касающийся активных имитирующих помех, проработан слабо и требует создания специализированной методики. Суть данной методики заключается в необходимости обоснования возможности установки на БпЛА станции помех, которая по энергетическим характеристикам обеспечивает условия равенства мощности помехи полезного сигнала на входе приемного тракта подавляемой РЛС. Для этого предлагается выполнение следующей последовательности действий по расчету: мощности зондирующего сигнала РЛС на выходе с передающей антенны подавляемой РЛС; плотности потока мощности зондирующего сигнала РЛС, достигшего БпЛА; мощности зондирующего сигнала РЛС, отраженного от БпЛА; плотности потока мощности зондирующего сигнала РЛС, отраженного от БпЛА и достигшего приемной антенны РЛС; мощности зондирующего сигнала РЛС на входе приемного тракта антенны; мощности помехового сигнала, излучаемого станцией помех, установленной на БпЛА; плотности потока мощности помехового сигнала, достигшего подавляемой РЛС; мощности помехового сигнала на входе приемного тракта антенны; требуемого энергопотенциала станции помех, с последующим определением требуемой мощности передающего устройства и характеристик антенной системы.

В качестве дальнейшего предмета исследования будет рассмотрено информационное критерия оценки эффективности станции активных помех, предполагаемой для установки на БпЛА.

### **Библиографический список**

1. Перунов, Ю. М., Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Ю. М. Перунов, К. И. Фомичев, Л. М. Юдин. – М. : Радиотехника, 2008. – 415 с.

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ И ШУМОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

**Ю. С. Максимов, Ю. В. Беляев**

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

(e-mail: maksimov.ius@students.dvfu.ru).

Гетеропереходные светоизлучающие диоды (СИД), в которых при прохождении электрического тока генерируется оптическое излучение, позволяют поддерживать качество жизни людей, работающих при отсутствии естественного освещения. При создании осветительных приборов на предприятиях-изготовителях светодиодной продукции для поддержания ее качества необходимо контролировать значительное количество параметров.

Цель представленной работы – определить и описать методы измерения параметров светоизлучающих диодов, в том числе, малосигнальных и шумовых параметров. Однако до описания методов имеет смысл привести классификацию характеристик электрических свойств полупроводников и гетероструктур, среди которых можно выделить следующие:

- электрофизические характеристики: вольт-амперные (ВАХ), вольт-фарадные (ВФХ), вольт-сименсные (ВСХ), которые фиксируются при различных частотах тестового сигнала и различных напряжениях смещения;
- фотоэлектрические характеристики: зависимости фотоЭДС или фотопроводимости от напряжения смещения и частоты модуляции светового потока;
- шумовые характеристики: зависимости дисперсии шумового процесса от напряжения, частоты измерения шума, температуры [1].

При измерении вольт-амперных характеристик гетероструктур светоизлучающих диодов А. С. Степанова с соавторами обнаружили влияние процесса измерения на вид ВАХ и чувствительную структуру СИД. Сравнение показало, что изменение вольт-амперных характеристик в области больших токов было связано не со случайными погрешностями, а с эффектом от самого измерения, который был достаточным для того, чтобы получить отклонения в структуре диодов и в следующих измерениях ВАХ [3].

Отмечая нерешенность проблем деградации характеристик светоизлучающих гетероструктур из-за дефектов в их активной области, О. А. Радаев с соавторами указывают на такие методы диагностики пространственной неоднородности параметров светоизлучающих гетероструктур, как: сканирующая ближнепольная электролюминесценция, инфракрасная микроскопия, мэппинг

фотолюминесценции, а также предложенный авторами метод сканирующей фотоэлектрической спектроскопии [2].

Для диагностики и неразрушающего контроля качества СИД широко используются электрические методы, основанные на измерении малосигнальных и шумовых параметров. И. В. Фролов в своем диссертационном исследовании [4] называет применимыми для этих целей методы импедансной (адмиттансной), емкостной и шумовой спектроскопии. Для измерения параметров прямо смещенных СИД применяются методы импедансной спектроскопии, для измерения параметров обратно смещенных СИД – методы емкостной спектроскопии. Мощным инструментом диагностики качества СИД является фликкер-шумовая спектроскопия, которая позволяет выявлять дефекты СИД, связанные с нарушением контактов, неоднородностью гетероперехода, локализацией тока, по характеристикам низкочастотного шума тока накачки СИД.

В. Н. Давыдов и Д. А. Новиков, описывая методы измерения полупроводниковой емкости, упоминают о следующих: метод емкостного делителя, мостовой метод измерения, метод проходного конденсатора операционного усилителя, амплитудно-фазовый метод измерения. Для исследования высокочастотной емкости лучшие результаты измерений обеспечивает метод проходного конденсатора в модификации с расширением его частотных свойств [1].

### **Библиографический список**

1. Давыдов, В. Н. Измерительные методики и автоматизированный комплекс для исследования приборов опто- и наноэлектроники / В. Н. Давыдов, Д. А. Новиков // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 1(35). – С. 64 – 74.

2. Радаев, О. А. Диагностика качества светоизлучающих гетероструктур методом сканирующей фотоэлектрической спектроскопии / О. А. Радаев, И. В. Фролов, В. А. Сергеев // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2018. – Т. 18, № 5. – С. 1163 – 1166.

3. Степанова, А. С. Влияние процесса измерения на вид вольт-амперных характеристик гетероструктур светоизлучающих диодов / А. С. Степанова, А. В. Кинах, Д. Ю. Попов // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2021. – № 1-1. – С. 130 – 134.

4. Фролов, И. В. Средства измерения малосигнальных и шумовых параметров светоизлучающих диодов для целей диагностики их качества : дис. ... канд. техн. наук: 05.11.01 / И. В. Фролов. – Ульяновск, 2014. – 167 с.

## СОПРОТИВЛЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ ПРОВОДНИКОВ С МАЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ

С. И. Матюхин<sup>1</sup>, А. С. Мурко<sup>1</sup>, А. В. Ставцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия

<sup>2</sup>АО «Протон-Электротекс», Орел, Россия

(e-mail: sim1@mail.ru)

Как известно, сопротивление  $R$  прямого, однородного проводника с током определяется выражением:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление;  $l$  – длина;  $S$  – площадь поперечного сечения проводника. При этом следует иметь в виду, что формула (1) справедлива только тогда, когда площадь электрических контактов  $S_0$  к проводнику близка к  $S$ , и разностью потенциалов вдоль поверхности  $S$  можно пренебречь.

На практике, однако, это условие не всегда соблюдается, особенно, если речь идет о микро- или наноэлектронике, где размеры электрических контактов могут быть много меньше поперечных размеров проводников, а удельное сопротивление этих проводников велико. Примером являются узкие контакты полосковых полупроводниковых лазеров, электрические контакты между элементами современных микросхем, контакты между поверхностями с большой шероховатостью. Электрическое поле в объеме проводников с малой площадью контактов становится неоднородным (рис. 1, слева), возникает зависимость плотности тока от пространственных координат, и формула (1) становится неприменимой для расчета сопротивления даже однородных проводников.

На рисунке 1 (справа) представлен график зависимости сопротивления цилиндрического медного проводника диаметром  $d = 10$  см и длиной  $l = 1,7$  см от диаметра  $d_0$  одного из электрических контактов. Сопротивление проводника (маркеры) рассчитывалось как отношение приложенного к контактам напряжения  $U$  к величине протекающего тока:  $R = U / I$ . В свою очередь, ток  $I$  рассчитывался численными методами, путем совместного решения уравнения Лапласа для потенциала поля и уравнения электропроводности.

По аналогии с тепловыми расчетами на основе представлений о тепловом конусе [1], в инженерных приложениях сопротивление  $R$  изображенного на рис. 1 (слева) объемного проводника аналитически может быть рассчитано как сопротивление усеченного «электрического конуса» (пунктир на рис. 1) с площадью меньшего основания, равной площади электрического контакта  $S_0 = \pi d_0^2 / 4$ , и углом раствора  $\alpha$ :

$$R = \rho \frac{4l}{\pi d^2} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{d^2}{d_0(d_0 + 2l\beta \operatorname{tg}\alpha)} \right) \beta \right], \text{ где } \beta = \begin{cases} \frac{d - d_0}{2l \operatorname{tg}\alpha} & \text{при } \frac{d - d_0}{2l \operatorname{tg}\alpha} < 1, \\ 1 & \text{при } \frac{d - d_0}{2l \operatorname{tg}\alpha} \geq 1. \end{cases} \quad (2)$$

Как показывает график на рис. 1, при  $\alpha = 37^\circ$  расчеты по формуле (2) (сплошная кривая) находятся в удовлетворительном согласии с численными результатами (маркеры).

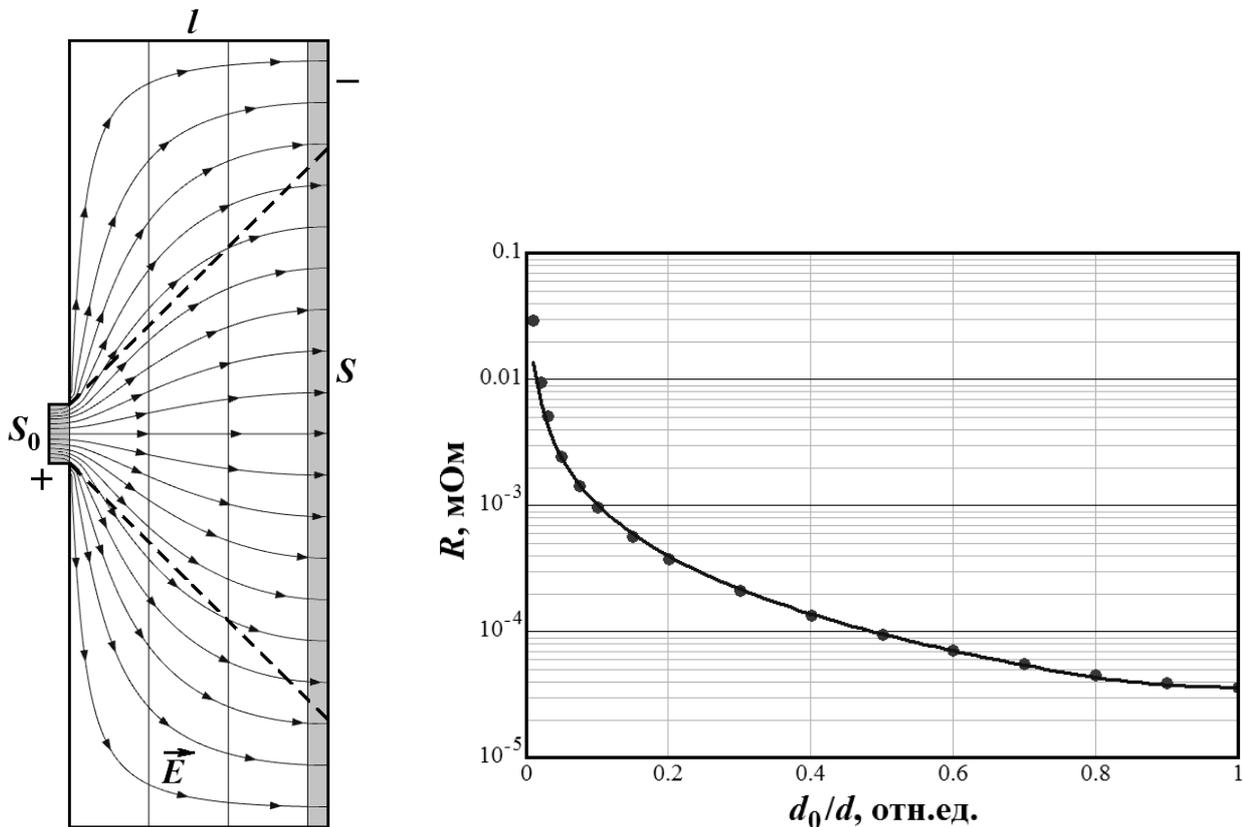


Рис. 1. Силовые линии электрического поля (слева) и сопротивление объемного проводника сечением  $S$  (справа) с малой площадью контакта  $S_0$ .

### Библиографический список

1. Тепловое сопротивление силовых полупроводниковых модулей паяной конструкции / Матюхин С. И., Малый Д. О., Вишняков А. С., Орлов Е. Ю., Казаков В. И. // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2020. – № 5(343). – С. 122 – 130. – DOI: 10.33979/2073-7408-2020-343-5-122-130

# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ФАЗОВОГО ПЕЛЕНГАТОРА В УСЛОВИЯХ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛА

А. Е. Медведев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: Medvedevstu@gmail.com)

В связи с интенсивными разработками за последние годы систем управления беспилотными автомобилями и появление дешевых, компактных, но эффективных для данной задачи радиолокационных датчиков, представляет интерес синтез систем оценки координат и параметров движения наиболее опасных подвижных и неподвижных объектов, окружающих автомобиль и определение наилучшего варианта критерия оценки опасности ситуации. Методом, с помощью которого можно достаточно точно измерить угловое положение объекта, является фазовый метод, что обладает высокой точностью и чувствительностью к принимаемому сигналу, по сравнению с амплитудным.

**Влияние многолучевого распространения на сигналы.** Многолучевое распространение возникает при условии существования в точке приема радиосигнала не только прямого, но и еще одного или целого ряда отраженных или/и преломленных лучей. Другими словами, на антенну приемника приходят не только прямые лучи (непосредственно от самого источника), но и отраженные (от земной поверхности, зданий, строений и прочих объектов).

Многолучевое распространение присутствует в большинстве радиолиний и может вносить погрешности, искажающие определение параметров радиосигнала. Возникновение отраженных, задержанных по времени прихода, сигналов приводит к искажению формы корреляционного пика сигнала и, как следствие, к смещению в оценке истинной задержки. Явление многолучевого распространения может вызвать флуктуации амплитуды, фазы и угла прибытия, что приводит к эффекту замирания.

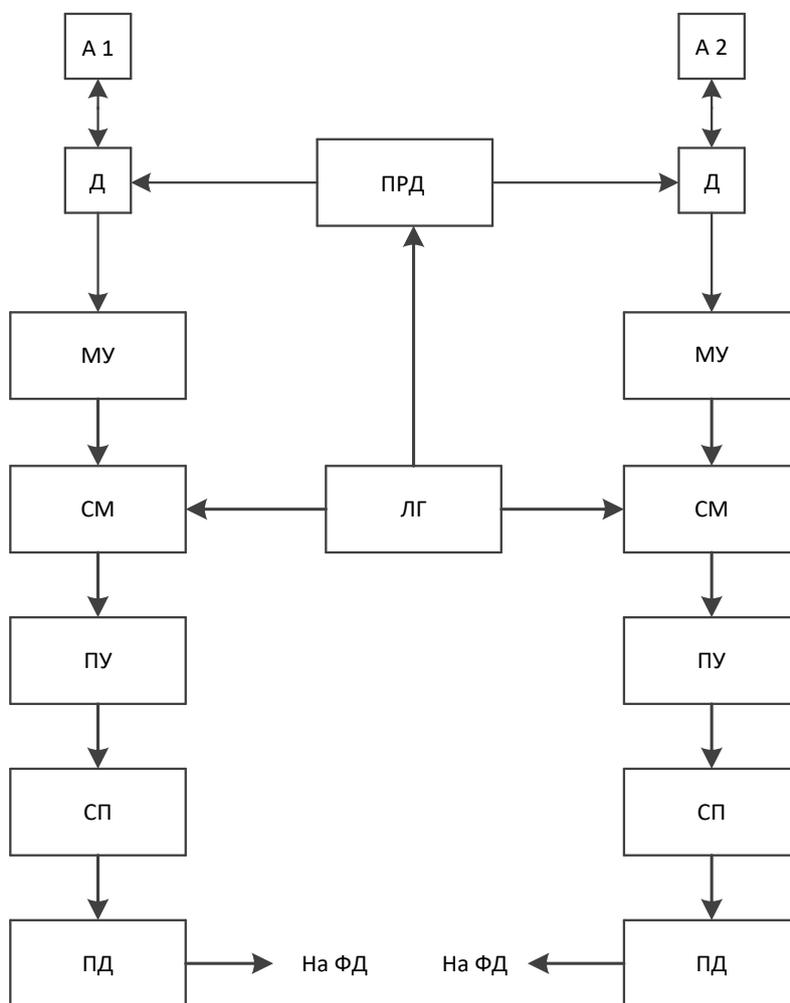
Выделяют два основных последствия многолучевого эффекта распространения сигналов: замирание огибающей, межсимвольная интерференция.

Если задержка распространения всех лучей мала по сравнению с длительностью канального символа, то возникает только интерференция волн, приводящая к замираниям огибающих. Данная проблема решается увеличением мощности сигнала, разнесенным приемом, АРУ [9, с. 595].

Межсимвольная интерференция является эффектом наложения в приемнике символов друг на друга. Особенностью многих линий радиосвязи (например, тропосферных, спутниковых, мобильных и т.п.) является многолучевой характер распространения радиосигнала. В точке приема сигнал является сум-

мой большого числа элементарных сигналов различных амплитуд со случайным временем запаздывания. Отдельные лучи могут запаздывать друг относительно друга на существенную величину (большая разность хода различных лучей в радиоканале), что и вызывает эффект межсимвольной интерференции.

Межсимвольная интерференция – искажение сигнала за счет откликов на другие (более ранние) символы, которые могут проявляться как помехи. Так же этот эффект может наблюдаться из-за ограниченной полосы пропускания радиотракта. По степени искажения формы импульса межсимвольные помехи могут быть большими или малыми, а сама эта степень при наложении сигналов зависит от разности времени прихода сигналов в точку приема. Разницу времени распространения по максимальному и минимальному путям обычно называют временем многолучевости.



**Рис. 1. Структурная схема измерителя**

Она включает два супергетеродинных приемника, первой ступенью каждого из которых часто является малошумящий радиочастотный усилитель (МУ), за которым следуют ступени смещения полученного сигнала с напряже-

нием гетеродина, уменьшающие частоту сигнала до промежуточной частоты IF (Intermediate Frequencies), далее сигнал сводится к основной полосе немодулированных частот и поступает на процессор управления (ПУ).

Сигнал затем посылается к сигнальному процессору (СП), который может выполнять такие функции, как сжатие импульсов, согласованная фильтрация, доплеровская фильтрация, накопление, компенсация движения. В данном случае на выходах СП важны данные о фазе сигнала, полученного с антенн. Затем данные о фазе сигнала обрабатываются в процессоре данных (ПД), отправляются на ФД и далее обрабатываются системой.

Работа системы моделировалась в условиях движения автомобиля по прямой траектории с постоянной скоростью.

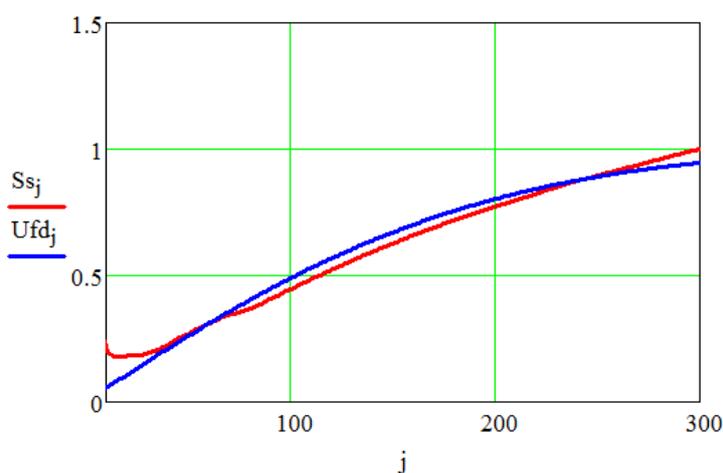


Рис. 2

На рисунке показаны выходные сигнала фазового угломера в условиях отсутствия помех (синяя кривая) и в условиях действия только теплового шума (красная кривая).

При учете сигналов многолучевого распространения (СМР) получена зависимость среднеквадратической погрешности (СКП) от амплитуды СМР (табл. 1).

Таблица 1

№	Амплитуда СМР	СКП
1		
2		
3		
4		
5		

## 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. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
3. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
4. Данилов, С. Н. Алгоритм прогноза координат воздушных объектов для обеспечения функционирования системы направленной связи на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Р. Р. Шатовкин // Вестник тамбовского государственного технического университета. – 2009. – № 3, Т. 15. – С. 530 – 539.
5. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – № 3, Т. 22. – С. 374 – 380.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

**А. С. Морозов, С. П. Москвитин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: lekha814@yandex.ru)

Эффект Пельтье, как и все термоэлектрические явления, выражен особенно сильно в цепях, составленных из электронных ( $n$ -тип) и дырочных ( $p$ -тип) полупроводников. В этом случае эффект Пельтье имеет другое объяснение. Рассмотрим ситуацию, когда ток в контакте идет от дырочного полупроводника к электронному ( $p - n$ ). При этом электроны и дырки движутся навстречу друг другу и, встретившись, рекомбинируют. В результате рекомбинации освобождается энергия, которая выделяется в виде тепла. Эта ситуация рассмотрена на рис. 1, где изображены энергетические зоны ( $\epsilon_c$  – зона проводимости,  $\epsilon_v$  – валентная зона) для примесных полупроводников с дырочной и электронной проводимостью.

На рисунке 2 ( $\epsilon_c$  – зона проводимости,  $\epsilon_v$  – валентная зона) иллюстрируется поглощение тепла Пельтье для случая, когда ток идет от  $n$  к  $p$ -полупроводнику ( $n - p$ ).

Здесь электроны в электронном и дырки в дырочном полупроводниках движутся в противоположные стороны, уходя от границы раздела. Убыль носителей тока в пограничной области восполняется за счет попарного рождения электронов и дырок. На образование таких пар требуется энергия, которая поставляется тепловыми колебаниями атомов решетки. Образующиеся электроны и дырки увлекаются в противоположные стороны электрическим полем. Поэтому пока через контакт идет ток, непрерывно происходит рождение новых пар. В результате в контакте тепло будет поглощаться.

Применение полупроводников разных типов в термоэлектрических модулях представлено на рис. 3. Такая цепь позволяет создавать эффективные охлаждающие элементы.

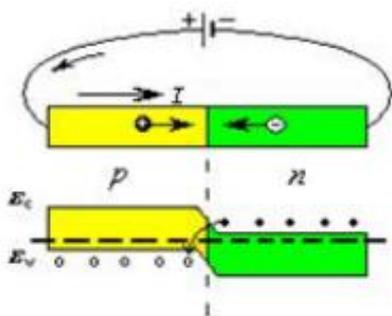


Рис. 1. Выделение тепла Пельтье на контакте полупроводников  $p$ - и  $n$ -типа

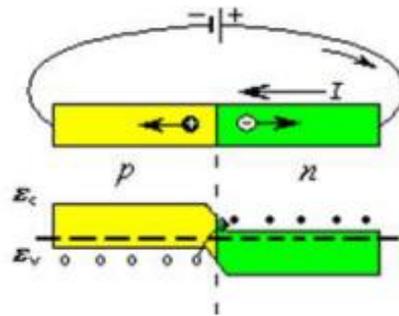


Рис. 2. Поглощение тепла Пельтье на контакте полупроводников  $p$ - и  $n$ -типа

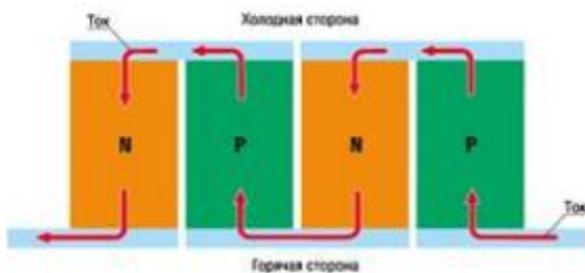


Рис. 3. Использование полупроводниковых структур в термоэлектрических модулях

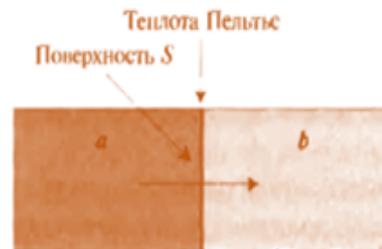


Рис. 4. Перенос тепла посредством электрического тока

Рассмотрим два различных проводника  $a$  и  $b$  с одинаковой площадью поперечного сечения  $A$ , которые соединены, как это показано на рис. 4. Поверхность  $S$  является контактной поверхностью проводников. Оба проводника имеют одинаковую температуру  $T$ , и через них протекает электрический ток  $I$ .

Пусть теплоемкость электронов в проводнике  $a$  равна  $ca$  в проводнике  $b - cb$ . Тогда тепловая энергия, которой обладает электрон, в каждом проводнике равна  $caT$  и  $cbT$  соответственно. В случае, если электроны имеют максвелловское распределение по скоростям, то  $caT = cbT = 3/2kT$ .

Электрический ток, протекающий через контактную поверхность  $S$ , в каждом направлении

$$I = qnvA. \quad (3)$$

В проводнике  $a$  вместе с электрическим током в направлении контактной поверхности переносится поток тепловой энергии

$$Pa = nvAcaT, \quad (4)$$

а в проводнике  $b$  от контактной поверхности уносится поток тепловой энергии

$$Pb = nvAscT. \quad (5)$$

Если  $Pa > Pb$ , то на поверхности контакта двух проводников тепловая энергия должна отводиться в окружающую среду и ее поток будет равен

$$P = Pa - Pb = nvAT(ca - cb) = \frac{T}{q} (ca - cb) \cdot I \equiv \pi I. \quad (6)$$

Если электроны имеют максвелловское распределение по скоростям, то в рамках изложенной модели коэффициент Пельтье  $\pi$  будет равен нулю, поскольку в этом случае  $ca = cb$ . Однако, основываясь на факте существования эффекта Пельтье, следует сделать вывод, что в материалах, используемых для изготовления термопар, электронный газ не подчиняется распределению Максвелла. Это заключение согласуется с общепринятым положением о не максвелловском распределении электронов в металлах. Однако в слабо легированных полупроводниках электронная проводимость описывается на основе максвелловского распределения. Поэтому требуется дополнительное усовершенствование модели, чтобы объяснить наличие эффекта Пельтье в таких материалах.

### Библиографический список

1. Исмаилов Т. А. Полупроводниковые термоэлектрические энергоэффективные устройства : монография / Т. А. Исмаилов, Х. М. Гаджиев. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2021.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ЗАКОНА ДЖОУЛЯ–ЛЕНЦА НА ЭЛЕМЕНТЕ ПЕЛЬТЬЕ

**А. С. Морозов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: lekha814@yandex.ru)

В 1841 году усилия английского физика Джоуля, а в 1842 году исследования русского ученого Ленца увенчались открытием закона, применение которого позволяет количественно оценить результаты теплового действия электрического тока. С тех пор изобретено множество приборов, в основе которых лежит тепловое действие тока.

Тепловой закон гласит: «Количество тепла, выработанного током, прямо пропорционально квадрату приложенного к данному участку цепи тока, сопротивления проводника и промежутка времени, в течение которого электричество действовало на проводник».

Если обозначить символом  $Q$  количество выделяемого тепла, а символами  $I$ ,  $R$  и  $\Delta t$  – силу тока, сопротивление и промежуток времени, соответственно, тогда формула закона Джоуля–Ленца будет иметь вид:

$$Q = I^2 R \Delta t$$

Если сопротивление выразить из закона Ома и подставить в формулу Джоуля–Ленца получим:

$$Q = U^2 / R \Delta t \Rightarrow Q = UI \Delta t.$$

Выведенные формулы – различные формы записи закона Джоуля–Ленца. Зная такие параметры как напряжение или силу тока, можно легко рассчитать количество тепла, выделяемого на участке цепи, обладающем сопротивлением  $R$ .

Чтобы перейти к дифференциальной форме закона, проанализируем утверждение Джоуля–Ленца применительно к электронной теории. Приращение энергии электрона  $\Delta W$  за счет работы электрических сил поля равно разности энергий электрона в конце пробега  $(m/2)(u = v_{\max})^2$  и в начале пробега  $(mv^2)/2$ , т.е.

$$\Delta W = \frac{m}{2} \left( 2uv_{\max} + \frac{v_{\max}^2}{2} \right) = \frac{mv_{\max}^2}{2}.$$

Здесь  $u$  – скорость хаотического движения (векторная величина);  $v_{\max}$  – максимальная скорость электрического заряда в данный момент времени.

Поскольку установлено, что скорость хаотического движения с одинаковой вероятностью совпадает с максимальной (по направлению и в противоположном направлении), то выражение  $2uv_{\max}$  в среднем равно нулю. Тогда полная энергия, выделяющаяся при столкновениях электронов с атомами, образующими узлы кристаллической решетки, составляет:

$$p = \frac{n\Delta W}{\tau} = \frac{nu}{l} \frac{m e^2 l^2 E^2}{2 m^2 u^2} \Rightarrow p = \gamma E^2.$$

Это и есть закон Джоуля–Ленца, записанный в дифференциальной форме. Здесь  $\gamma$  – согласующий коэффициент;  $E$  – напряженность поля.

Если предположить, что проводник имеет цилиндрическую форму с сечением  $S$ . Пусть длина этого проводника составляет  $l$ . Тогда мощность  $P$ , выделяемая в объеме  $V = lS$  составляет:

$$P = pV = \frac{1}{\rho} \left( \frac{V}{l} \right)^2 lS = \frac{U^2}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{U^2}{R},$$

где  $R$  – полное сопротивление проводника.

Если величина тока со временем меняется, то количество теплоты вычисляется по формуле:

$$Q = \int_1^2 I^2 R dt.$$

Данное выражение, а также вышеперечисленные формулы, которые можно переписать в таком же виде, принято называть интегральной формой закона Джоуля–Ленца.

После детального изучения эффекта Пельтье, можно сделать вывод как электрический ток протекает по металлическому проводнику. Как только электрическая цепь замкнется, то под действием ЭДС движение свободных электронов упорядочивается, и они устремляются к положительному полюсу источника питания. Однако на их пути встречаются стройные ряды кристаллических решеток, атомы которых создают препятствия упорядоченному движению, то есть оказывают сопротивление.

На преодоление сопротивления уходит часть энергии движущихся электронов. В соответствии с фундаментальным законом сохранения энергии, она не может бесследно исчезнуть. Она-то и превращается в тепло, вызывающее нагревание проводника. Накапливаемая тепловая энергия излучается в окружающее пространство или нагревает другие предметы, соприкасающиеся с проводником.

### Библиографический список

1. Калашников, Н. П. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2023. – 496 с.

# ПРИРАЩЕНИЕ ПСЕВДОДАЛЬНОСТЕЙ В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

С. П. Москвитин, Н. А. Лежнева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: resbn@mail.ru )

Для определения координат и параметров движения подвижных объектов используются навигационные системы на основе спутниковых радионавигационных систем [1]. Определение координат и параметров движения подвижного объекта (ПО) осуществляется по измеренным значениям псевдодальностей до четырех навигационных космических аппаратов (НКА), входящих в рабочее созвездие. Значения квазидальностей между ПО и  $i$ -м НКА в гринвичской прямоугольной системе координат  $OXYZ$  обычно записываются в виде

$$D_i(t) = \sqrt{[x_0(t) - x_i(t - \tau)]^2 + [y_0(t) - y_i(t - \tau)]^2 + [z_0(t) - z_i(t - \tau)]^2} + c\Delta\tau(t), \quad (1)$$

где  $x_0, y_0, z_0$  – координаты ПО;  $x_l, y_l, z_l$  – координаты  $i$ -го НКА известные по результатам обработки эфемеридной информации;  $c\Delta\tau(t)$  – постоянный сдвиг по дальности, обусловленный отклонением бортовой шкалы ПО относительно единой шкалы времени НКА.

Для малых интервалов времени  $t_{k+1} - t_k = T$  изменение псевдодальности  $\Delta D(t_{k+1}, t_k) = D(t_{k+1}) - D(t_k)$  от ПО до  $i$ -го НКА в предположении, что координаты НКА на этом интервале времени точно известны, будет определяться выражением

$$\Delta D_l(t_{k+1}, t_k) = \frac{1}{D_i(t_k)} \{ [x_0(t_k) - x_i(t_k)]V_x(t_k) + [y_0(t_k) - y_i(t_k)]V_y(t_k) + [z_0(t_k) - z_i(t_k)]V_z(t_k) \}, \quad (2)$$

где  $V_x(t_k), V_y(t_k), V_z(t_k)$  – составляющие вектора скорости ПО в гринвичской прямоугольной системе координат  $OXYZ$ .

Определим приращение дальности при движении ПО со скоростью 200 км/ч для интервала времени  $t_{k+1} - t_k = T = 0,02$  с. При определении приращений псевдодальностей предполагалось, что ПО находится на экваторе в точке пересечения с гринвичским меридианом, т.е. его координаты имеют значения  $\varphi = 0, \lambda = 0$ . Высота полета ПО составляет  $h = 3000$  м. Созвездие из четырех

НКА выбиралось оптимальное, т.е. считалось, что ПО находится в центре правильного тетраэдра. При этом условно обозначалось, что первый спутник находится в зените, второй, третий и четвертый лежат в плоскости горизонта и разнесены по  $120^\circ$ . НКА находятся на круговых орбитах на высоте  $h_1 = 20\,000$  км. Высоты  $h$  и  $h_1$  отсчитываются относительно величины радиуса Земли  $R_0$ . Координаты НКА в прямоугольной системе координат имели значения:

$$\begin{aligned} x_1 &= R_0 + h_1, \quad y_1 = 0, \quad z_1 = 0; \quad x_2 = R_0 + h, \quad y_2 = 0, \quad z_2 = \sqrt{2R_0(h_1 - h) + h_1^2 - h^2}; \\ x_3 &= R_0 + h_1, \quad y_3 = -\sqrt{2R_0(h_1 - h) + h_1^2 - h^2} \cos 30^\circ, \\ z_3 &= -\sqrt{2R_0(h_1 - h) + h_1^2 - h^2} \sin 30^\circ; \quad x_4 = R_0 + h_1, \\ y_4 &= \sqrt{2R_0(h_1 - h) + h_1^2 - h^2} \cos 30^\circ, \quad z_4 = -\sqrt{2R_0(h_1 - h) + h_1^2 - h^2} \sin 30^\circ. \end{aligned}$$

Графики приращений псевдодальностей  $\Delta D_i(t_{k+1}, t_k)$ ,  $i = \overline{1,4}$  для интервала времени  $T = 0,02$  с при движении ПО от 0 до 800 км/ч по оси  $OX$ , представлены на рис. 1, по оси  $OY$  – на рис. 2, по оси  $OZ$  – на рис. 3.

Из представленных графиков видно, что максимальное значение приращения не превышает значения 4,8 м.

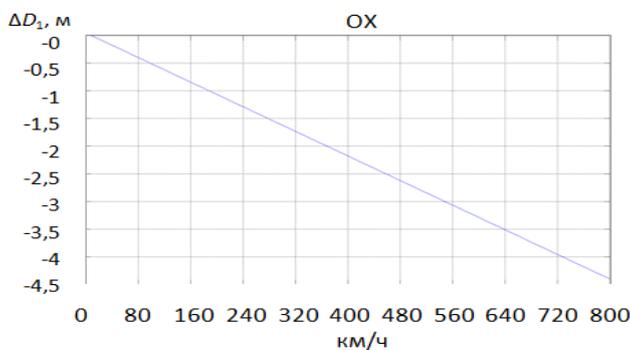


Рис. 1

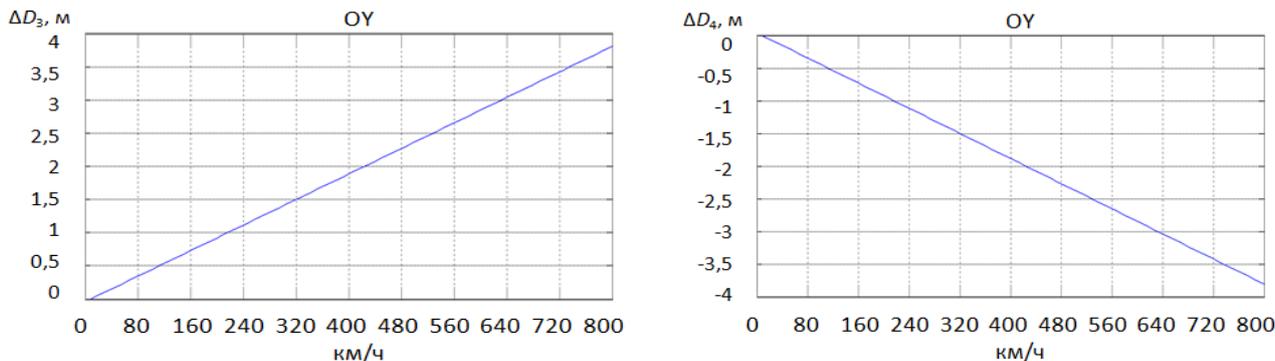


Рис. 2

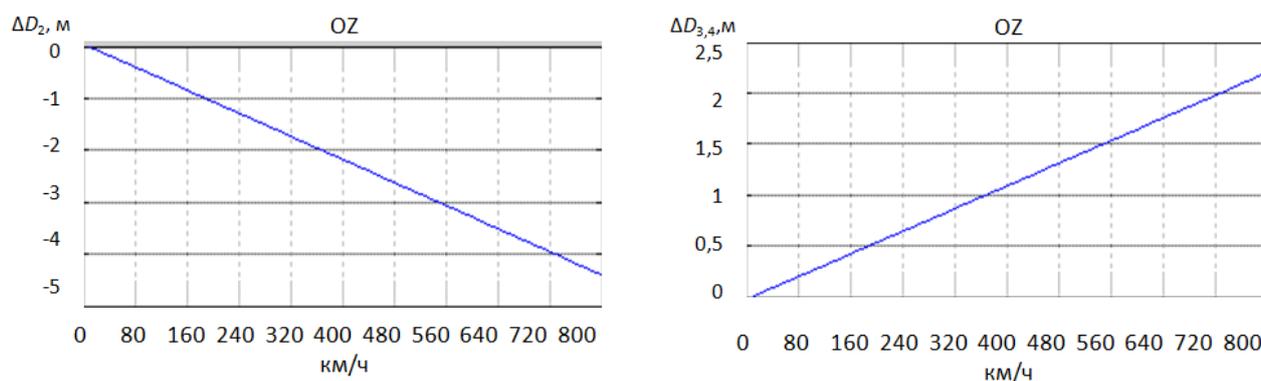


Рис. 3

### Библиографический список

1. Application of fuzzy logic for control of the integrity of navigation data of satellite radio navigation systems / A. V. Ivanov, D. V. Boykov, S. P. Moskvitin, A. P. Neguliaeva // Proceedings – 220 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency. – SUMMA 2020. – С. 76 – 79. – 9280789. (Scopus)
2. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, A. A. Ivanov, N. A. Lezhneva // Journal of Communications Technology and Electronics – 2021. – № 8(66). – P. 926 – 937.

## ИННОВАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА

**А. С. Мясоедова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: annete.myasoedova@yandex.ru)

Компьютерная томография на сегодняшний день – стандартный метод диагностики заболеваний головного мозга, позвоночника и спинного мозга, легких и средостения, печени, почек, поджелудочной железы, надпочечников, аорты и легочной артерии, и ряда других органов. С помощью компьютерного томографа можно исследовать практически любой орган – от мозга до костей.

Компьютерная томография дает возможность точно установить локализацию и распространенность патологического процесса, оценить результаты лечения, а также проводить топографию при планировании лучевой терапии, осуществлять прицельные пункции, биопсии, дренирования.

Именно поэтому важно постоянно развивать и улучшать работу аппаратов, которые производят диагностику каких-либо заболеваний на ранних стадиях.

Информационная модель компьютерного томографа была разработана в ходе рассмотрения двадцати технических заданий на закупку аппаратов КТ. Рассмотрены основные области применения КТ, такие как: кардиология, травматология, сосудистая хирургия, оториноларингология, протезирование, гинекология, урология.

Классы, которые были анализированы при составлении информационной модели:

- характеристики сети питания;
- технические характеристики;
- габариты;
- программное обеспечение: базовое;
- аппаратное обеспечение;
- дополнительные принадлежности;
- конструкция аппарата;
- программное обеспечение: специальное.

Проведен патентный анализ и анализ статей в поисковой системе Scopus по теме исследования. И были выявлены следующие инновации:

1. «Способ перфузионной компьютерной томографии в диагностике образований предстательной железы» – повышение точности исследования, возможность его проведения при наличии противопоказания к МРТ путем дифференциации новообразований предстательной железы.

2. «Перспективная кардиостимуляция в компьютерной томографии» – прогнозирование временного положения характеристик сердечного цикла.

3. «Промышленный томограф» – обеспечение возможности сканирования крупногабаритных изделий при высоком качестве получаемой томограммы за достаточно короткий промежуток времени без увлечений габаритов томографа.

4. «Онлайн геометрическая калибровка гибридной КТ для визуализации сверхвысокого разрешения» – суммирование изображений для создания детального изображения с уменьшенным количеством артефактов.

5. «Новый метод обработки изображений легких с использованием сложных сетей» – выявление и диагностика диффузного заболевания легких с помощью КТ высокого разрешения.

6. «Производительность КТ сверхвысокого разрешения в режиме сверхвысокого разрешения при обычной дозе облучения: фантомное исследование» –

сравнение качества изображений компьютерной томографии сверхвысокого разрешения (U-HRCT), полученных в режиме сверхвысокого разрешения (SHR) и нормального разрешения (NR), а также при обычной дозе облучения.

### **Библиографический список**

1. 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.

2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

3. 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. 3. – С. 123 – 128.

4. 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.

5. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

6. 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.

6. Фролова, Т. А. Разработка информационной модели на примере гематологических анализаторов / Т. А. Фролова, А. Н. Севодина // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 283–284.

## ТОЧНОСТЬ ИНДИКАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ МАНЕВРА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

У. Р. Наимов<sup>1</sup>, А. П. Пудовкин<sup>2</sup>, Р. Р. Шатовкин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан  
(e-mail: umed87-88@mail.ru)

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: resbn@mail.ru)

<sup>3</sup>Российский технологический университет (МИРЭА)», Москва, Россия  
(e-mail: shatovkin@yandex.ru)

Основным показателем качества функционирования индикатора является точность индикации интенсивности маневра аэродинамического объекта (АО). Индикация производится по величине ускорения сближения АО с точкой наблюдения. Мету точности, в свою очередь, определяет ошибка индикации, которая содержит две составляющие: методическую – обусловленную используемым методом определения значения ускорения, и флуктуационную – обусловленную воздействием шума индикации  $\zeta_k$ . Первая составляющая определяет потенциальные возможности индикатора, реальные же возможности характеризуются ошибкой индикации в целом. Потенциальная точность синтезированного алгоритма индикации исследовалась путем моделирования трех маневров [1, 3]. Для этого определялись интенсивность  $s_k$  в  $k$ -й момент времени по величине ускорения и состояние индикатора  $r_k$  в этот же момент времени по величине. Затем полученные результаты сравнивались между собой и вычислялись вероятности принятия правильного  $P(r_k = s_k | s_k)$  и ошибочного  $P(r_k \neq s_k | s_k)$  решений.

Рассматривалось три варианта воздействия шума индикации  $\zeta_k$ :

- шум отсутствует;
- имеет место срыв радиолокационного сопровождения цели по угловым координатам;
- осуществляется устойчивое радиолокационное сопровождение цели по угловым координатам.

Полученные значения вероятностей  $\rho(r_k = s_k | s_k)$  и  $\rho(r_k \neq s_k | s_k)$  полностью подтверждают сделанные выше выводы.

Полученные значения вероятностей подтверждают целесообразность использования предлагаемого метода определения значения ускорения сближе-

ния. Учитывая, что рассматриваемые ситуации являются типовыми [2, 4], есть все основания полагать, что и в других условиях методическая составляющая ошибки индикации не окажет существенного влияния на качество функционирования индикатора. При исследовании реальных возможностей индикатора примем, что для индикации используются выходные данные канала сопровождения цели по угловым координатам, основанного на  $\alpha$ - $\beta$ -фильтре [5]. При некоторых видах маневра наблюдались небольшие значения вероятности правильной индикации, что обусловлено использованием аномальных оценок канала сопровождения цели по угловым координатам, обусловленных срывом сопровождения. Однако следует отметить, что при перепутывании индикатором «соседних» интенсивностей движения существенной ошибки в оценивании дальности не произойдет. Поэтому можно утверждать, что синтезируемый алгоритм сопровождения и в этом случае способен формировать более точные оценки дальности, чем алгоритм, основанный на модели с фиксированными параметрами фильтра.

### Библиографический список

1. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic 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.
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.
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.
4. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
5. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

# УСТРАНЕНИЕ ШУМОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**В. А. Наумчик, И. С. Гришин, В. В. Шатских**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ

(учебный и испытательный), Тамбов, Россия

(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

Основным предназначением беспилотных летательных аппаратов (БЛА) на сегодня остается разведывательные задачи такие, как: получение разведывательных данных, получение изображений стратегических объектов противника, систем вооружений и военной техники для последующего принятия решения. Из-за несовершенства средств передачи и записывающего оборудования цифровые изображения часто загрязнены различными шумами в процессе передачи и записи. Кроме того, каналы передачи информации от БЛА до пункта управления могут быть подавлены различными видами шумов, что приведет к потере информативности сформированных изображений. В связи с этим возникает потребность в восстановлении изображений.

Алгоритмы шумоподавления специализируются на подавлении какого-то конкретного вида шума. Не существует пока универсальных фильтров, детектирующих и подавляющих все виды шумов [1].

В работе для решения проблемы устранения дефектов на изображениях, сделанных БЛА во время выполнения разведывательных задач, предлагается использовать медианный фильтр, который относится к нелинейным пространственным методам.

Медианный фильтр используется для подавления аддитивного и импульсного шумов на изображении. Характерной особенностью медианного фильтра, отличающей его от линейного сглаживающего, является сохранение перепадов яркости (контуров). Причем если перепады яркости велики по сравнению с дисперсией аддитивного белого шума, то медианный фильтр дает меньшее значение среднеквадратического отклонения (СКО) по сравнению с оптимальным линейным фильтром. Особенно эффективным медианный фильтр является в случае импульсного шума [2].

Исследование устранения дефектов на изображении проводилось с помощью «Интеллектуальной системы», разработанной на языке Python с в научной роте Войск радиоэлектронной борьбы Вооруженных сил Российской Феде-

рации (Войска РЭБ ВС РФ). В качестве примера рассмотрим изображение (рис. 1), которое необходимо восстановить. На рисунке 2 представлен результат устранения шума на кадре с помощью медиального фильтра.



**Рис. 1. Зашумленное аддитивным шумом соль и перец изображение**



**Рис. 2. Восстановленное изображение от шума с помощью медиального фильтра**

### **Библиографический список**

1. Сизиков, В. С. Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab : учебное пособие / В. С. Сизиков. – СПб. : Лань, 2017. – 412 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СОСТОЯНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УГЛОМЕРНОГО КАНАЛА

**И. А. Некрылов, В. С. Аистов**

Тамбовский государственный технический университет Тамбов, Россия  
(e-mail: nekrylov.ilya@mail.ru, Aistov.volk-vovan@mail.ru)

В целях разработки моделей состояния и наблюдения угломерного канала информационно-измерительной системы (ИИС) воздушного судна относительно наземной радиолокационной станции (РЛС) для управления воздушным движением (УВД), где учитываются динамические и кинематические параметры воздушного судна (ВС), необходимо знать расположение векторов перегрузок (тангенциальная перегрузка, нормальная перегрузка, боковая перегрузка) в системах координат, которые используются для описания движения воздушного судна. Для этого вектор перегрузок раскладывают по осям скоростной системы координат [1, 2].

Для расчета ускорения азимута ВС достаточно учитывать только тангенциальную составляющую вектора путевого ускорения.

Известна связь углового ускорения ( $\varpi$ ) и тангенциального ускорения ВС  $a_{\text{тг}}$ , которая описывается выражением [3, 5]

$$\varpi = \frac{a_{\text{тг}}}{R}, \quad (1)$$

где  $R$  – расстояние от неподвижной точки наблюдения (оси вращения).

Используя кинематические и динамические параметры и основываясь на формуле (1), получим выражение, описывающее ускорение изменения азимута ВС относительно РЛС [2]

$$\varpi_{\text{т}}(k+1) = (g(n_X \cos(\theta) \cos(\phi) - \cos(\phi) \sin(\theta))(n_Y \cos(\gamma_a) - n_Z \sin(\gamma_a)) + \sin(\phi)(n_Y \sin(\gamma_a) + n_Z \cos(\gamma_a))) / (D \cos \varepsilon_B), \quad (2)$$

где  $\theta$  и  $\phi$  – траекторные углы движения воздушного судна в вертикальной и горизонтальной плоскостях;  $n_X$  – тангенциальная перегрузка;  $n_Y$  – нормальная перегрузка;  $n_Z$  – боковая перегрузка;  $\varepsilon_B$  – угол места;  $D$  – дальность до ВС по линии визирования;  $g$  – ускорение свободного падения.

На основании векторов состояния и наблюдения [1 – 5], а также учитывая выражение (2), модели состояния и наблюдения азимута, скорости и ускорения азимута ВС будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\Gamma}(k+1) &= \varepsilon_{\Gamma}(k) + \omega_{\Gamma}(k)\tau + 0,5\varpi_{\Gamma}(k)\tau^2\omega_{\Gamma}(k+1) = \\ &= \omega_{\Gamma}(k) + \varpi_{\Gamma}(k)\tau\omega_{\Gamma}(k+1) = (g(n_X(k)\cos(\theta(k))\cos(\phi(k)) - \\ &- \cos(\phi(k))\sin(\theta(k)))(n_Y\cos(\gamma_a(k)) - n_Z(k)\sin(\gamma_a(k))) + \sin(\phi(k))(n_Y\sin(\gamma_a(k)) + \\ &+ n_Z(k)\cos(\gamma_a(k))))/(D(k)\cos\varepsilon_B(k)) + \xi\varpi_{\Gamma}(k); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\Gamma\Pi}(k+1) = \varepsilon_{\Gamma}(k+1) + \xi\varepsilon_{\Gamma\Pi}(k+1). \quad (4)$$

Разработанные модели состояния (3) и наблюдения (4) для разработки алгоритмов функционирования угломерного канала по оценке угловых координат ВС, учитывающие изменение ускорения азимута ВС на основе его динамических и кинематических параметров, позволяют с более высокой точностью описать процесс движения ВС относительно наземной РЛС по сравнению с другими моделями состояния угломерного канала, где не учитываются динамические и кинематические параметры ВС. Высокая точность описания движения ВС позволит в угломерном канале повысить точность оценки угловых координат ВС, что позволит улучшить показатели УВД, в частности, пропускную способность и безопасность воздушного движения.

### Библиографический список

1. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах: учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
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. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
4. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic 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.
5. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Т. И. Чернышова, С. В. Петров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 3. – С. 374 – 380.

## ГЕНЕРАТОР ИОНИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ НА ОСНОВЕ СХЕМЫ АРКАДЬЕВА–МАРКСА

А. А. Никитин, Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин

Тамбовский государственный технический университет Тамбов, Россия

(e-mail: aspir@yandex.ru)

Ионизация пламени позволяет повысить эксплуатационные свойства устройств получения электрической, тепловой и механической энергии из первичных источников, к которым можно отнести все горючие материалы. В основном повышенная ионизация пламени увеличивает скорость протекания химической реакции окисления, что позволяет повысить энергетическую отдачу с меньшего объема пламени, повысить динамические характеристики пламени, а также увеличить температуру горения. Данные свойства ионизированного пламени можно применить при термической обработке металлов для предотвращения его окисления, в различных энергоустановках где требуются высокие динамические характеристики потока пламени.

Существует несколько разновидностей высоковольтных генераторов сигнала. К ним можно отнести схемы, основанные на высоковольтных трансформаторах, различные схемы с системой умножения напряжения. Рассмотрев достоинства и недостатки различных схем, наш выбор остановился на схеме Аркадьева-Маркса. Эта схема позволяет получить импульсное высоковольтное напряжение, которое формирует в пламени электрическое поле, воздействующее на электроны в пламени.

Основным источником свободных электронов в пламени без воздействия электрического поля является высокая температура, которая при значении 1600...1700 К даст концентрацию электронов порядка  $10^7 \dots 10^8$  моль<sup>-1</sup>. Это достаточно малая концентрация, которая не влияет на скорость химической реакции. При воздействии электрического поля на пламя появляются механизмы, увеличивающие концентрацию электронов в пламени до  $10^{20} \dots 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>. Основным механизмом является ударная ионизация. Однако не стоит исключать процессы эмиссии электронов из катодов, формирующих электрическое поле.

Рассмотрим схему генератора Аркадьева–Маркса [1, 2] (рис. 1). Схема состоит из модулей, каждый из которых состоит из высоковольтного конденсатора, двух резисторов и одного разрядника. Каждый модуль позволяет увеличивать напряжение на величину входного напряжения. Например, при входном

напряжении в 1 кВ на выходе из 5 модулей получится напряжение 5 кВ. Таким образом, используя в качестве источника несколько десятков киловольт можно получить напряжение до нескольких мегавольт.

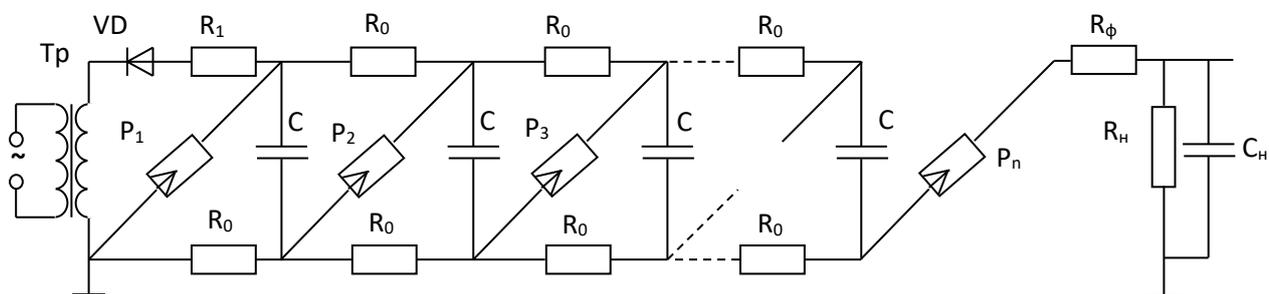


Рис. 1. Схема высоковольтного генератора импульсного электромагнитного поля

Сопротивления  $R_0$  позволяют регулировать скорость зарядки конденсаторов на каждом модуле. Это в свою очередь определяет частоту следования импульсов. Сопротивление  $R_\phi$  корректирует форму фронта импульса.  $R_n$  определяется сопротивлением нагрузки. Емкости  $C$ , соединенные параллельно, заряжаются через сопротивления  $R_0$ . При этом предел напряжения заряда на конденсаторах  $C$  определяется высоковольтным трансформатором  $T_p$  и разрядниками  $P_1, P_2, \dots, P_n$ .  $C_n$  определяется емкостью нагрузки.

Длительность импульса определяется по количеству модулей  $n$ , величине емкости  $C$ , а также сопротивлению нагрузки.

Таким образом, генератор Аркадьева–Маркса позволяет формировать импульсное электрическое поле с необходимыми для ионизации пламени параметрами по напряжению, длительности импульса, а также его скважности. При этом скважность для рассмотренного генератора задается временем жизни ионизированного состояния пламени.

### Библиографический список

1. Пичугина, М. Т. Высоковольтная электротехника / М. Т. Пичугина. – Томск : Изд-во ТПУ, 2011. – 136 с.
2. Месяц, Г. Л. Генерирование мощных наносекундных импульсов / Г. Л. Месяц. – М. : Сов. радио, 1974. – 256 с.

# ВЫБОР МЕСТА ДЛЯ УСТАНОВКИ Wi-Fi МАРШРУТИЗАТОРА В ЖИЛОМ ПОМЕЩЕНИИ

А. Д. Носков, А. П. Приходько

Многопрофильный колледж ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия  
(e-mail: ArtiomN1@yandex.ru;pr1h0dk@yandex.ru)

Установка Wi-Fi маршрутизатора в помещении связана с рядом ограничений и требований. Одним из требований является доступность данного роутера для всех потребителей в пределах помещения. Данная задача осложняется тем, что сигнал претерпевает затухание и переотражение от стен, элементов интерьера и межэтажных перекрытий. В связи с этим появляются мертвые зоны и зоны с неудовлетворительным уровнем сигнала.

При уменьшении уровня сигнала наблюдается падение скорости передачи данных.

Исследование, зависимости уровня сигнала от места размещения роутера, проводились в учебной лаборатории многопрофильного колледжа ТГТУ. В качестве исследуемого роутера использовался D-LinkDir-300 с оригинальным программным обеспечением на частотах 2,4 ГГц. Зависимость уровня сигнала проверялась при помощи программ Wi-Fi Analyzer (см. рис. 1), установленных на несколько смартфоновна базе Android и IOS (до модели iPhone 11 promax). Полученный результат усредняется (измерения проводились вdBm).

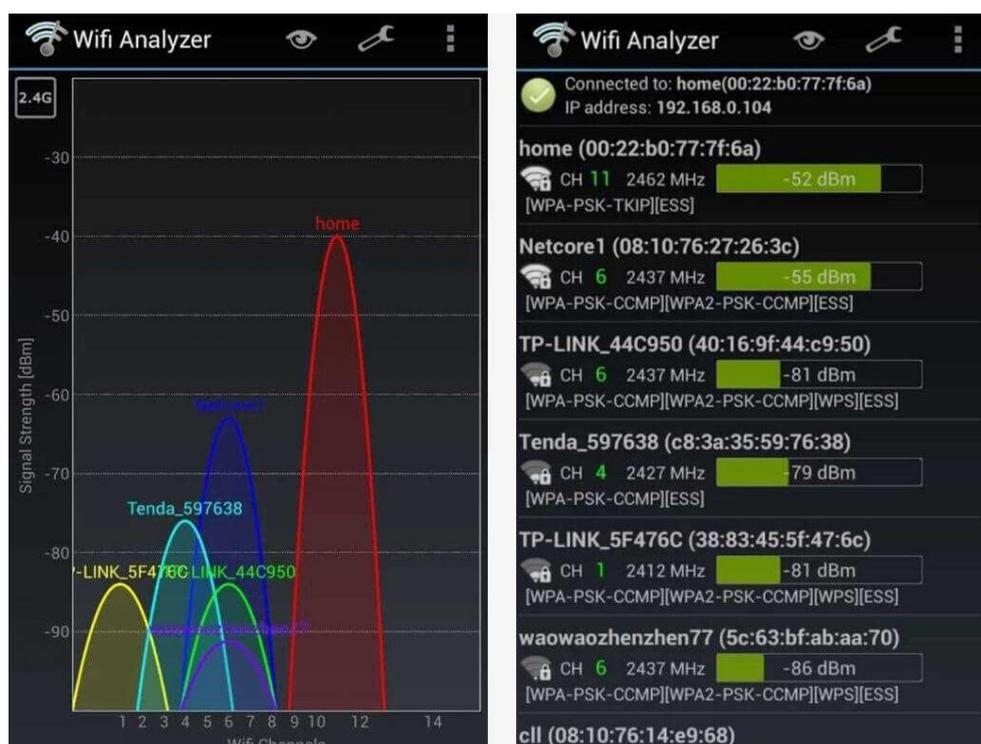


Рис. 1. Wi-Fi Analyzer

Рядом с роутером уровень сигнала равен – 30 dBm, что соответствует реальному уровню. Согласно программе, уровень сигнала до – 50 dBm считается отличным, дальнейшее ухудшение сигнала до – 70 dBm позволяет осуществить только серфинг в интернете и работу с электронной почтой, ухудшение сигнала до – 90 dBm ведет к периодическому пропаданию сети.

При проведении эксперимента с Wi-Fi роутером наблюдали затухание сигнала. Выяснилось, что при прохождении сигнала через кирпичную стену толщиной 40 см или межэтажное перекрытие затухание сигнала составило – 25 dBm. В тоже время, гипсокартонные стены толщиной 10 см без наполнителя ослабляют сигнал приблизительно в 1,5–2 раза меньше. В этом случае наблюдаются уменьшение сигнала от – 10 до – 15 dBm.

Многие современные маршрутизаторы обладают технологией 2-х диапазонного распространения или Band Steering (технология, которая позволяет объединить две Wi-Fi сети от одного роутера (в диапазоне 2,4 и 5 ГГц) в одну сеть (с одним именем) и автоматически подключать устройства на ту частоту, на которой будет обеспечена максимальная скорость и стабильность соединения).

При диапазоне 2,4 ГГц распространение сигнала имеет большую область, при сравнении с 5 ГГц, но меньшую скорость передачи данных. А при включенной функции Band Steering маршрутизатор сам выбирает нужный диапазон частот.

### **Библиографический список**

1. Беспроводной Wi-Fi-роуминг: теория на практике. – URL : <https://www.tp-link.com/ru/blog/15>
2. Беспроводной Роуминг. – URL : <https://connectmobile.ru/besshovnyj-rouming/>

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИОДНОГО КАСКАДА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В УСИЛИТЕЛЕ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ**

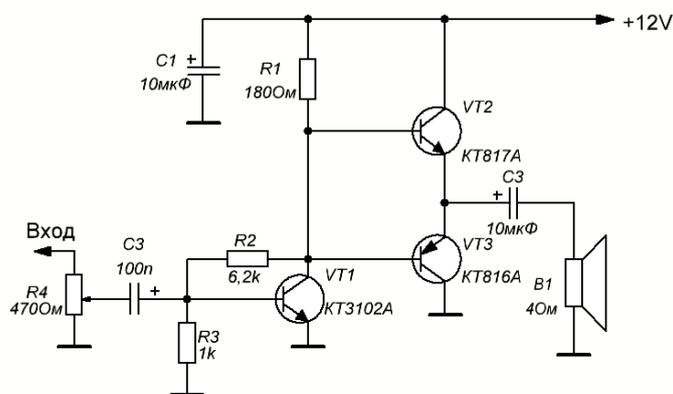
**К. Ю. Осипов, О. А. Воронина**

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия  
(e-mail: [black.viking.01@mail.ru](mailto:black.viking.01@mail.ru))

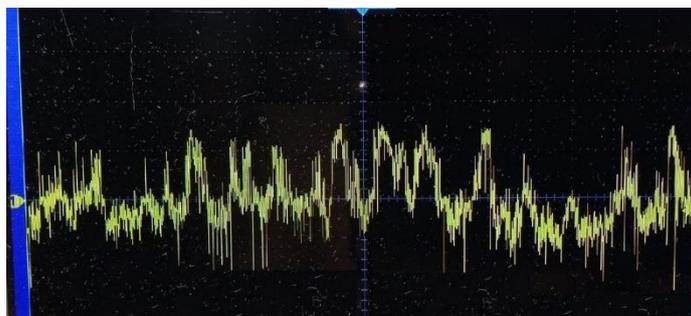
Целью настоящей работы является формирование рекомендаций по применению диодного каскада для устранения выходных искажений в усилителе звуковой частоты. Схема простейшего усилителя звуковой частоты представле-

на на рис. 1. *а*. Входной сигнал поступает, через переменный резистор R4 включенный как делитель напряжения и конденсатор C3 на первый транзистор VT1 включенный по схеме с общим эмиттером, где происходит предварительное усиление сигнала [1]. Резистором R4 в схеме регулируется громкость на динамике. Резистор R2, включенный в схему обратной связи, позволяет уменьшать искажения усиливающего сигнала. Далее сигнал поступает на двухтактный каскад, собранный на транзисторах VT2 VT3, там сигнал усиливается и идет через конденсатор C2 на динамик B1. Для того, чтобы определить форму напряжения сигнала на выходе подключим источник звукового сигнала на вход усилителя с частотой 4 кГц и амплитудой напряжения 280 мВ. Осциллограмма напряжения сигнала на выходе на рис. 1, *б*.

Для устранения внутренних искажений необходимо применить цепочку, состоящую из 2 последовательно подключенных диодов [2]. Данная цепочка представляет собой диодный каскад, необходимый для устранения выходных искажений в усилителе (рис. 2, *а*). Диоды VD1 VD2 создают разность постоянных напряжений на базах транзисторов выходного каскада, при этом устраняя искажения и снижая уровень помех. В качестве диодного каскада выбраны два быстродействующих диода КД521А. Осциллограмма напряжения сигнала на выходе схемы с диодным каскадом приведена на рис. 2, *б*.

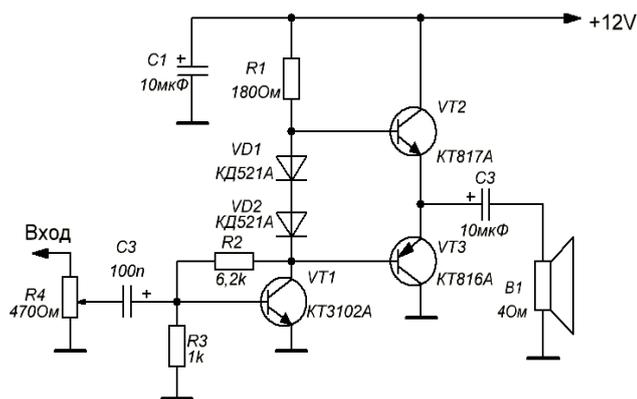


*а)*

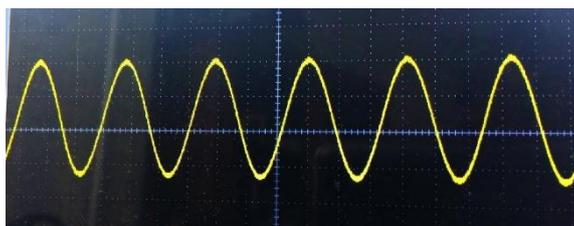


*б)*

**Рис. 1. Схема электрическая функциональная усилителя звуковой частоты (*а*) и осциллограмма напряжения сигнала на выходе (*б*)**



а)



б)

**Рис. 2. Схема электрическая функциональная усилителя звуковой частоты с диодным каскадом (а) и осциллограмма напряжения сигнала на выходе схемы усилителя с диодным каскадом (б)**

Уровень синхронизации делит синусоиду на верхнюю полуволну и нижнюю [3]. Верхняя полуволна поступает на транзистор VT2 и усиливается им. Нижняя полуволна поступает на транзистор VT3 и усиливается им. Разделение сигнала на две части происходит при помощи диодного каскада, состоящего из двух последовательно подключенных диодов. Форма выходного сигнала – синусоида.

Таким образом, диодный каскад, состоящий из двух последовательно включенных диодов КД521А, позволяет устранить искажения выходного сигнала в усилителе звуковой частоты. С применением диодного каскада форма сигнала на выходе – синусоида без искажений.

### Библиографический список

1. Бобров, И. И. Усилители : учебное пособие для вузов / И. И. Бобров. – М. : Высшая школа, 2000. – 175 с.
2. Павлов, В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств / В. Н. Павлов. – М. : Академия, 2008. – 288 с.
3. Кулешов, В. Н. Генерирование колебаний и формирование радиосигналов : учебное пособие / В. Н. Кулешов. – М. : МЭИ, 2008. – 416 с.

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АКТИВНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КАСКАДОВ

Э. Э. Павлов, И. Д. Гожалимов, К. А. Шелковой

Рыбинский государственный авиационный технический университет

имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия

(e-mail: rts.inform@ya.ru)

При реализации концепции цифрового проектирования радиоэлектронных средств широкое применение находят два различных подхода к реализации цифровых моделей: функциональное моделирование (ФМ) на основе систем автоматизированного проектирования – рис. 1, и аналитическое моделирование (АМ) на основе математических инженерных систем – рис. 2 [1, 2].

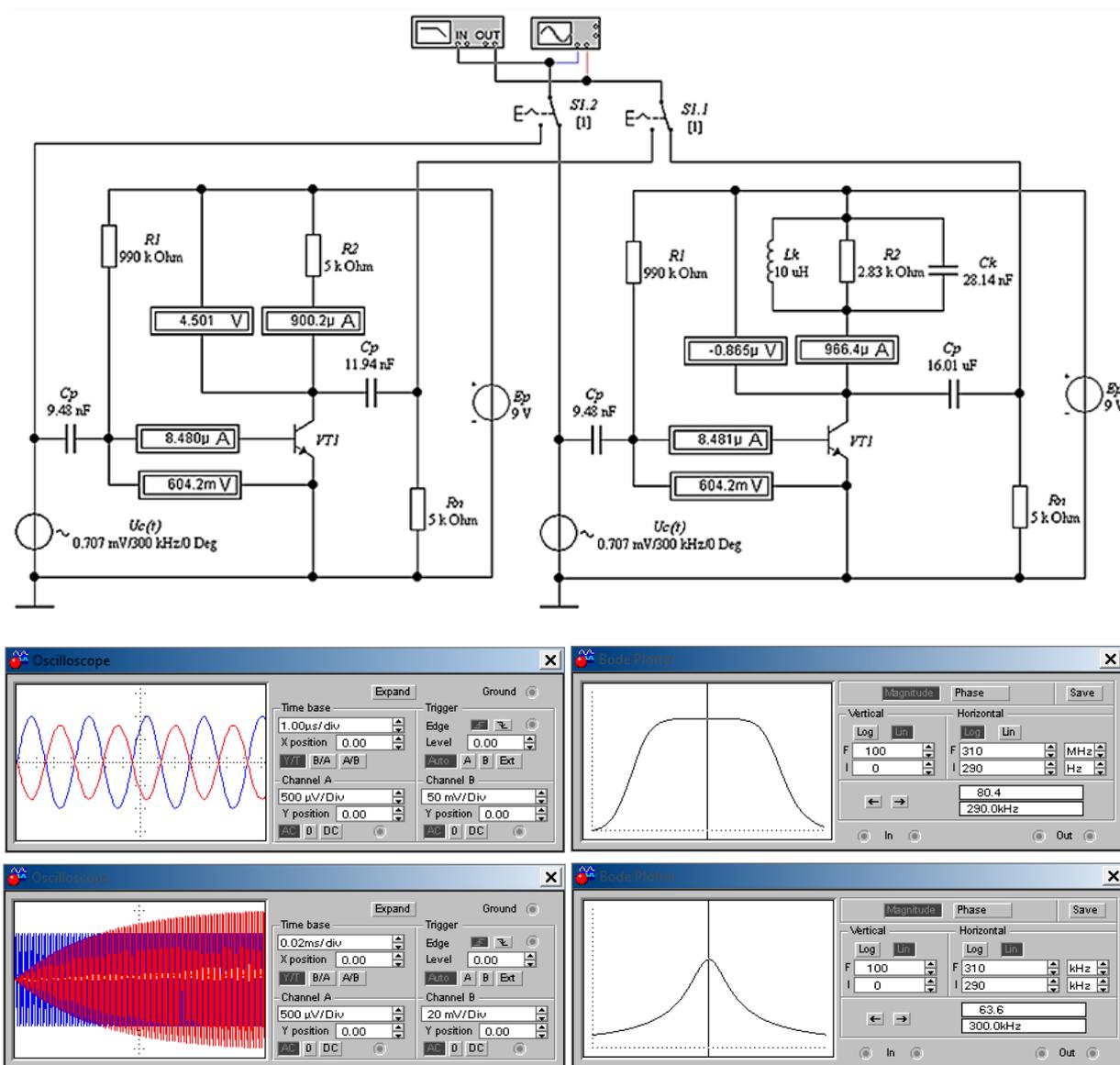


Рис. 1. Функционально-параметрические модели электронных усилителей, реализованные на платформе схемотехнической САПР

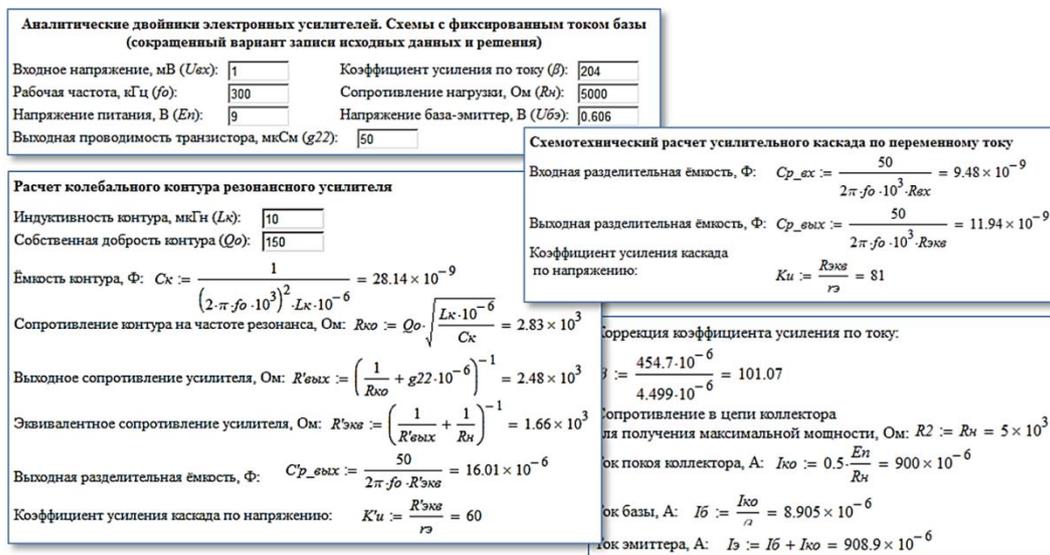


Рис. 2. Аналитические модели электронных усилителей, реализованные на платформе САЕ MathCAD

Концепция ФПМ предполагает построение радиоэлектронного устройства в реалистичном формате, содержащем реалистичные (с имитацией потерь, шумов, технологических разбросов и т.д.) пассивные и активные компоненты, а также контрольно-измерительное оборудование с имитацией внутренних параметров (сопротивлений, емкостей).

Набор инструментов моделирования позволяет получить подробную информацию о режимах работы устройства по постоянному и переменному току во временной и частотной областях, провести виртуальные испытания с оценкой влияния негативных факторов. Несмотря на бесспорное преимущество и наглядность ФМ, нельзя не отметить следующие недостатки: необходимость предварительного вычисления номиналов компонентов, наличие длительной процедуры перестроения при замене (добавлении/исключении) ЭРЭ. АМ свободны от указанных недостатков и предоставляют большой оперативной простор и понимание частного влияния каждого отдельного компонента на параметры схемы благодаря наличию наглядных формул [1, 2].

### Библиографический список

1. Печаткин, А. В. Расчет и моделирование многокаскадных частотно-избирательных усилителей в составе аналоговых сложнофункциональных блоков : учебно-методическое пособие / А. В. Печаткин, С. Ю. Кругликов ; РГАТУ имени П. А. Соловьева. – Рыбинск, 2019. – 138 с.
2. Очков, В. Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия / В. Ф. Очков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

## **РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОИСКА ЗАБРАСЫВАЕМЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ ПОМЕХ**

**Р. А. Першин, П. А. Федюнин, Р. А. Хворов**

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия  
(e-mail: morse2007@yandex.ru)

Забрасываемые передатчики помех (далее – ЗПП), предназначены для нарушения нормальной работы (подавления) радиоэлектронных средств. Данные передатчики разработаны и изготовлены на базе твердотельных СВЧ-приборов и модульных схем. Благодаря этому они имеют сравнительно малые размеры и массу (объем не превышает 1...5 дм<sup>3</sup>, а масса 300...500 г). Работая в форсированном режиме, ЗПП в течение короткого интервала времени (10...120 мин) могут излучать значительную мощность и создавать высокую плотность помехи [1].

Общий частотный диапазон, в котором используются ЗПП, составляет 30...20 000 МГц.

В районы подавляемых средств они могут доставляться пилотируемыми и беспилотными летательными аппаратами, ракетами, артиллерийскими снарядами, планирующими (управляемыми) авиабомбами, воздушными шарами, разведывательно-диверсионными группами.

Таким образом, поиск ЗПП является актуальной задачей для всех частей и подразделений, эксплуатирующих радиоэлектронные средства, от носимых радиостанций до стационарных средств связи и радиотехнического обеспечения полетов (далее РТО).

При этом в подразделениях связи и РТО штатом не предусмотрено наличие устройств (средств) для поиска ЗПП.

Разработанное устройство предназначено для определения местонахождения ЗПП, в районе развертывания узлов (станций) связи (в районе выполнения задач).

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1.

Принцип работы устройства основан на свойстве изменения вольт-амперной характеристики германиевых диодов в условиях воздействия электромагнитного поля.

Поиск ЗПП осуществляется по максимальному показанию микроамперметра в положении переключатель SW1 «точно».

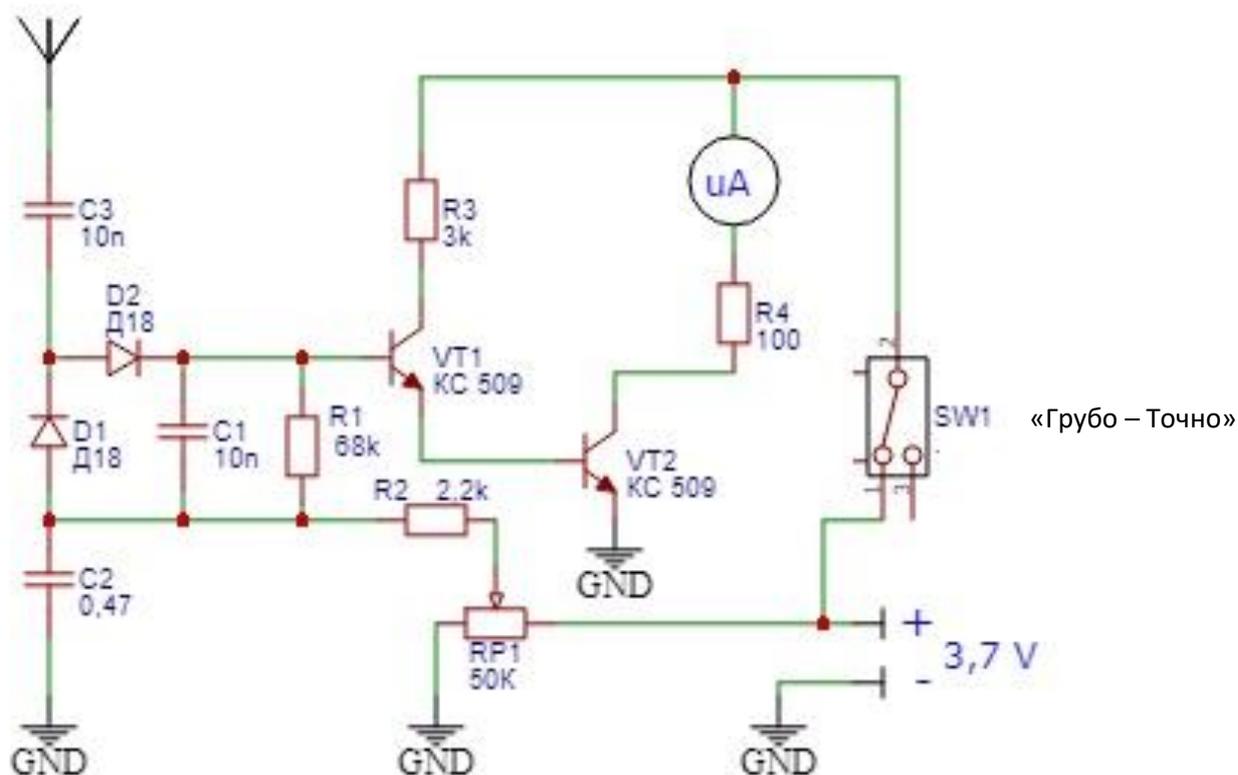


Рис. 1. Принципиальная схема устройства поиска ЗПП

Переменный резистор RP1 позволяет регулировать чувствительность прибора. В случае, если резистор RP1 находится в положении минимума, а стрелка микроамперметра остается в положении максимума (ситуация возможна в случае нахождения устройства в зоне действия мощного ЗПП), переключатель SW1 переводится в положение «грубо». При этом питание устройства будет отключено, а чувствительность прибора продолжает регулироваться потенциометром RP1.

Таким образом, прибор способен функционировать даже в случае отсутствия или неисправности элемента питания.

В устройстве использована телескопическая антенна промышленного производства. Ее длина составляет от 10 до 30 см. Используя различную длину антенны, устройство способно обнаруживать ЗПП с рабочими частотами от 50 до 2,4 ГГц. Данный диапазон работы включает рабочие частоты большинства ЗПП.

Электропитание устройства осуществляется посредством аккумуляторной батареи формата 18650 с величиной рабочего напряжения от 3,5 до 4 В. Максимальная величина потребляемого тока не превышает 10...15 мА, что обеспечивает непрерывную работу устройства от аккумулятора не менее 120 часов.

Габаритные размеры устройства без учета длины антенны составляют 7×16×4 см. Вес устройства 180 г.

### **Библиографический список**

1. Общие сведения о радиоэлектронной разведке. Уфимский государственный авиационный технический университет. – URL : <https://studfile.net/preview/10078236/page:4> (дата обращения: 21.04.2023).

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ**

**А. С. Писарчук, Д. Д. Короткова**

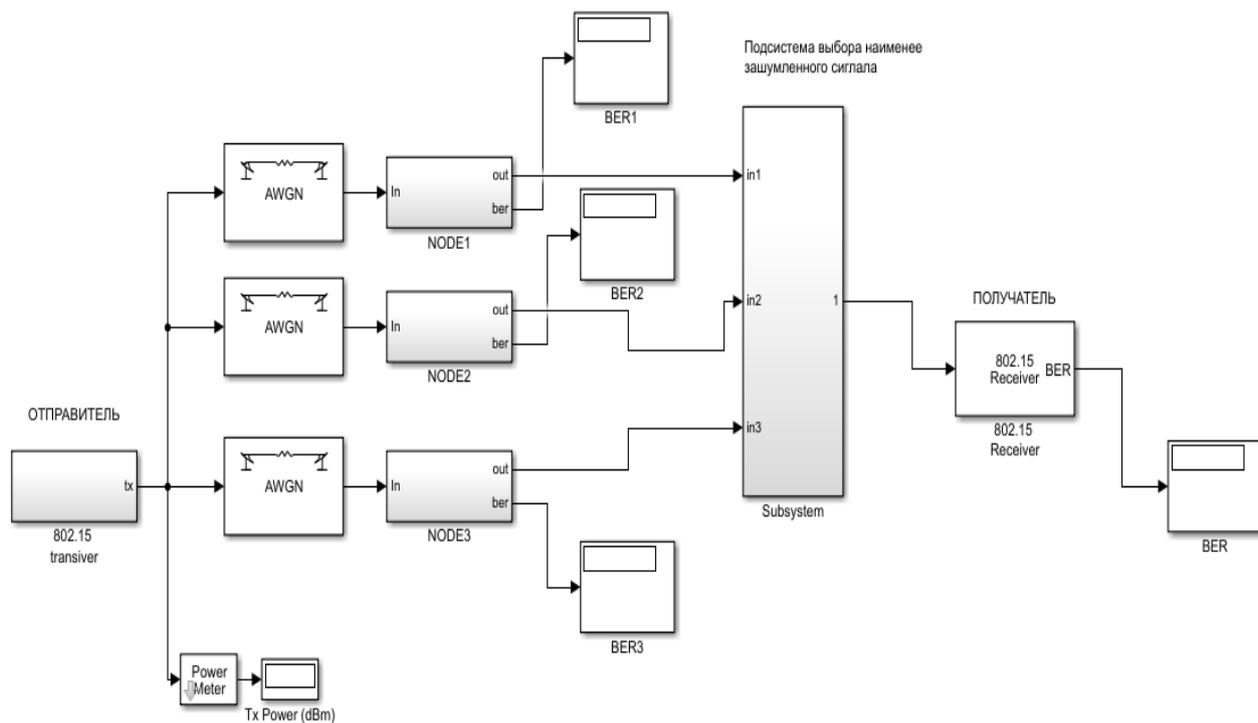
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

В современном мире увеличивается число мобильных телекоммуникационных устройств. В такой ситуации на первый план выходят беспроводные технологии для построения сетей, способных предоставить абоненту возможности доступа к передаче и приему информации через соседних абонентов. Такие сети называются самоорганизующимися, т.е. способные к самоорганизации.

Наиболее эффективным средством для оценки показателей качества инфокоммуникационных систем является имитационное моделирование. Для этой цели в настоящее время разработано большое количество программных продуктов. На основании известных протоколов передачи и рассмотренного алгоритма маршрутизации была разработана модель самоорганизующейся сети в среде Simulink. Данная модель обладает особенностью маршрутизации Mesh-сети оценивать степень зашумленности каналов, входящих в сеть и передавать сигнал по наименее зашумленному маршруту. Общий вид модели приведен на рис. 1.

Блоки и подсистемы входящие в состав модели обеспечивают создание сигнала, его модуляцию, прохождение по маршруту и демодуляцию. В каждом блоке промежуточного звена, а также в первом и последнем блоке есть специальные выходы для измерения коэффициента битовой ошибки BER. В блоках каналов AWGN входящий сигнал смешивается с белым шумом, позволяющие задать различные параметры шума, для обеспечения выбора наилучшего маршрута сигнала.

Таким образом, разработанная модель обладает способностью Mesh-сетей определять наименее зашумленный маршрут, и передавать сигнал по этому маршруту, что позволяет в дальнейшем использовать ее для исследования инфокоммуникационный самоорганизующихся сетей.



**Рис. 1. Общий вид модели формата mesh-сети**

### **Библиографический список**

1. Пудовкин, А. П. Распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.
2. Панасюк, Ю. Н. Электромагнитные поля : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 96 с.
3. Панасюк, Ю. Н. Устройства сверхвысоких частот : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : ТГТУ, 2015. – 80 с.
4. Кучерявый, А. Е. Самоорганизующиеся сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич, 2011. – 310 с.
5. Смирнова, Е. В. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 446 с.

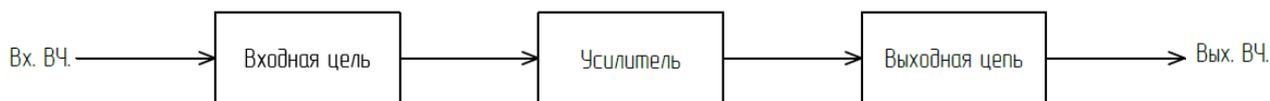
# ПРИМЕНЕНИЕ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ НА ОСНОВЕ НИТРИД-ГАЛЛИЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ ИМИТАТОРОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

**В. В. Помещиков, С. С. Ващенко, Е. А. Гвоздев, К. А. Полкунов**  
Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ  
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия  
(e-mail: nauchnajarota@yandex.ru)

В настоящие дни во всем мире достаточно высокими темпами идет широкое развитие технических средств, обеспечивающих работу высокочастотных средств приема, генерации и передачи радиотехнических сигналов.

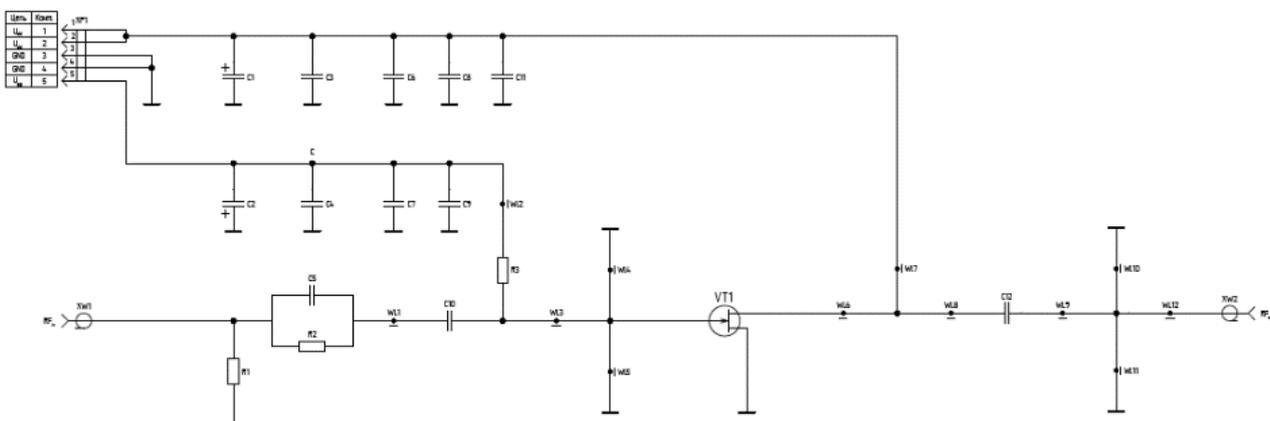
В усилителях мощности имитаторов радиотехнических сигналов предлагается использовать транзисторы нитрид-галлиевой структуры. В первую очередь такой выбор был обусловлен широким диапазоном рабочих частот функционирования транзистора и высокой плотностью выходной мощности, так как в ином случае при перестройке частот имитатора сигнал в полной мере усилен не будет [1, 2].

Усилитель, выполненный на транзисторе 6П9142А2 разработки НИИЭТ, имеет структурную схему, представленную на рис. 1.



**Рис. 1. Схема структурная усилителя мощности на GaN транзисторе 6П9142А2**

Была синтезирована электрическая принципиальная схема данного усилителя, проведен расчет элементной базы [3]. Схема представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Схема электрическая принципиальная усилителя мощности**

Перечень элементов к схеме приведен в табл. 1.

### 1. Перечень элементов схемы усилителя мощности

Позиционное обозначение	Номинальное значение	Производитель
C1	33 мкФ	United Chemi-Con
C2	10 мкФ	Vishay
C3	1 мкФ	КЕМЕТ
C4	0,033 мкФ	КЕМЕТ
C5	1,3 пФ	АТС
C6	0,033 мкФ	КЕМЕТ
C7	470 пФ	Кюоцера AVX
C8	470 пФ	Кюоцера AVX
C9	8,2 пФ	АТС
C10	2,7 пФ	АТС
C11	8,2 пФ	АТС
C12	3,6 пФ	АТС
R1	470 Ом	Panasonic
R2	50 Ом	Vishay
R3	360 Ом	Panasonic
VT1	–	НИИЭТ

GaN транзисторы на текущий момент являются наиболее подходящим решением в качестве активного элемента усилителей мощности для имитаторов сигналов радиотехнических сигналов бортовых радиолокационных станций [4, 5].

### Библиографический список

1. Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин и др. ; под общ. ред. В. П. Бердышева. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 400 с.
2. Дьяконов В. П. Генерация и генераторы сигналов / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 384 с.
3. Metal semiconductor field effect transistor based on single crystal GaN / Khan M. A., Kuznia J. N., Bhattaral A. R., Olsen D. T. // Appl. Phys. Lett. – 1993. – V. 62(15). – P. 1786–1787.

4. Bo Berglund, Jan Johansson and Thomas Lejon «High efficiency power amplifiers», Ericsson Review. – 2006. – No. 3.

5. RF and Microwave Power Amplifier and Transmitter Technologies / Frederick H. Raab, Peter Asbeck, Steve Cripps, Peter B. Kenington, Zoya B. Popovich, Nick Pothecary, John F. Sevic and Nathan O. Sokal. – 2003. – Part 2. – High Frequency Electronics. – P. 22 – 36.

## ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА СОПРОВОЖДЕНИЯ БПЛА В СИСТЕМЕ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

**Д. О. Понкратов, А. А. Иванков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: ivankov.a.a@bk.ru; drododoto@mail.ru)

В [1] рассмотрены вопросы использования методов многопозиционной радиолокации для сопровождения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и представлены основные соотношения алгоритма оптимальной дискретной фильтрации с идентификацией измерений, которые реализованы в [2, 3]. В применении к поставленной задаче синтез алгоритма будет иметь ряд особенностей.

При сопровождении нескольких целей разнотипными многопозиционными пространственно-разнесенными РЛС (МПРЛС) вектор наблюдений, записывается в виде:

$$\xi_k = \theta[\Lambda_k + \mathbf{n}_k], \quad (1)$$

где  $\Lambda_k = [\lambda_{1k} \ \lambda_{2k} \ \dots \ \lambda_{qk}]^T$ ,  $\mathbf{n}_k = [n_{1k} \ n_{2k} \ \dots \ n_{qk}]^T$ ,  $\lambda_{sk} = \mathbf{H}_s \mathbf{x}_{sk}$ .

Матрица  $\theta$ , определяет конкретное распределение измеряемых координат целей по наблюдениям, и в общем случае, не являясь постоянной величиной, может случайным образом изменяться во времени. Физически это соответствует изменению количества сопровождаемых целей одной или несколькими РЛС из состава многопозиционного поста наблюдения. В выражении (1)  $q$  – количество сопровождаемых целей,  $s = \overline{1, q}$  – порядковый номер цели. Количество вариантов матрицы  $\theta$   $N=q!$

Апостериорная плотность вероятности записывается выражением:

$$P(\mathbf{x}_k | \xi_1^k) = \sum_{\nu=1}^N P(\mathbf{x}_k, \theta^\nu | \xi_1^k) = \sum_{\nu=1}^N P(\mathbf{x}_k | \xi_1^k, \theta^\nu) P(\theta^\nu | \xi_1^k), \quad (2)$$

где  $P(\theta^v | \xi_1^k)$ ,  $v = \overline{1, N}$ , – апостериорные вероятности значений матрицы  $\theta$ .

Оценка вектора состояния представляется совокупностью идентичных формул оценок векторов состояния для каждой цели:

$$\hat{\mathbf{x}}_{sk} = \sum_{v=1}^N \hat{\mathbf{x}}_{sk}(\theta^v) P(\theta^v | \xi_1^k). \quad (3)$$

Конкретному значению матричного параметра  $\theta^v$  соответствует конкретное наблюдение  $\xi_{jk}$ ,  $j = \overline{1, q}$ , которое обозначается  $\xi_{jk}(\theta^v, s)$ . Далее для условной оценки вектора состояния  $\hat{\mathbf{x}}_{sk}(\theta^v)$  записывается стандартный алгоритм фильтрации [2, 3].

Если в [3] наблюдение за целями осуществляется одной РЛС и матрица  $\theta$  принимает  $N$  значений, то в случае МПРЛС  $\theta$  будет принимать совокупность значений с учетом номера цели  $s$  и номера позиции измерения  $j$ . Каждой паре  $s, j$  соответствует область  $\Omega_\theta(s, j)$  значений матричного параметра  $\theta$ , для которых формируется одна и та же условная оценка  $\hat{\mathbf{x}}_{sk}(\Omega_\theta(s, j))$  [2].

Теперь (3) записывается выражением:

$$\hat{\mathbf{x}}_{sk} = \sum_{j=1}^q \hat{\mathbf{x}}_{sk}(\Omega_\theta(s, j)) P(\Omega_\theta(s, j) | \xi_1^k),$$

где

$$P(\Omega_\theta(s, j) | \xi_1^k) = \sum_{\theta^v \in \Omega_\theta(s, j)} P(\theta^v | \xi_1^k), \quad (4)$$

$$P(\theta^v | \xi_1^k) = \frac{P(\theta^v | \xi_1^{k-1}) P(\xi_k | \xi_1^{k-1}, \theta^v)}{\sum_{i=1}^N P(\theta^i | \xi_1^{k-1}) P(\xi_k | \xi_1^{k-1}, \theta^i)},$$

где

$$P(\xi_k | \xi_1^{k-1}, \theta^v) = \prod_{j=1}^q P(\xi_{jk} | \xi_{j1}^{k-1}, \theta^v), \quad (5)$$

$$P(\xi_{jk} | \xi_{j1}^{k-1}, \theta^v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\mathbf{H}_s \tilde{\mathbf{D}}_{sk} \mathbf{H}_s^T + \sigma_{ns}^2)}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \frac{(\xi_{jk}(\theta^v, s) - \mathbf{H}_s \tilde{\mathbf{x}}_{sk}(\theta^v))^2}{(\mathbf{H}_s \tilde{\mathbf{D}}_{sk} \mathbf{H}_s^T + \sigma_{ns}^2)} \right\}. \quad (6)$$

Числитель в (6) – ошибка или обновляющий процесс фильтра, а знаменатель – дисперсия этого процесса. Подстановка (6) в (5) позволяет рассчитать на каждом шаге вычисления апостериорные вероятности  $P(\theta^v | \xi_1^k)$  значений

матричного параметра  $\theta$ , максимальная из которых и есть оценка  $\hat{\theta}$ , которая однозначно определяет какое текущее измерение соответствует той или иной цели для каждой позиции МПРЛС.

### **Библиографический список**

1. Понкратов, Д. О. Использование методов многопозиционной радиолокации при защите объектов электроэнергетики / Д. О. Понкратов, В. С. Аистов, А. А. Иванков // материалы IV Междунар. науч. конф. – Тамбов : ТГТУ, 2023. – С. 87 – 89.

2. Перов, А. И. Оптимальный алгоритм дискретного сопровождения многих целей с идентификацией измерений / А. И. Перов. – Радиотехника. – 2003. – № 1. – С. 59 – 66.

3. Данилов, С. Н. Дискретный алгоритм сопровождения нескольких маневрирующих воздушных целей с идентификацией измерений / С. Н. Данилов, А. А. Иванков, В. А. Малышев // Радиотехника. – 2000. – № 5. – С. 3 – 7.

## **К ВЫБОРУ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ МОНТАЖА КРИСТАЛЛОВ**

**К. Н. Рубцов, О. А. Воронина, В. В. Мишин, А. С. Тугарев**

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Россия, Орел  
(e-mail: [Voronina\\_o\\_a@mail.ru](mailto:Voronina_o_a@mail.ru))

Одной из базовых технологических операций при корпусировании кристаллов является монтаж. По сравнению с пайкой можно выявить следующие преимущества приклеивания при монтаже: простота, возможность сочетания различных материалов [1].

Существенно влияют на качество клеевого соединения как выбор клея в зависимости от соединяемых материалов, так и параметры процесса склеивания. Типовой технологический процесс монтажа кристалла на основе технологии склеивания состоит из операций: подготовка поверхности, подготовка клеевой композиции, нанесение и сушка. Выбор способа нанесения клея определяется размерами склеиваемых поверхностей, масштабами производства и видом клея.

Подготовка клеевой композиции зависит от состава применяемого клея. Клеевые композиции различают по типу связующего вещества и по типу материала наполнителя. В качестве наполнителя используется серебро как химически стойкий материал с наиболее высоким коэффициентом теплопроводности [2].

Характеристики клеевых композиций, применяемых для монтажа кристаллов, приведены в табл. 1 [3, 4]. Клей ЭЧЭ-С представляет собой композицию на основе эпоксидной смолы с добавлением пластификатора, наполнителя

(мелкодисперсное серебро) и отвердителя. Токопроводящий клей ТОК-1 представляет собой композицию на основе эпоксидного связующего, активного разбавителя, наполнителя (мелкодисперсное серебро) и отвердителя. Токопроводящий клей ТОК-2 представляют собой композицию на основе эпоксидного связующего наполнителя (мелкодисперсное серебро). Готовый клей марки ТОК необходимо хранить при температуре не выше  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Клеевые композиции ТОК-1 и ЭЧЭ-С необходимо тщательно смешивать.

Клей ТОК-2 обладает преимуществом среди представленных клеевых композиций в связи с наибольшей жизнеспособностью, а также возможностью работы на более высоких диапазонах температур. Основное преимущество клея ТОК-2 – количество компонентов (однокомпонентный клей не нуждается в приготовлении).

### 1. Характеристики клеев

Наименование клея	ЭЧЭ-С	ТОК-1	ТОК-2
Количество компонентов	2	2	1
Вязкость по методу «круга»	5...8	5...7	4...7
Жизнеспособность в н.у.	120 ч	48 ч	60 сут.
Режим отверждения	100 °С – не менее 4 ч; 120 °С – не менее 1,5 ч; 150 °С – не менее 1 ч	120 °С – не менее 5...6 ч; 150 °С – не менее 1...2 ч	150 °С – не менее 4 ч; 170 °С – не менее 2 ч; 200 °С – не менее 1 ч
Диапазон рабочих температур клея, °С	От $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$
Удельное сопротивление, Ом·см, не более	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$

При выборе и применении клеевых композиций для монтажа кристаллов необходимо учитывать такие технологические особенности как размеры кристалла, ограничения по толщине клеевого шва, время жизни до установки компонента и от момента установки компонента до помещения всей системы в печь.

### Библиографический список

1. Сычик, В. А. Технология сборки интегральных схем : конспект лекций по дисциплине «Технология сборки полупроводниковых приборов и интегральных схем» / В. А. Сычик ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Микро- и нанотехника». – Минск : БНТУ, 2014. – 305 с.

2. Корпусирование изделий микроэлектроники [Электронный ресурс]. – URL : <https://ostec-materials.ru/knowledge-base/technologies/korpusirovanie-izdeliy-mikroelektroniki/>

3. Токопроводящий клей ТОК-1, ТОК-2 [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.компания-кондор.рф/klej-tok-1-tok-2/>

4. Клей ЭЧЭ-С [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.компания-кондор.рф/klej-jechje-s/>

## **ИЗМЕРИТЕЛЬ ДАЛЬНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ**

**И. Д. Рябов, С. В. Панфилов, Ю. Н. Панасюк**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(mich157a@gmail.com, 20theilyarid01@gmail.com)

Повысить точность дальности методом калмановской фильтрации возможно, если в уравнениях состояния для оценки дальности использовать ускорение сближения между воздушным судном (ВС) и наземной радиолокационной станцией (РЛС), которые учитывают кинематические и динамические характеристики ВС [1, 2]. В этом случае модель состояния и наблюдения для оценки дальности примет вид:

$$D(k+1) = D(k) + V(k)\tau + 0,5a(k)\tau^2; \quad \dot{D}(k+1) = \dot{D}(k) + V(k)T + 0,5A(k)T^2; \quad (1)$$

$$V(k+1) = V(k) + ATV(k+1) = V(k) + A(k)\tau; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} a(k+1) = & g(n_x(k) \sin \varepsilon_v(k) \sin \theta(k) + \\ & + n_x(k) \cos \varepsilon_v(k) \cos \theta(k) \cos(\varepsilon_h(k) - \phi(k)) + \\ & + n_y(k) \sin \varepsilon_h(k) \sin \gamma_v(k) \cos \varepsilon_v + \\ & + n_y(k) \sin \varepsilon_v(k) \cos \gamma_v(k) \cos \theta(k) - \\ & - n_y(k) \sin \theta(k) \cos \varepsilon_h(k) \cos \varepsilon_v(k) \cos \gamma_v(k) + \\ & + n_z(k) \sin \varepsilon_v(k) \sin \gamma_v(k) + \\ & + n_z(k) \sin(\varepsilon_h(k) - \phi(k)) \cos \varepsilon_v(k) \cos \gamma_v(k)). \end{aligned} \quad (3)$$

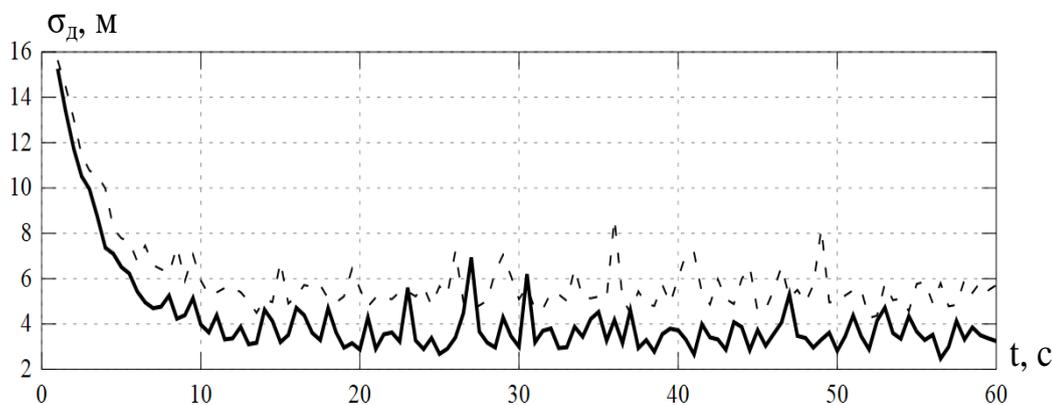
$$D_{\text{и}}(k+1) = D(k+1) + \xi_D. \quad (4)$$

Исследование реальной точности дальности ВС относительно наземной РЛС проводилось методом имитационного моделирования на ЭВМ при выполнении маневра ВС «Большая коробочка» [3]. Имитационное моделирование

на ЭВМ представляет собой сумму изменяющей дальности ВС  $D(k+1)$  и шума наблюдения  $\xi_D$ . Шум наблюдения  $\xi_D$  имитируется датчиком случайных чисел.

Оценка точности дальности ВС относительно РЛС в алгоритме дальномерного канала, которая учитывает динамические и кинематические характеристики ВС, осуществлялась на основе модели состояния (1) – (3), модели наблюдения (4) и алгоритма калмановской фильтрации [4]. Результаты моделирования (значение СКО дальности как функция времени) имитационного моделирования представлены на рис. 1.

На рисунке 1 показаны результаты моделирования алгоритма, построенного на модели состояния, учитывающего только кинематические характеристики ВС (пунктирная линия) и результаты моделирования алгоритма (сплошная линия), построенного на модели состояния (1) – (3).



**Рис. 1. Зависимость среднеквадратической ошибки измерения дальности от времени**

Из результатов моделирования видно, что применение динамических и кинематических характеристик повышает точность оценки дальности (сплошная линия на графике рис. 1) по сравнению с дальномерными каналами, где используются только кинематические характеристики (пунктирная линия). Это объясняется более точной экстраполяцией ускорения ВС относительно наземной РЛС по линии визирования (3).

### **Библиографический список**

1. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
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. Indication of relative motion intensity of aerodynamic object and meters with different physical nature / Danilov S. N., Moskvitin S. P., Panasyuk Y. N., Pudovkin A. P., Shatovkin R. R., Varepo L. G., Nagornova I. V. // Paper presented at the Journal of Physics : Conference Series, 1901. – 2021.

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ИЗМЕРИТЕЛЯХ ДАЛЬНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМАХ**

**И. Д. Рябов, С. В. Панфилов, Ю. Н. Панасюк**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: mich157a@gmail.com, 20theilyarid01@gmail.com)

Перспективным методом улучшения точности дальности радиоэлектронных следящих (РЭСС) систем является использование дополнительной информации в алгоритмах дальномерного канала от бортовых датчиков воздушного судна (ВС) [1, 2]. Дополнительную информацию можно получить от датчиков ВС.

Для более точного описания движения ВС необходимо в ускорении ВС по линии визирования  $a$  использовать перегрузки  $n$  [3]

$$\vec{a} = \vec{n}g . \quad (1)$$

Чтобы использовать перегрузки для оценки ускорения по линии визирования необходимо найти проекцию вектора перегрузки на линию визирования – ось  $Ox_l$  лучевой системы координат [4]. Сначала найдем проекции составляющих вектора  $\vec{n}$  на оси нормальной системы координат. Для определения проекций  $\vec{n}$  используются углы наклона траектории  $\theta$ , поворота траектории  $\varphi$ , скоростного крена  $\gamma_{ск}$  (рис. 1).

Проекция вектора перегрузки на оси  $Ox_g, Oy_g, Oz_g$ :

$$n_{xg} = n_x \cos \varphi \cdot \cos \theta - n_y \sin \theta \cdot \cos \gamma_{ск} - n_z \sin \varphi \cdot \cos \gamma_{ск} . \quad (2)$$

$$n_{yg} = n_x \sin \theta - n_y \cos \theta \cdot \cos \gamma_{ск} - n_z \sin \gamma_{ск} . \quad (3)$$

$$n_{zg} = n_x \sin \varphi \cdot \cos \theta - n_y \sin \gamma_{ск} - n_z \cos \varphi \cdot \cos \gamma_{ск} . \quad (4)$$

Проекция вектора перегрузки на линию визирования (ось  $Ox_l$ ) получены с учетом углов места  $\varepsilon_B$  и азимута  $\varepsilon_T$  (рис. 1).

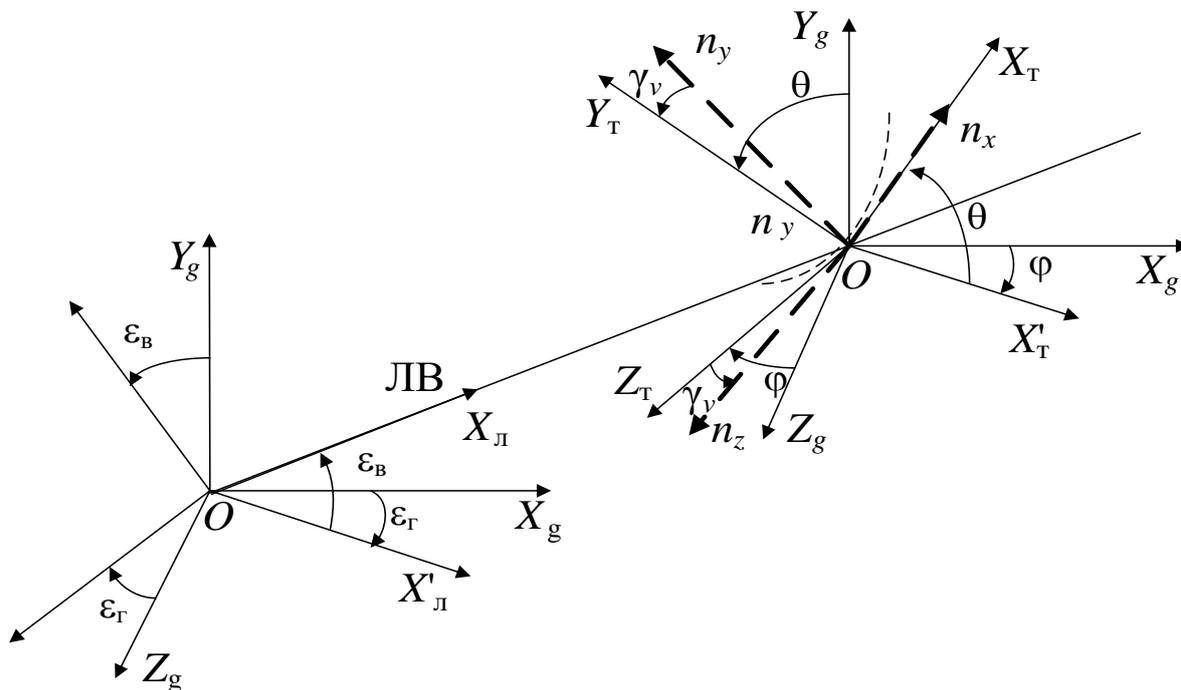


Рис. 1. Связь нормальной, траекторной и лучевой систем координат

$$n_{xl} = n_{xg} \cos \varepsilon_T \cdot \cos \varepsilon_B - n_{yg} \sin \varepsilon_B - n_{zg} \sin \varepsilon_T \cdot \cos \varepsilon_B, \quad (5)$$

Учитывая выражения (3) – (5), получим проекцию вектора ускорения на линию визирования – ось  $Ox_l$

$$A = g(n_x \cos \varphi \cdot \cos \theta - n_y \sin \theta \cdot \cos \gamma_{ck} - n_z \sin \varphi \cdot \cos \gamma_{ck}) \cos \varepsilon_T \cdot \cos \varepsilon_B - \\ - g(n_x \sin \theta - n_y \cos \theta \cdot \cos \gamma_{ck} - n_z \sin \gamma_{ck}) \sin \varepsilon_B - \\ - (n_x \sin \varphi \cdot \cos \theta - n_y \sin \gamma_{ck} - n_z \cos \varphi \cdot \cos \gamma_{ck}) \sin \varepsilon_T \cdot \cos \varepsilon_B. \quad (6)$$

Выражение (6) является ускорением сближения ВС относительно наземной РЛС.

Применение информации о перегрузках ВС позволит в алгоритмах дальномеров РЭСС значительно точнее оценивать ускорение сближения и дальность ВС относительно РЛС.

### 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. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.

3. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic 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. Development and research of the rangefinder of the information and measurement system of air traffic control based on data from on-board sensors of the aircraft / Pudovkin A. P., Panasyuk Y. N., Belyaev M. P., Danilov S. N., Moskvitin S. P., Varepo L. G., & Nagornova I. V. // Paper presented at the Journal of Physics : Conference Series, 1901. – 2021.

## **ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ**

**В. А. Семенов, А. Г. Ивануткин**

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия  
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия  
(e-mail: vadsem85@gmail.com)

Радиотехническое обеспечение полетов – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на поддержание объектов и средств навигации, посадки, наблюдения и электросвязи в постоянной готовности к применению и эффективному использованию радиолокационной, радионавигационной информации и авиационной электросвязи, необходимой для обеспечения требуемой безопасности полетов.

Радиотехническое обеспечение полетов предполагает создание развернутой сети радиотехнических средств различного назначения, обеспечение их функционирования и эксплуатацию, т.е. применение по целевому назначению [1].

Известно, что система радиотехнического обеспечения полетов государственной авиации является видом обеспечения полетов авиации, играет важнейшую роль в обеспечении безопасности полетов и выполняет функции технической основы системы управления авиацией. Повысив эффективность управления, мы сможем повысить уровень безопасности полетов.

Для повышения эффективности выполняемых системой радиотехнического обеспечения полетов задач необходимо учитывать влияние факторов, которые могут оказывать негативное влияние на качество обеспечения безопасности полетов.

В широком смысле слова под безопасностью полетов понимается возможность выполнения полетов без авиационных происшествий. Для определения оценки прогнозируемого уровня безопасности полетов применяются вероятностные (аналитические) показатели, к которым относится [2]:

$$P_{\text{БП}}(i) = q_{\text{АП}}(i)r_{\text{БП}}(i), \quad (1)$$

$q_{\text{АП}}(i)$  – вероятность проявления  $i$ -го неблагоприятного фактора (отказа техники, ошибочных действий обслуживающего персонала, внешних воздействий) при обеспечении полетов;  $r_{\text{БП}}(i)$  – вероятность благополучного исхода полета при проявлении  $i$ -го неблагоприятного фактора (условная вероятность парирования  $i$ -го фактора) при обеспечении полетов;  $P_{\text{БП}}(i)$  – вероятность отсутствия АП (или за один час полета) из-за воздействия  $i$ -го фактора.

Как мы можем видеть из формулы (1), вероятность отсутствия авиационных происшествий напрямую зависит от отсутствия неблагоприятных факторов. Неблагоприятным фактором считается любое (реальное или потенциальное) воздействие на какой-либо элемент авиационной системы, способное привести к возникновению особой ситуации в полете и стать причиной авиационного происшествия.

Статистика свидетельствует, что недостатки в системе связи и радиотехнического обеспечения полетов могут привести к возникновению опасных факторов, которые иногда могут стать главными причинами авиационных происшествий.

Для исключения их возникновения и, как следствие, снижения вероятности возникновения авиационных происшествий необходимо повышать надежность системы радиотехнического обеспечения полетов.

Надежное функционирование системы радиотехнического обеспечения полетов будет обеспечиваться только в случае отсутствия ошибок обслуживающего персонала и отказов в работе средств радиотехнического обеспечения полетов.

В связи с повышением надежности современных средств радиотехнического обеспечения особенно актуальным остается устранение (снижение) человеческого фактора.

Способом повышения надежности системы связи и радиотехнического обеспечения полетов должна стать автоматизация системы контроля готовности и исправности средств радиотехнического обеспечения полетов.

Таким образом, применение автоматизированной системы управления позволит повысить надежность системы радиотехнического обеспечения полетов. Повышение надежности приведет к снижению вероятности возникновения опасных факторов и, как следствие, к уменьшению вероятности возникновения авиационных происшествий по вине системы радиотехнического обеспечения полетов.

### **Библиографический список**

1. Кудряков, С. А. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь : учебное пособие / С. А. Кудряков. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2016. – 36 с.
2. Жулев, В. И. Безопасность полетов летательных аппаратов / В. И. Жулев, В. С. Иванов. – М. : Транспорт, 1986. – 224 с.

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ**

**М. В. Сизов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: maks.sizov.01@mail.ru)

В настоящее время во всем мире получают большую популярность программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). ПЛИС представляет из себя программируемую матрицу логического «И» и макроячейки. Одной из областей применения ПЛИС является создание цифровых интерфейсов. Главными преимуществами ПЛИС является то, что время разработки схемы минимальное, также для устройств на ПЛИС не требуется сложное технологическое производство. Из этого можно сделать вывод, что дальнейшая работа и улучшения ПЛИС является актуальной задачей [4].

Но перед тем как начать работу с ПЛИС, нужно выбрать технологию программирования. На самом деле практически каждый день разрабатываются новые технологии или же наоборот теряют свою актуальность. В данной статье представлен анализ четырех технологий программирования для ПЛИС.

Одной из самых популярных и передовых технологий программирования является технология на основе статического запоминающего устройства. Одним из достоинств технологии на основе ОЗУ является, что такая ПЛИС

может быть многократно перепрограммируема. Минусом же этой технологии является то, что она является энергозависимой, т.е. нужно заново задавать конфигурацию программы [3].

Следующей технологией является наращивание перемычек. Программирование заключается в том, что мы «выращиваем связи» между элементами. Данная технология является противоположной технологии плавких перемычек. Преимуществом данной технологии является то, что она является энергонезависимой, а это означает, что устройство на основе наращиваемых перемычек сразу же готово к работе. Минус технологии в том, что программатор проводит тестирование каждого элемента, а это занимает определенное время [2].

Дальше рассмотрим технологию на основе электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (ЭСППЗУ). В некоторых аспектах данная технология схожа с технологией ОЗУ, но имеет свои отличия. Недостатком данной технологии является долгое время программирования. А достоинством технологии является высокое качество защиты личных данных [1].

И последней является гибридная технология Flash и ОЗУ. Это является комбинацией двух технологий, которые дополняют друг друга. Работа данной технологии происходит следующим образом. Элементы Flash заранее запрограммированы и при подаче питания в систему их содержимое копируется в соответствующие ячейки ОЗУ. Недостатком данной технологии является, что нужно больше места на печатной плате [3].

### **Библиографический список**

1. Петров, В. И. Цифровые вычислительные системы и их программное обеспечение : учебное пособие / В. И. Петров, К.Н. Матюхин. – М. : Изд-во Московский государственный технический университет ГА, 2019. – 83 с.
2. Клайв Максфилд. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы / Клайв Максфилд. – Изд-во : Додэка XXI, 2007. – 408 с.
3. Глазков, В. В. Программируемые логические интегральные схемы фирмы Altera / В. В. Глазков. – М. : Изд-во: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
4. Стешенко, В. Б. ПЛИС фирмы «ALTERA»: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры / В. Б. Стешенко. – Изд-во : Додэка XXI, 2002. – 576 с.

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С ТРЕТИЧНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. И. Сустин, А. П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: resbn@mail.ru)

В настоящее время третичная обработка информации (ТОИ) является необходимым составляющим информационно-измерительной системы для управления воздушным движением (ИИС УВД) [1 – 3], поэтому развитие и совершенствование ИИС УВД с применением ТОИ является перспективным направлением исследования ИИС УВД.

Повышение результатов ТОИ возможно улучшением алгоритмов обработки радиолокационной информации от РЛС, входящих в ИИС УВД. По результатам анализа используемых методов ТОИ [1, 3, 4] можно сделать вывод об использовании в современных ИИС УВД с ТОИ методов математического усреднения полученной от РЛС информации [3, 4], либо использование весовой обработки информации с априорными (постоянными) весовыми коэффициентами [1]. Методы априорной весовой ТОИ используют характеристики РЛС системы, которые не изменяются в процессе маневрирования ВС. Так, метод [1] использует априорные значения среднеквадратической погрешности (СКП) оценки параметров движения ВС.

$$X_i = b_{1i} X_{1i} + b_{2i} X_{2i} = \frac{\frac{1}{\sigma_1^2} X_{1i} + \frac{1}{\sigma_2^2} X_{2i}}{\frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_2^2}}, \quad (1)$$

где  $b_{1i}$ ,  $b_{2i}$  – весовые коэффициенты параметра движения ВС для информации от РЛС1 и РЛС2 соответственно;  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  – априорные значения СКП параметров движения ВС, не изменяющиеся в процессе движения ВС

Из (1) следует, что весовые коэффициенты определяются как  $b_1 = \frac{1}{\sigma_1^2}$

для РЛС1 и  $b_2 = \frac{1}{\sigma_2^2}$  для РЛС2 соответственно. Поскольку значения СКП,

и соответственно, значения весовых коэффициентов, неизменны, маневрирование ВС не оказывает никакого влияния на весовые коэффициенты, а соответственно, на результаты ТОИ параметров движения ВС.

В таком случае перспективным улучшением алгоритмов ТОИ будет использование апостериорной весовой обработки [5], особенностью которой является использование невязки дальности до ВС, которая в процессе маневрирования изменяется. Ввиду этого движения ВС при оценке его параметров движения оказывает влияние на весовые коэффициенты и, соответственно, на результаты ТОИ. Апостериорные весовые коэффициенты, используемые в [5], находятся как:

$$b_1(k) = \frac{((2\pi D_1)^{-0.5} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_1(k))^2}{2D_1}\right\}(1-b_1(k-1)))}{((2\pi D_1)^{-0.5} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_1(k))^2}{2D_1}\right\}(1-b_1(k-1)) + ((2\pi D_2)^{-0.5} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_2(k))^2}{2D_2}\right\}(1-b_2(k-1)))}; \quad (2)$$

$$b_2(k) = \frac{(2\pi D_2)^{-0.5} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_2(k))^2}{2D_2}\right\}(1-b_2(k-1))}{(2\pi D_1)^{-0.5} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_1(k))^2}{2D_1}\right\}(1-b_1(k-1)) + ((2\pi D_2)^{-0.5} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_2(k))^2}{2D_2}\right\}(1-b_2(k-1)))}, \quad (3)$$

где  $D_1, D_2$  – дисперсии невязки дальности для наземных РЛС1 и РЛС2 соответственно;  $\Delta D_1(k), \Delta D_2(k)$  – апостериорные значения невязки по дальности для наземных РЛС1 и РЛС2 соответственно.

Применение апостериорных весовых коэффициентов способен повысить точностные характеристики ТОИ параметров движения ВС более чем на 20% [5].

Также на точность результатов ТОИ оказывает влияние пространственное расположение РЛС ИИС УВД [3, 5]. Поскольку ТОИ представляет собой усреднение информации о параметрах движения ВС, полученной от РЛС системы с учетом показателей точности РЛС, пространственное разнесение РЛС системы повышает точность ТОИ ввиду различной нелинейности изменения параметров движения ВС, полученной в результате вторичной обработки информации в каждой из РЛС системы. Также по результатам исследования был сделан вывод о том, что правильное размещение РЛС способствует повышению точностных характеристик ТОИ в ИИС УВД методом апостериорной весовой обработки [5] до 60%.

Таким образом, перспективными направлениями развития ИИС УВД с ТОИ являются использование алгоритмов весовой обработки в ТОИ, осно-

ванных на применении апостериорных параметров движения ВС, а также изучение и учет влияния пространственного расположения РЛС системы на результаты ТОИ в ИИС УВД.

### Библиографический список

1. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 84 с.

2. Сустин, А. И. Оценка параметров движения воздушного судна в информационно-измерительных системах управления воздушным движением с применением третичной обработки информации / А. И. Сустин, А. П. Пудовкин // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. науч. тр. – Тамбов, 2021. – С. 134 – 137.

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.

4. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic 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.

5. Пат. № 2780803 С1 Российская Федерация, МПК G01S 13/70, G01S 13/87. Способ оценки дальности до маневрирующего воздушного судна информационно-измерительной системой управления воздушным движением с применением третичной обработки информации ; № 2021132513 ; заявл. 09.11.2021 ; опубл. 04.10.2022 / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. И. Сустин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

6. Algorithm synthesis for tertiary information processing of distance measuring channel in information and measurement system of air traffic control / Pudovkin A. P., Panaszuk Yu. N., Sustin A. I., Danilov S. N., Valepo L. G., Trapeznikova O. V. // Journal of Physics: Conference Series : IV International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update». – MSTU, 2020.

# СИНТЕЗ АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

**В. Р. Тернавка, М. А. Крушатина, Н. А. Кольтюков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: ternavkalera@yandex.ru)

Создание алгоритмического обеспечения проектируемой системы оптимального энергосберегающего управления электроприводом предполагает решения ряда задач синтеза и анализа, получение соотношений для расчета параметров, определение возможных видов функций оптимального управления, алгоритмов решения задачи оптимального управления комбинированным методом и так далее.

В зависимости от поставленной задачи, синтезируется тот или иной алгоритм управления, который осуществляется с помощью различных исполнительных органов и оказывает влияние непосредственно на объект управления. Результаты этого воздействия приравниваются с прогнозируемыми на основе механизма обратной связи. При различии результатов на базе повторной оценки принимается решение, вырабатывается и совершается управление, устраняющее это расхождение. Если соответствие невыполнима, то уточняется целевая функция. Такая структура инвариантна к объекту управления и носит универсальный характер.

Для определения вероятных видов функций оптимального управления, используемых системой, задается множество  $R$  значений массивов реквизитов задачи оптимального управления на множестве состояний функционирования

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\},$$

где  $R_j$  – массив исходных данных для оптимального управления на  $j$ -м временном интервале работы (рис. 1).

Наибольшим изменениям склонны крайнее значение вектора фазовых координат, параметры модели объекта, временной промежуток управления. На параметры модели больше всего влияют коэффициент инерции, величина нагрузки и др.

Значения параметров оптимального управления для электропривода на этапе разгона отображены в табл. 1.

Границы областей видов функций оптимального управления, изображены на рис. 2, определяются соотношениями

$$L_2 = \frac{(e^{2A} - 1)}{A}, \quad L_{E2} = \frac{(e^{4A} - 1)}{2A}, \quad L_{E1} = \frac{(-e^{2A} + 1)}{2A}.$$

Изменения  $u^*(t)$  и  $\omega(t)$  для электропривода, а также развиваемая мощность при оптимальном и традиционном разгоне показаны на рис. 2, экономия энергозатрат при разгоне составляет 15%.

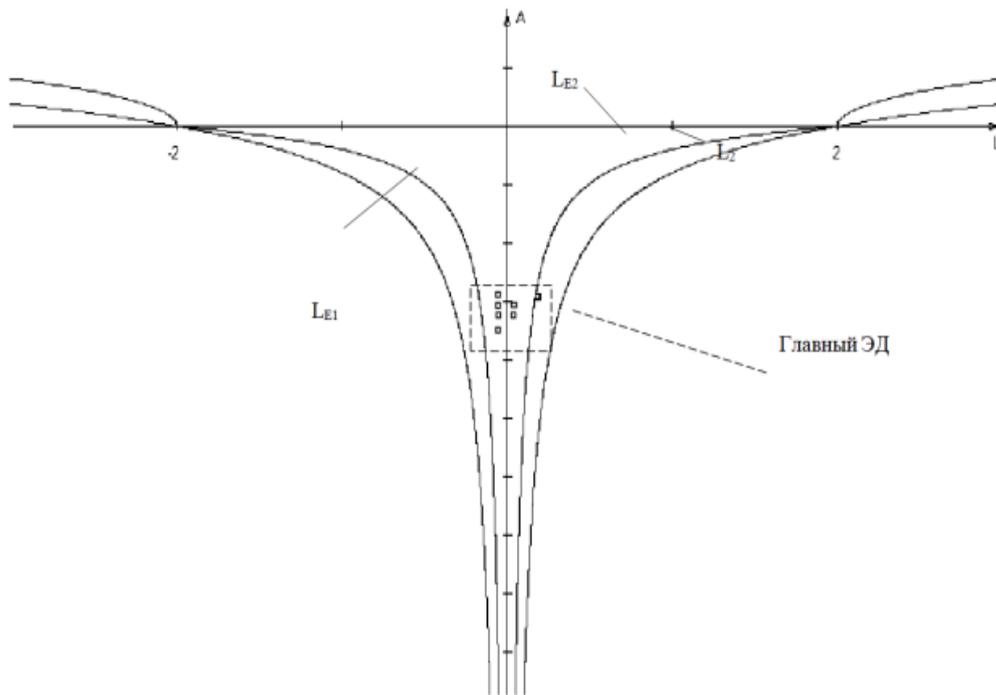


Рис. 1. Области возможных видов оптимального управления

### 1. Значения параметров оптимального управления электроприводом

ЭП	$a$	$u_0, В$	$u_B, В$	$d$	$t_{п}, с$	$t_{к}, с$
1	-1,6662	25	50	0,1797	4,44	12,5

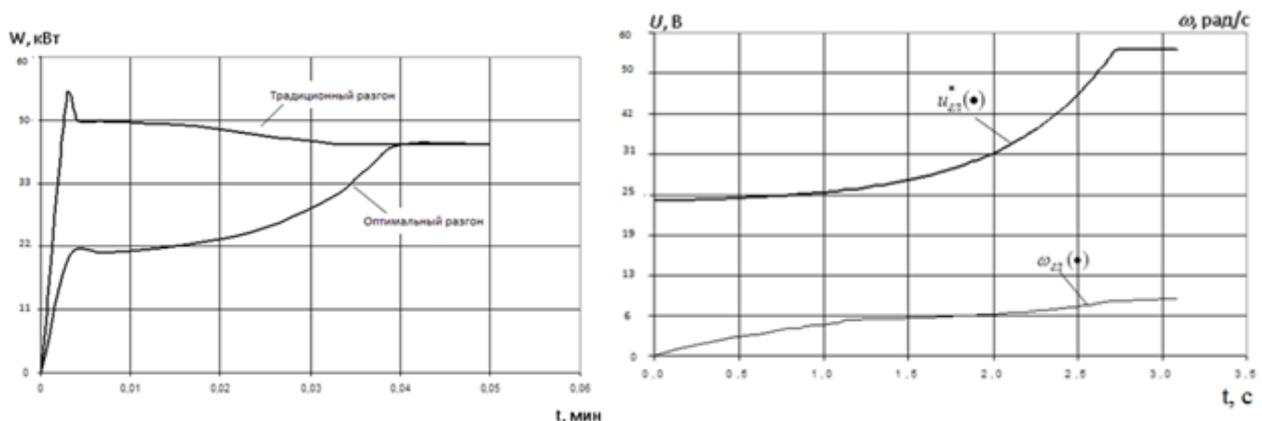


Рис. 2. Оптимальный пуск электродвигателя

## Библиографический список

1. Кольтюков, Н. А. Оптимальное энергосберегающее управление смесительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов : дис. ... канд. техн. наук: 5.13.06 / Н. А. Кольтюков. – 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.

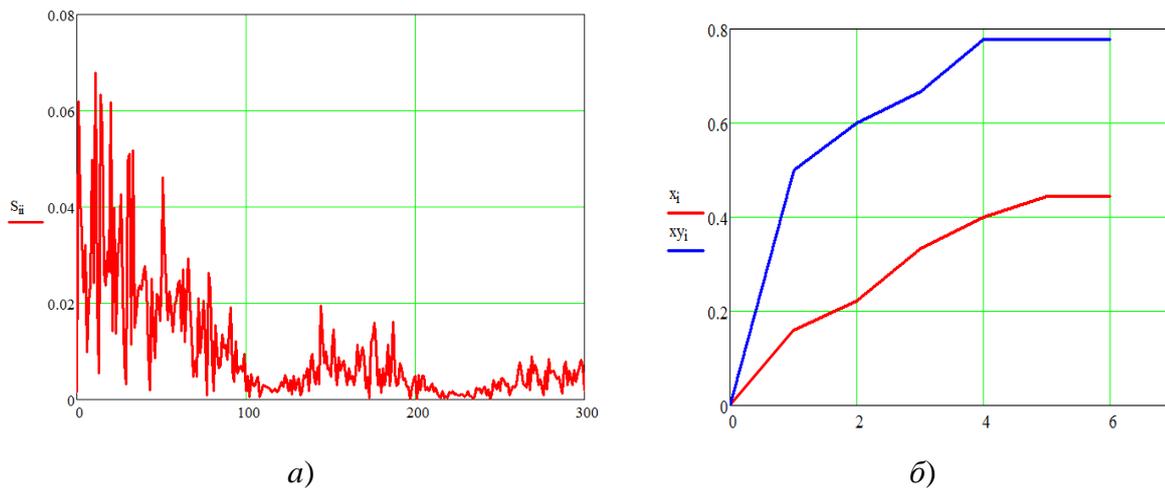
### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОРРЕЛИРОВАННОГО ШУМА НА КАНАЛ СВЯЗИ С OFDM МОДУЛЯЦИЕЙ

**А. Е. Хрипченко, А. К. Бабаев, И. В. Хорохорин**

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,  
(e-mail: alekc120268@gmail.com; babaiijj@gmail.com; il130964@mail.ru)

Наиболее эффективным видом модуляции на данный момент является OFDM модуляция. Она используется в таких стандартах как: DVB-T2, 4G LTE, Wi-Fi (IEEE 802.11) [1]. Однако в радиоканале OFDM сигнал может быть сильно искажен помехами различного происхождения. Обычно при расчетах учитывают помехи в виде нормального белого шума. Но весьма распространенным видом помех коррелированные помехи. Коррелированные помехи обычно имеют спектр, близкий к спектру полезных сигналов. Основное различие спектров состоит в их интенсивности и частотной локализации. Если частотное различие упрощает задачу оптимальной обработки сигналов, то интенсивность помех, которая может на несколько порядков превышать таковую у сигналов, существенно усложняет задачу. Коррелированные помехи особенно актуальны в радиолокации [2 – 7]. Их природа связана с рассеянием сигналов от большого количества хаотически расположенных в пространстве отражателей или неподвижных объектов [5, 6].

На рисунке 1, *а* представлен вид спектра коррелированной помехи с полосой 7,8 кГц. На рисунке 1, *б* представлены усредненные величины битовых ошибок (красная кривая – для действия коррелированной помехи, синяя – для гауссовского белого шума). Как и следует из теории, гауссовский белый шум при одинаковой мощности с коррелированным шумом приводит к значительно большей величине битовых ошибок (почти в два раза).



**Рис. 1. Результаты моделирования:**

*a* – спектр коррелированной помехи, на фоне которой принимается сигнал;  
*б* – зависимости битовых ошибок при действии коррелированного шума (красная кривая) и белого шума (синяя кривая) от мощности шума

### 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. Панасюк, Ю. Н. Метод повышения точности третичной обработки информации с применением динамических весовых коэффициентов / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин, А. И. Рогачев // Вестник ТГТУ. – 2017. – № 4. – С. 595–596.
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.
4. 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.
5. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Т. И. Чернышова, С. В. Петров // Вестник ТГТУ. – 2016. – № 3. – С. 374 – 380.
6. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

7. Наимов, У. Р. Синтез канала слежения за параметрами случайного процесса в условиях их скачкообразного изменения / У. Р. Наимов, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин // Радиотехника. – 2019. – № 2. – С. 84 – 89.

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ**

**Н. С. Хрущев, И. А. Омельченко, А. А. Гусев, Р. М. Башкиров**

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ

(учебный и испытательный), Тамбов, Россия

(e-mail: [nauchnajarota@yandex.ru](mailto:nauchnajarota@yandex.ru))

Программно-определяемая радиосистема (от англ. Software Definition Radio – SDR) – это радиопередатчик и/или радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры [1]. Потенциальный злоумышленник может использовать многие виды беспроводной связи из-за низкой стоимости устройств SDR [2]. Метки радиочастотной идентификации (RFID) и глобальные системы позиционирования (ГЛОНАСС, GPS и т.д.) – все это примеры технологий, подверженные атакам.

В данной статье рассматриваются наиболее распространенные атаки с использованием устройства HackRF One. Это периферийное устройство SDR, которое может передавать и принимать радиосигналы на частотах от 1 до 6 ГГц. HackRF One – это открытая аппаратная платформа, которая может быть использована как периферийное USB-устройство или же запрограммировано на автономную работу.

Ретрансляционная атака – это атака, при которой передача данных между двумя сторонами перехватывается и повторяется с манипуляцией или без нее, независимо от осведомленности двух сторон. Простая атака может состоять из двух фаз: перехват и запись управляющего сигнала, а затем его воспроизведение, используя передатчик HackRF.

Мы можем проанализировать перехваченные сигналы, используя анализатор спектра. Программное обеспечение GNURadio позволяет перехватывать сигнал и сохранять его в необходимом формате.

Настроив соответствующую мощность передачи и другие параметры (несущая частота, полоса пропускания и т.д.) возможно осуществлять передачу перехваченного ранее сигнала с использованием платформы HackRF. Такой сценарий можно применять для управления широким спектром беспилотных летательных аппаратов и устройств с дистанционным управлением.

Глобальная система позиционирования (GPS) стала повсеместной в большинстве современных видов деятельности, от синхронизации сетевого времени до определения местоположения. Из-за широкого распространения данной системы, она подвержена глушению и спуфингу, которые теперь доступны любому человеку с SDR.

Преднамеренные помехи GPS определяются в [3] как излучение радиоволн достаточной мощности, чтобы помешать приемникам в целевой области отслеживать сигналы GPS. HackRF One используется для отправки сигнала, разработанного в GNURadio, чтобы заглушить сигнал GPS. В качестве источника выбирается «гауссовский источник шума» с частотой дискретизации 2 МГц. Частота передачи устанавливается на уровне, соответствующем частоте GPS.

В то время как для глушения требуется только излучение помехового сигнала, который легко идентифицировать, спуфинг более сложен, поскольку он отправляет ошибочные данные пользователю, ожидающему получить легитимные данные [4]. Оборудование, необходимое для подмены сигнала GPS, включает в себя компьютер, способный создавать поддельный сигнал, подключенный к HackRF. Классическая атака с подменой GPS состоит из двух этапов: создание двоичного файла и трансляция поддельного сигнала GPS с использованием ранее созданного двоичного файла.

Таким образом, беспроводные сети имеют ряд уязвимостей. Данные сигналы можно перехватывать, подменять и глушить с помощью недорогих устройств. В этой статье рассматриваются различные сценарии атак, которые можно осуществить с помощью недорогого оборудования. SDR идеально подходит для атак в различных областях.

### **Библиографический список**

1. Алиев, Т. И. Сети ЭВМ и телекоммуникации / Т. И. Алиев. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2011. – 400 с.
2. Бойко, Б. П. Спектр сигнала / Б. П. Бойко, В. А. Тюрин. – Казань : Казанский федеральный университет, 2014. – 38 с.
3. Пронин, К. Проектирование, оптимизация и моделирование SDR / К. Пронин // Электронные компоненты. – 2012. – № 2. – С. 49 – 53.
4. Гасанов, О. Принципы построения радиоприемников с цифровой обработкой сигнала / О. Гасанов // Электронные компоненты. – 2010. – № 12. – С. 63 – 65.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Д. А. Чистилин<sup>1</sup>, В. А. Воробьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов  
(e-mail: dchistilin@mail.ru)

<sup>2</sup>Инженерно-производственный центр СпецАвтоматики,  
Санкт-Петербург, Россия  
(e-mail: mrking@ya.ru)

Рост скорости движения воздушных судов (вплоть до гиперзвуковой), появление сверхманевренных аппаратов как в пилотируемом, так и беспилотном вариантах приводит к появлению различных потенциально опасных ситуаций. Усугубляют складывающиеся потенциально опасные ситуации отсутствие возможности оперативного оказания экипажу информационно-интеллектуальной поддержки в необходимом объеме, невозможностью непосредственного управления воздушными судами на различных этапах полета с диспетчерских и наземных пунктов управления. Применение таких систем в условиях ведения боевых действий накладывает повышенные требования по помехозащищенности, пропускной способности, опознаванию целей.

К основным направлениям совершенствования радиотехнических средств организации воздушного движения следует отнести: повышение помехозащищенности; повышение точностных характеристик и разрешающей способности по дальности, скорости и угловым координатам; повышение информативности средств отображения; введение канала управления воздушными судами, позволяющего осуществлять управление пилотируемых и беспилотных воздушных судов на всех этапах полета, включая взлет и посадку; повышение мобильности и снижение себестоимости;

Для успешной работы в условиях ведения боевых действий необходимо предусмотреть и алгоритмы защиты рассматриваемых систем от воздействия активных организованных помех.

Основными направлениями повышения скрытности работы являются: снижение энергетического потенциала передатчиков за счет структурной и информационной избыточности сигналов, расширение рабочей полосы частот – применение сверхширокополосных шумоподобных сигналов, использование парных когерентных излучателей, применение специальных режимов типа «мерцания» или «фазового шума» и т.д.

Формирование более плотного потока воздушных судов, осуществление управления этими воздушными судами на различных этапах полета и автоматизация взлета и посадки требуют повышения точностных характеристик измерения дальности, скорости и угловых координат, а также и улучшения разрешающей способности. Для придания комплексу инвариантности целесообразно в него ввести аппаратуру автоматического зависимого наблюдения (АЗН), оптико-электронные визеры, а также лазерные дальномеры.

Объединение информации о воздушной обстановке от различных источников может осуществляться в комплексе средств автоматизации руководства полетами. Данный комплекс, должен иметь возможность осуществления управления средствами радиотехнического и радиолокационного обеспечения полетов, выбора оптимальных режимов этих средств.

Информацию о воздушной обстановке необходимо выводить на цветные индикаторы больших размеров в различных системах координат (прямоугольной, полярной), а применение 3D-индикаторов приведет к повышению достоверности отображения и улучшению восприятия воздушной обстановки. Система отображения должна позволять изменять масштаб выводимой информации, выбирать конкретный участок или район управления. Этому должно способствовать применение программного просмотра пространства в зависимости от складывающейся воздушной обстановки, реализуемого при помощи применения в РЛС активных фазированных антенных решеток.

Обеспечить выполнение требований, которые предъявляются к современным радиотехническим средствам организации воздушного движения можно на основе комплексного подхода с использованием технических решений из области радиолокации, радионавигации, связи и вычислительной техники: модульное построение; открытость архитектуры; комплексирование; многофункциональность; мобильность систем и основных компонентов; пассивная радиолокация; многопозиционные радиолокационные комплексы; использование системы координатно – временного обеспечения, цифровых приемных ФАР, адаптивных передающих активных ФАР, сложных когерентных сигналов и оптимальных способов их обработки.

### **Библиографический список**

1. Житковский, В. Д. Национальная оборона / В. Д. Житковский, В. А. Яцкевич. – 2007. – № 3. – С. 64 – 68.

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРАЕКТОРНОГО СИГНАЛА В РСА

Д. А. Чистилин, П. А. Каптилов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: dchistilin@mail.ru)

Наиболее простой математической моделью подстилающей поверхности при формировании траекторного сигнала в радиолокационных системах с синтезированием апертуры антенны (РСА) является дискретная модель в виде совокупности точечных отражателей, расположенных равномерно вдоль полоски дальности с шагом  $\Delta\beta$ . Принимаемый РСА сигнал от точечного отражателя равен парциальному сигналу элемента разрешения. Каждый элемент разрешения объединяет совокупность неподвижных или двигающихся случайным образом пространственно некогерентных элементарных отражателей среди которых нет доминирующих по интенсивности отражения.

Так как элементарные отражатели расположены в элементе разрешения и ориентированы относительно РСА случайным образом, то комплексная амплитуда  $\dot{E}_l$  сигнала, отраженного от одного элемента разрешения носит случайный характер. Она может быть представлена своими действительной и мнимой составляющими или модулем и фазой. Согласно центральной предельной теореме действительная  $E_{cl}$  и мнимая  $E_{sl}$  составляющие комплексного процесса  $\dot{E}_l$  являются совместно независимыми стационарными гауссовскими процессами с нулевым математическим ожиданием и одинаковой СКО, определяемой характером подстилающей поверхности. Модуль этого процесса распределен по релеевскому закону, а фаза по равномерному на интервале  $[0...2\pi]$ . Это соответствует экспоненциальному распределению эффективной поверхности рассеяния подстилающей поверхности [1 – 3].

Такое представление подстилающей поверхности свойственно неоднородным пространственно – распределенным объектам типа обрабатываемых участков земли, лесных массивов, чередующихся небольших участков земной и водной поверхностей, застроенных территорий и т.п.

Проведенные исследования показывают, что для описания некоторых объектов локации в определенных участках частотного диапазона, секторах углов наблюдения и при конкретных характеристиках среды распространения радиоволн более реальные модели подстилающей поверхности имеют в элементе разрешения от двух и более точечных отражателей. В свою очередь,

модуль комплексного процесса  $\dot{E}_i$  уже не будет распределен по релеевскому закону. Так, например, амплитуда комплексного отраженного сигнала от сложной радиолокационной цели, элемент разрешения которой состоит из двух источников вторичного излучения, разнесенных на расстояние в несколько длин волн зондирующего колебания, обладающих стабильными амплитудами и случайными начальными фазами, будет распределена по закону двойного арксинуса [4].

Для учета возможной высокой вероятности больших значений амплитуды радиолокационных сигналов или ЭПР объектов, (что соответствует длинным «хвостам» распределений) используют логарифмически нормальное распределение, а при моделировании флуктуаций сигналов, отраженных от морской поверхности неплохие результаты показывает распределение Вейбулла [5].

Для описания флуктуаций сигналов, отраженных от статистически шероховатых поверхностей, все чаще используют так называемое К-распределение [4].

Ни одна из моделей радиолокационного рельефа не носит универсального характера. Каждая из них раскрывает и описывает свойства истинного рельефа, которые проявляются только при определенных условиях.

### Библиографический список

1. Орлов, Р. А. Моделирование радиолокационных отражений от земной поверхности / Р. А. Орлов, Б. Д. Торгашин ; под ред. А. А. Копустина. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1978. – 148 с.
2. Радиолокационные методы исследования Земли / С. Г. Зубкович и др. ; под ред. Ю. А. Мельник. – М. : Советское радио, 1980. – 264 с.
3. Радиолокационные станции обзора земли / Г. С. Кондратенков и др. ; под ред. Г. С. Кондратенкова. – М. : Радио и связь, 1983. – 272 с.
4. Шляхин, В. М. Вероятностные модели нерелеевских флуктуаций радиолокационных сигналов / В. М. Шляхин // Радиотехника и электроника. – 1987. – № 9. – С. 1793 – 1817.
5. Модели закона распределения амплитуды отраженных от морской поверхности радиолокационных сигналов / В. Р. Ахметьянов и др. // Зарубежная радиоэлектроника. – 1985. – № 1. – С. 40 – 55.

## **ВЫБОР БЕСПРОВОДНОГО СТАНДАРТА СВЯЗИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА УДАЛЕННОЙ ПЕРЕЗАГРУЗКИ КОММУТАТОРОВ СЕТИ ПРОВАЙДЕРА**

**А. И. Шаталов**

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия  
(e-mail: lollipop.xax@yandex.ru)

Для корректной работы устройства дистанционной перезагрузки коммутационного оборудования сети провайдера необходимо корректно выбрать стандарт связи в соответствии со следующими критериями: надежность, дальность работы, стоимость передачи данных, широта использования стандарта.

Проведем сравнительный анализ стандартов связи LTE и Tetra.

По надежности оба стандарта отвечают требованиям работы с устройством удаленной перезагрузки оборудования доступа. Терминалы могут работать успешно в течение всего необходимого времени.

Дальность работы определяется наличием базовых станций (БС) каждого из протоколов. В данной ситуации выигрывает LTE, т.к. сейчас почти на каждой БС мобильного оператора связи присутствует оборудование и ресурс для работы с протоколом LTE. В случае неработоспособности основного оператора связи, можно так же подключиться к любому другому оператору в формате роуминга для отправки сигнала со скоростью до 100 Мб/с.

По стоимости передачи данных, LTE и Tetra не сильно отличаются. Стоимость оборудования Tetra выше, чем у LTE. Общая стоимость у LTE будет меньше с учетом наличия услуги LTE и базы для работы по данному стандарту у всех крупных операторов.

Широта использования стандартов Tetra и LTE сильно отличается.

TETRA – открытый стандарт, т.е. предполагается, что оборудование различных производителей совместимо. Доступ к спецификациям TETRA свободен для всех заинтересованных сторон, вступивших в ассоциацию «Меморандум о взаимопонимании и содействии стандарту TETRA» (MoU TETRA). Все производители оборудования стандарта TETRA реализуют одинаковый радиointерфейс, что позволяет использовать в одной сети абонентские терминалы (радиостанции) различных производителей. Абсолютная совместимость при этом не гарантируется, но базовые функции выполняются.

Со стороны LTE совместимость оборудования на более высоком уровне. Обычно БС сети LTE может обслуживать зону радиусом до 5 км, но при необходимости за счет высокого расположения антенн БС размер зоны может быть увеличен от 30 до 100 км. Большим преимуществом стандарта LTE является

большой выбор терминалов. Кроме сотовых телефонов могут использоваться ноутбуки, планшетные компьютеры, видеокамеры и игровые устройства со встроенными модулями совместимости с сетями четвертого поколения (в том числе съемными, например, USB-модем). К тому же, LTE может получать данные даже вне своего стандарта, по сети Интернет, с любого устройства, которое имеет доступ в Интернет, не важно, по какому стандарту.

Технология стандарта LTE поддерживает хэндовер и роуминг с сотовыми сетями поколений 2G и 3G, что позволяет этим устройствам быть совместимыми и с этими сетями в случае, если команда будет представлена как СМС. Структура сети 4G позволяет сразу перенаправлять звонок или интернет-сессию в сеть 3G или 2G (UMTS или GSM).

Таким образом, наиболее подходящим для поставленной задачи является стандарт LTE. Реализация работы устройств на данном стандарте принесет меньше затрат. Большинство провайдеров уже имеет необходимую аппаратуру для работы с данным стандартом. Также широта использования у LTE больше, существует возможность работать с другими стандартами (3G, 2G) и большая распространенность в сфере коммерческой гражданской связи.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для использования устройства удаленной перезагрузки коммутационного оборудования сети провайдера наиболее удобным и выгодным является стандарт LTE.

### **Библиографический список**

1. Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM : учебное пособие / С. Б. Макаров, Н. В. Певцов, Е. А. Попов, М. А. Сиверс. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 256 с.
2. Волков, А. Н. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения / А. Н. Волков, А. Е. Рыжков, М. А. Сиверс. – СПб. : Линк, 2008. – 224 с.

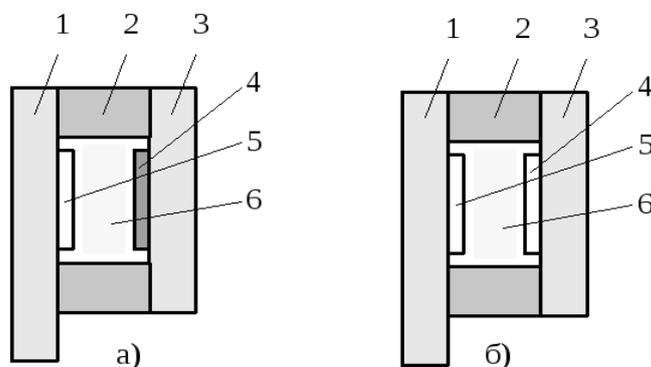
## **К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖК ИНДИКАТОРОВ**

**А. О. Шахов**

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия  
(e-mail: [schakhov.alexei2015@yandex.ru](mailto:schakhov.alexei2015@yandex.ru))

Выбор ЖК индикатора иногда становится проблемой для многих разработчиков компаний и, в каждом из них есть собственные плюсы и минусы. Активные индикаторы не аккумулируют оптико-электронное излучение,

а воспроизводят его частоту посредством преобразование таких характеристик, как амплитуда, фаза, длина волны, проекция поляризации. На рисунке 1 представлена конструкция жидкокристаллического индикатора.

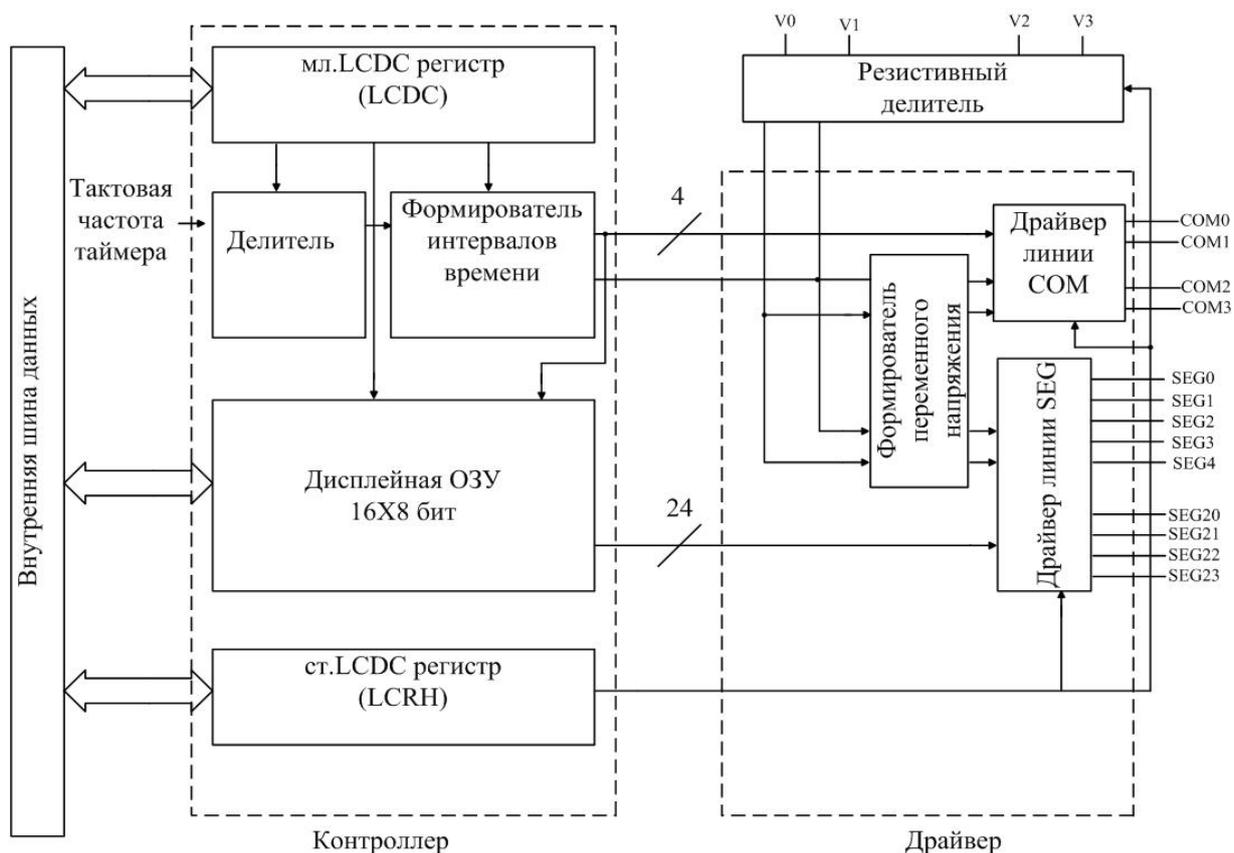


**Рис. 1. Конструкция ЖКИ, работающих на отражении (а) и не просвет (б):**

- 1, 3 – стеклянные пластины; 2 – склеивающее соединение;
- 4 – задний отражающий (б) и прозрачный (а) электроды;
- 5 – передний прозрачный электрод; 6 – ЖК

ЖК ткань вводится между двух пластин, которые скреплены вместе, при этом для упорядоченности расстояния между подложками, в промежутки между ними, кроме ЖК, введены хрустальные либо пластмассовые шарики или цилиндры. На внутренней проекции подложки нанесены диоды в области, где находится пленка оксида индия. Слой ориентирующих покрытий специализирован для постоянной направленности частиц в пространстве [1].

Контроллеры нужны для управления дисплеем. Рассмотрим в качестве более функционального устройства образцы РСF8566 и РСF8576 производимые фирмой Philips, они реализованы на однокристалльном ЖК контроллере. При подключении ЖКИ к собственным портам ввода и вывода, нужно обеспечить их симметричным управлением напряжения для предотвращения повреждения молекул индикатора. Систематическое смещение должно быть минимизировано, за счет выходных портов, но с использованием дополнительного времени, в связи с этим высокоприоритетной задачей для микроконтроллера становится снижение производительности в обработке других операций, воздействуя на ЖКИ в виде прерываний. Кроме усложнения программирования в микроконтроллере, очередным и важным дефектом такого метода управления считается тот факт, что электронные свойства выходных значений порта и их температура малоустойчива, а нестабильность внешних резисторов может оказывать негативное влияние на величину управляющего напряжения. В качестве образца рассмотрим серию МВ90420G (рис. 2) [2].



**Рис. 2. Микроконтроллер из серии MB90420G**

ЖК-контроллер с драйвером содержит средства вывода дисплейной памяти на ЖКИ при помощи двух выходов COM и SEG, индикатора, который подключается именно к драйверу. Присутствует встроенный резистивный делитель, который осуществляет управление напряжением на ЖКИ [3].

ЖК-молекулы довольно чувствительны к постоянному напряжению. В том числе и смещение в 45 мВ (данное значение зависит от фирмы и техпроцесса) может вызвать повреждение молекул.

### Библиографический список

1. Адамчик, А. Жидкие кристаллы / А. Адамчик, З. Стругальский ; пер. с польского М. Г. Пацовской ; под ред. И. Г. Чистякова. – М. : Советское радио, 1979. – 159 с.
2. Зихла, Франк. ЖКИ, светоизлучающие и лазерные диоды: схемы и готовые решения / Франк Зихла ; пер. с нем. Виктора Букирева. – СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 317 с.
3. Томилин, М. Г. Дисплеи на жидких кристаллах / М. Г. Томилин, Г. Е. Невская. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2010. – 108 с.

## Секция 2

# ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ

---

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СЕТЕЙ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

**А. Е. Алексеев, А. В. Рябов**

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия  
(e-mail: ryalvy@mail.ru)

Для управления авиационными комплексами и обеспечения безопасности их полетов в районах аэродромов концентрируется большое количество радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения (радиосвязи, радионавигации, радиолокации и др.). Такие РЭС создают электромагнитные поля и электрические сигналы, распространяющиеся в пространстве и способные создавать непреднамеренные радиопомехи (НРП) другим РЭС, что, в свою очередь, снижает их электромагнитную совместимость (ЭМС).

В целях поддержания требуемой ЭМС РЭС в районе аэродрома требуется выполнение ряда мероприятий, основанных на оценке: помеховой обстановки; качества функционирования отдельных РЭС; качества функционирования группы РЭС; обеспечении ЭМС [1].

Оценка помеховой обстановки заключается в обнаружении потенциально несовместимых РЭС с последующим расчетом энергетических характеристик НРП, воздействующих на средства авиационной радиосвязи [1].

Обнаружение потенциально несовместимых РЭС производится методом попарного частотного анализа РЭС с определением источников и рецепторов НРП, а также каналов их проникновения [1].

При расчете энергетических характеристик НРП определяется плотность потока мощности НРП в точке расположения приемной антенны, либо мощность НРП на входе приемника с учетом ее прохождения через антенну [1].

Рассмотрим методику оценки ЭМС на основе расчета частотных и энергетических показателей, позволяющих оценить уровень НРП, воздействующих на элементы сетей авиационной радиосвязи.

Частотная совместимость пары РЭС определяется поиском каналов воздействия НРП, проходящих на вход приемника при выполнении неравенства [2]

$$|k f_{\text{РПДУ}} - f_{\text{ПК}}| \leq 0,5 \left[ \Delta f_{\text{РПДУ}_x}(k, m) + \Delta f_{\text{РПУ}_x} \right], \quad (1)$$

где  $k = 1, 2, 3, \dots k_{\text{max}}$  – номер гармоники несущей частоты РПДУ;  $f_{\text{РПДУ}}$  – частота передатчика;  $\Delta f_{\text{РПДУ}_x}(k, m)$  – полоса излучения РЭС на  $k$ -й гармонике и уровне  $x$  [дБ] при образовании  $m$ -го побочного канала приема;  $\Delta f_{\text{РПУ}_x}$  – полоса пропускания усилителя промежуточной частоты РЭС на уровне  $x$  [дБ];  $f_{\text{ПК}}$  – частота побочного канала приема.

В качестве энергетических показателей ЭМС предлагается использовать коэффициент подавления приемника  $K_{\text{П}}$  помеховым излучением РЭС, работающего на близких частотах [2]:

$$K_{\text{П}} = \sum_{i=1}^N \left( P_{\text{НП}} \prod_{j=1}^M K_j \right) / P_c, \quad (2)$$

где  $P_c$  и  $P_{\text{НП}i}$  – мощности на входе РПУ полезного сигнала и НПР, обусловленной работой других РЭС на близких частотах;  $N$  – число РЭС, работающих на близких частотах;  $K_j \leq 1$  – коэффициенты характеризующие условия применения РЭС.

Анализ выражений (1) и (2) показал, что для повышения ЭМС средств авиационной радиосвязи с РЭС, работающими на близких частотах, необходима оптимизация частотных и энергетических показателей.

Оптимизация частотных показателей основывается на минимизации числа каналов воздействия НПР, проходящих на вход РПУ. Оптимизацию энергетических показателей целесообразно основывать на адаптивном управлении структурным и параметрическим ресурсом [2].

Таким образом, разработанная методика оценки ЭМС сети авиационной радиосвязи позволяет определить РЭС, способные оказывать помеховые воздействия на элементы радиосети и производить расчет коэффициента подавления данным помеховым воздействием элементов сети. Результаты расчетов ЭМС, произведенные по предлагаемой методике, позволяют обосновать способы повышения ЭМС и проанализировать их эффективность для различных сетей авиационной радиосвязи.

### Библиографический список

1. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю. А. Феоктистов, В. В. Матасов, Л. И. Батулин, В. И. Селезнев ; под ред. Ю. А. Феоктистова. – М. : Радио и связь, 1988. – 480 с.

2. Рябов, А. В. Алгоритм расчета показателей электромагнитной совместимости в адаптивных сетях радиосвязи / А. В. Рябов // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. материалов XX Междунар. науч.-метод. конф. Воронеж, ВГУ 13–14 февраля 2020 г. – Воронеж : Изд-во «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 797 – 804.

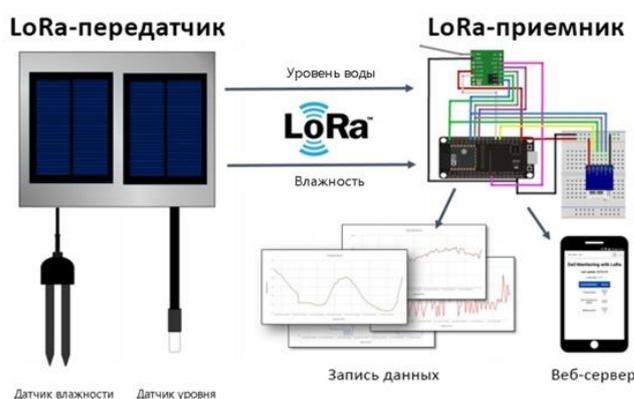
## **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПРОТЕЧЕК В КОЛОДЦАХ ВОДОПРОВОДА**

**А. А. Балашов, Т. А. Листопадская, Н. Н. Кожухов, А. А. Махоренко**  
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: balashovalexei2@yandex.ru)

Наши потребители – ресурсоснабжающие организации (РСО), которые хотят иметь бесперебойную подачу воды для системы водоснабжения, но возникают часто аварийные ситуации в колодцах водопровода с отключением системы подачи воды, существующие системы имеют недостаточную надежность, таким образом, потребители остаются без воды и потому необходимо заранее контролировать протечку в сети водоснабжения для обеспечения более надежной подачи воды.

Наша информационно-измерительная система дистанционного контроля протечек воды в колодцах водопровода будет подавать сигналы диспетчеру находящимся в РСО, что подразумевает аварийную ситуацию и в отличие от полного отсутствия системы контроля, на сегодняшний момент, в колодцах водопровода мы будем контролировать начало образования протечки воды.

Схема информационно-измерительной системы контроля протечек воды в колодцах с использованием датчиков уровня и влажности, представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема информационно-измерительная система  
контроля протечек в колодцах водопровода**

В этой системе контроля используется поплавковый датчик для измерения уровня воды. Датчик полностью герметичен и не подвержен коррозии. Основным элементом датчика является геркон, который находится внутри полой трубки. Снаружи этой трубки находится кольцевой поплавок, который может свободно перемещаться вдоль трубки. Внутри кольцевого поплавка имеется кольцевой магнит. При поднятии поплавка, магнитное поле воздействует на геркон, который замыкает электрическую цепь. Стопорное кольцо, в нижней части трубки, препятствует падению поплавка.

Представленная информационно-измерительная система контроля протечек в колодцах водопровода использует сеть LoRa. Типичная сеть LoRaWAN состоит из следующих элементов: конечные узлы, шлюзы, сетевой сервер и сервер приложений. Конечный узел предназначен для осуществления управляющих или измерительных функций. Он содержит набор необходимых датчиков и управляющих элементов. Шлюз LoRa – устройство, принимающее данные от конечных устройств с помощью радиоканала и передающее их в транзитную сеть. Шлюз и конечные устройства образуют сетевую топологию типа звезда. Сетевой сервер предназначен для управления сетью: заданием расписания, адаптацией скорости, хранением и обработкой принимаемых данных. Сервер приложений может удаленно контролировать работу конечных узлов и собирать необходимые данные с них [1].

Преимущества LoRa: открытый стандарт; большая дальность; высокая проникающая способность в городской застройке; низкое энергопотребление, по оценкам до 10 лет работы сенсора от батареи AA; различные нелицензируемые частоты, такие как 433 МГц, 868 МГц; адаптивная скорость передачи данных; поддерживает личные и общественные сети; комплексная безопасность и встроенные идентификация и аутентификация.

Недостатки LoRa: низкая скорость передачи данных; Semtech – единственный поставщик чипов; отсутствует роуминг.

Таким образом, с использованием информационно-измерительной системы контроля протечек в колодцах водопровода мы имеем более надежную подачу воды для системы водоснабжения.

### **Библиографический список**

1. Технология LoRa // [habr.com/](https://habr.com/). – URL : <https://habr.com/ru/companies/realtrac/articles/304312/> (дата обращения: 26.04.2023).

## СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТА

**В. С. Бахтин, Р. В. Казюлин, И. В. Тюрин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: baxtin.vadim@yandex.ru)

Спутниковый мониторинг транспорта – система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологий сотовой и/или радиосвязи, вычислительной техники и цифровых карт. Является одним из главных инструментов снижения издержек. Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком.

Принцип работы заключается в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортного средства. Существует два варианта мониторинга:

- online – с дистанционной передачей координатной информации;
- offline – информация считывается по прибытии на диспетчерский пункт.

На транспортном средстве устанавливается мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приемник спутниковых сигналов, модули хранения и передачи координатных данных. Программное обеспечение мобильного модуля получает координатные данные от приемника сигналов, записывает их в модуль хранения и по возможности передает посредством модуля передачи.

Модуль передачи позволяет передавать данные, используя беспроводные сети операторов мобильной связи. Полученные данные анализируются и выдаются диспетчеру в текстовом виде или с использованием картографической информации. В offline варианте необходимость дистанционной передачи данных отсутствует. Это позволяет использовать более дешевые мобильные модули и отказаться от услуг операторов мобильной связи.

Мобильный модуль может быть построен на основе приемников спутникового сигнала, работающих в стандартах NAVSTAR GPS или ГЛОНАСС. В настоящее время в России активно продвигается и лоббируется использование сигналов спутников ГЛОНАСС, разработка и производство клиентского оборудования мониторинга для этой системы. Принят ряд законодательных актов, которые форсируют внедрение ГЛОНАСС и ограничивают применение других систем. При этом, в сравнении с NAVSTAR GPS, система ГЛОНАСС пока работает менее надежно и в совокупности с наземным оборудованием дает

большую погрешность вычисления местоположения абонента. Клиентское оборудование ГЛОНАСС стоит дороже, имеет большие размеры и худшие параметры энергопотребления, представлено на рынке не так широко, как GPS. Этим объясняется сложность внедрения ГЛОНАСС-мониторинга и вынужденное его использование государственными предприятиями России.

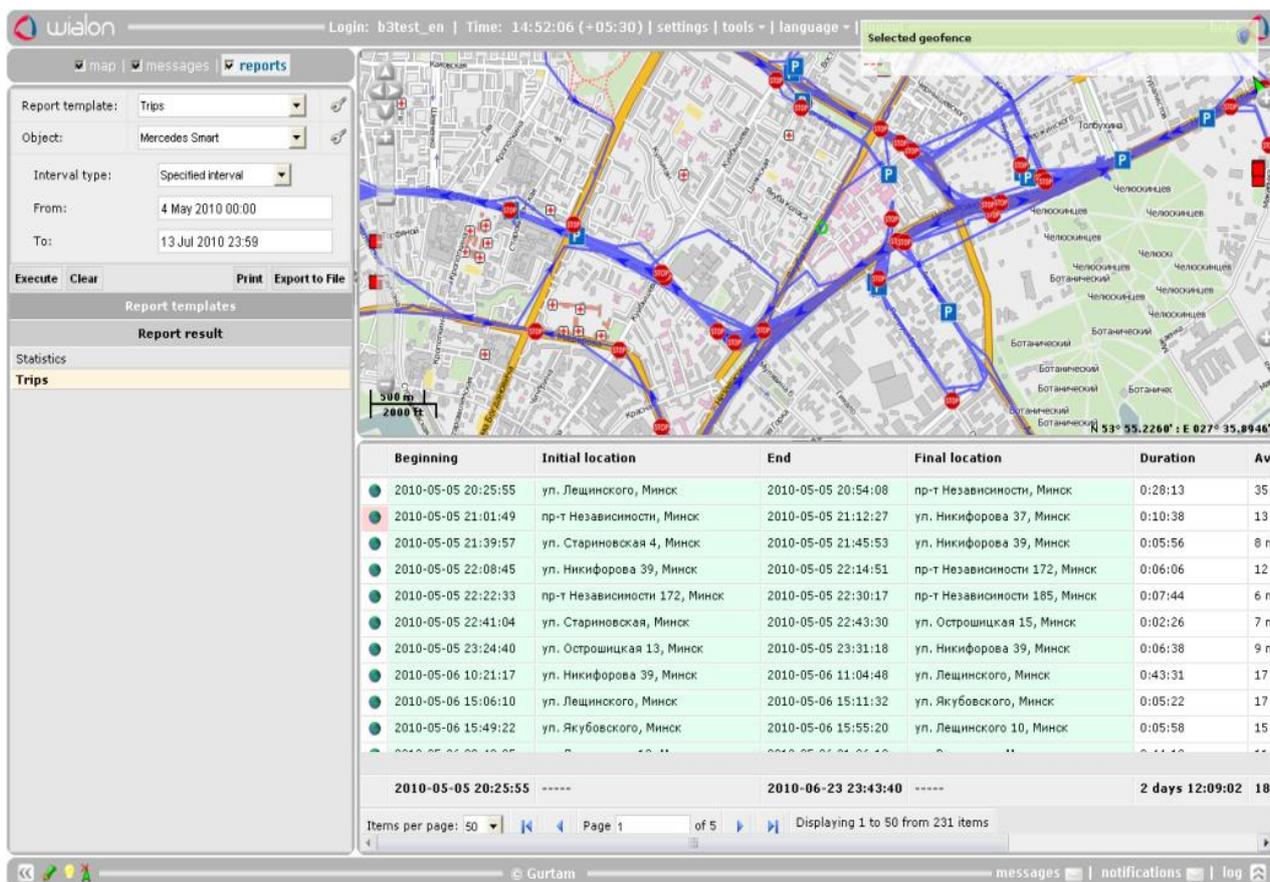


Рис. 1. ПО для спутникового мониторинга

Система спутникового мониторинга транспорта включает следующие компоненты:

- 1) транспортное средство, оборудованное GPS или ГЛОНАСС контроллером или трекером, который получает данные от спутников и передает их на серверный центр мониторинга посредством GSM, CDMA или реже спутниковой (например Гонец) и УКВ связи;
- 2) серверный центр с программным обеспечением для приема, хранения, обработки и анализа данных;
- 3) компьютер диспетчера, ведущего мониторинг автомобилей.

Использование систем спутникового мониторинга повышает качество и эффективность работы корпоративного транспорта, и в среднем на 20...25% снижают расходы на топливо и содержание автопарка.

## Библиографический список

1. 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 Университет имени В. И. Вернадского. – 2014. – Вып. 54. – С. 225 - 230.
2. Алексеев, А. А. Диагностика в технических системах управления : учебное пособие / А. А. Алексеев, А. А. Солодовников ; под ред. В. Б. Яковлева. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 1997. – 188 с.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ОПТОВОЛОКНА

**А. В. Верченoв<sup>1</sup>, М. М. Зебрева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия  
(e-mail: verchenov90@mail.ru)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва, Россия  
(e-mail: zebrevam@mail.ru)

Если массовый рынок потребления пока еще сдержанно настроен к эволюционному процессу перехода на оптоволокно, то передовые мировые корпорации уже заглядывают в будущее, которое открывают технологии оптиковолоконной связи в самых разных сферах. На текущий момент наиболее перспективными направлениями можно назвать распределенные сенсорные системы и волоконные оптические лазеры.

В настоящее время использование информационно-коммуникационных технологий, при которой абоненты смогут не только слышать, но и видеть друг друга, за последнее время появилось новое направление в развитии волоконно-оптической техники – использование среднего инфракрасного диапазона волн 2...10 мкм. Ожидается, что потери в этом диапазоне не будут превышать 0,2 дБ/км. Это позволит осуществить связь на большие расстояния с участками регенерации до 100 км. Исследование фтористых и халькогенидных стекол с добавками циркония, бария, а также других соединений, обладающих сверхпрозрачностью в инфракрасном диапазоне волн, позволит еще больше увеличить длину регенерационного участка.

Следует отметить, что если раньше в основном применялись ступенчатые многомодовые волокна, то сейчас развитие идет по пути внедрения градиентных и одномодовых волокон. Изготовление последних сложнее (диаметр сердечника 6...8 мкм), однако они обладают широкой информационно-пропускной способностью и дальностью передачи. Оптические кабели с одно-

модовыми волокнами получили развитие на междугородных линиях связи большой протяженности и на подводных магистралах. Несмотря на то, что технология FTTH сейчас считается уже достаточно зрелой, отрасль по-прежнему продолжает выдвигать новейшие решения и эволюционные технологии передачи по оптоволокну на первый план. Очень важно, чтобы проектировщики, разработчики и менеджеры знали, что это за эволюционные решения и как перейти от существующих технологий передачи по волокну к следующему поколению FTTH для пользователей сетей.

### Библиографический список

1. Зебрева, М.М. Основные принципы повышения надежности систем связи / М. М. Зебрева, Ю. Т. Зырянов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. – Тамбов, 2021. – С. 184 – 186.

2. Дмитриевцев, А. Ю. Обоснование принадлежности «ISKRATEL SI3000» К классу телекоммуникационных информационно-измерительных и управляющих систем / А. Ю. Дмитриевцев, А. Ю. Наумова, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 32 – 34.

3. Зебрева, М. М. Анализ применения микроконтроллеров для систем технического диагностирования цифровых устройств связи / М. М. Зебрева, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 39–40.

4. Обианг, М. С. А. А. Мультиплексор DSLAM HUAWEI MA5600, как объект технического диагностирования / М. С. А. А. Обианг, Э. Ш. Фразау, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 63–64.

5. Technical diagnostics of information and measurement system parameters using a set of high-frequency equipment / Naumova A., Dmitrievtsev A., Zyryanov Y. // Proceedings – 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency. – 2021. – С. 703 – 707.

6. Зебрева, М. М. Цифровизация в России на предприятиях, в промышленности, бизнесе, быту. Применение цифровых технологий в системах связи // М. М. Зебрева, Ю. Т. Зырянов, Н. И. Шепелев // Цифровая трансформация в энергетике : сб. тр. конф. – 2020. – С. 157 – 160.

## **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

**И. Н. Горбачев, Я. О. Заикин, А. Ю. Рыбаков**

Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия

(e-mail: SFilist@gmail.com)

Для определения источника возгорания на ранней стадии необходимо определить его координаты. С этой целью используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Индикатором пожароопасной ситуации является превышение концентрации вредных веществ, выделяемых в процессе горения ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ). Для обнаружения продуктов горения на БПЛА устанавливаются микрочипы [1, 2].

Согласно предлагаемому методу мониторинга у БПЛА имеются три плана полета. Первый план – это план А, который предусматривает облет объекта мониторинга по галсам с измерением концентрации вредного вещества в каждом пикселе. Размеры пикселя определяются шириной галса. При превышении концентрации выше порогового уровня осуществляется полет БПЛА по плану В, который предусматривает поиск координат источника возгорания в автономном режиме. После определения координат источника возгорания БПЛА совершает полет согласно плана С, который предусматривает возвращение БПЛА в исходную точку запуска.

Автономный режим планирования траектории полета БПЛА предполагает использовать в качестве навигатора информацию о градиенте концентрации вредных веществ. Минимальную площадку поверхности мониторинга, на которой концентрация продуктов горения принимается независимой от пространственных координат, назовем пикселем. Градиент концентрации будем находить в окне из девяти пикселей. Для выделения перепадов определенной ориентации используются адаптированные девятиэлементные маски [3 – 5].

Если локальный план выполнен, то есть пиксель-цель достигнут, то осуществляется формирование нового девятиэлементного окна. Согласно предложенному правилу «не менее трех пикселей на галсе», это окно должно быть сформировано в любом случае. Если же пиксель – цель не достигнута, то анализируется локальный план полета, и, если в текущем пикселе предусмотрена коррекция полета, то формируется девятиэлементное окно с последующими определениями градиентов и пикселя цели. В случае, если координаты предшествующего пикселя – цели и текущего, определенные в новом окне, совпадают,

то полет выполняется по локальному плану В, если же это не так, то осуществляется построение нового локального плана В.

Апробация системы мониторинга показала ее высокую помехоустойчивость к погодным аномалиям. Математическое моделирование алгоритма управления полетом БПЛА согласно предложенного метода было реализовано в пакет Matlab R2019b и показало устойчивость управления и высокую скорость достижения к координатам пикселя источника возгорания, превосходящую скорость движения к поставленной цели согласно плану А (без многокритериального выбора) в 1,5...2 раза, в зависимости от расположения источника возгорания относительно направления облета мониторируемой территории.

### Библиографический список

1. Интеллектуальная система обработки изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов / С. А. Филист, Р. А. Томакова, Н. Г. Нефедов и др. // Изв. Юго-Западного государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 64 – 86.

2. Автоматизированная система для классификации снимков видеопотоков / С. А. Филист, М. В. Шевцов, В. А. Белозеров и др. // Изв. Юго-Западного государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 85 – 105.

3. Автоматические классификаторы сложно структурируемых изображений на основе мультиметодных технологий многокритериального выбора / М. В. Дюдин, И. В. Зуев, С. М. Чудинов и др. // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Системы и средства отображения информации и управления спецтехникой (СОИУ). – 2015. – Вып. 1. – С. 130 – 141.

4. Формирование признакового пространства для задач классификации сложноструктурируемых изображений на основе спектральных окон и нейросетевых структур / К. Д. А. Кассим, А. А. Кузьмин, О. В. Шаталова и др. // Изв. Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 4(67). – С. 56 – 68.

5. Клеточные процессоры в классификаторах многоканальных изображений / С. А. Филист, Р. А. Томакова, А. Н. Брежнева и др. // Радиопромышленность. – 2019. – № 1. – С. 45 – 52.

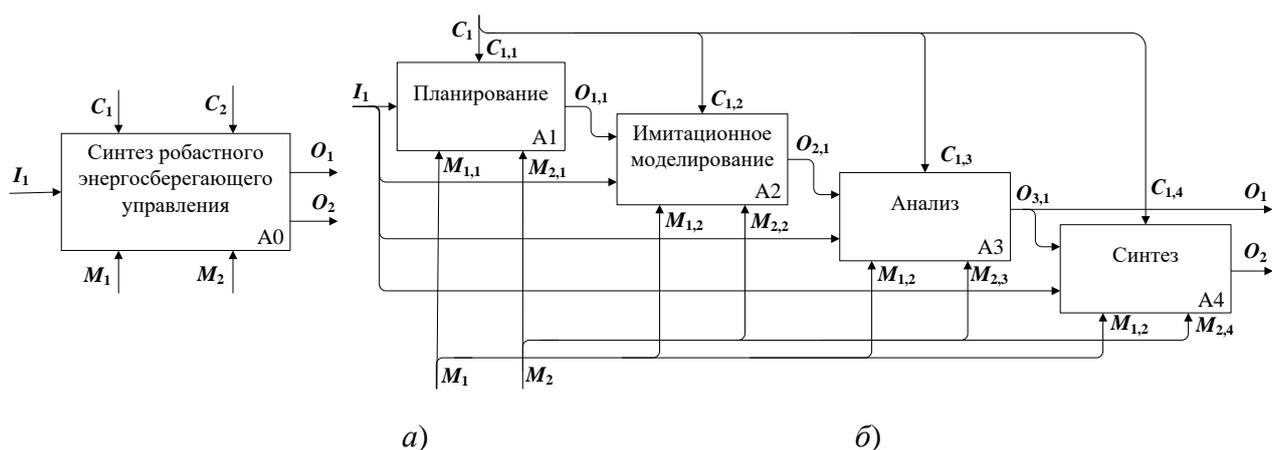
# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АЛГОРИТМА СИНТЕЗА РОБАСТНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А. Н. Грибков, А. С. Тюленева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: GribkovAlexey@yandex.ru)

Робастными называют системы, которые обладают высокой эффективностью при номинальных условиях функционирования и приемлемой эффективностью при отклонении от номинальных условий в заданных допустимых пределах [1]. На отклонение от номинальных условий функционирования систем управления большое влияние оказывают случайные возмущения, снижающие вероятность достижения цели управления. Поэтому, при проектировании систем оптимального управления, значительное внимание уделяется вопросам повышения устойчивости алгоритмов синтеза управляющих воздействий к влиянию возмущений.

Рассмотрим алгоритм синтеза робастного энергосберегающего управления тепловым объектом, основанный на совместном применении метода статистического моделирования, теории планирования эксперимента, принципа максимума Понтрягина и метода синтезирующих переменных [2]. Функциональная модель алгоритма показана на рис. 1.



**Рис. 1. Функциональная модель:**

*a* – контекстная диаграмма; *б* – диаграмма декомпозиции первого уровня

На рисунке 1, *a* приведена контекстная диаграмма, которая показывает взаимодействие моделируемого процесса с внешней средой. На вход поступает массив исходных данных задачи энергосберегающего управления ( $I_1$ ). Выходами являются значение показателя робастности ( $O_1$ ) и оптимальное управляю-

щее воздействие ( $O_2$ ). Управления представляют собой методики (алгоритмы) выполнения этапов процесса ( $C_1$ ). Механизмами являются программные модули ( $M_1$ ) и база данных ( $M_2$ ) системы управления.

На рисунке 1, б приведена диаграмма декомпозиции первого уровня. На диаграмме используются следующие обозначения:  $C_{1,1}, C_{1,2}, C_{1,3}, C_{1,4}$  – алгоритмы, реализующие отдельные этапы процесса;  $M_{1,1}$  – модуль планирования эксперимента;  $M_{1,2}$  – модуль имитационного моделирования;  $M_{1,3}$  – модуль анализа;  $M_{1,4}$  – модуль синтеза;  $M_{2,1}, M_{2,2}, M_{2,3}, M_{2,4}$  – компоненты базы данных.

На первом этапе (А1 – «Планирование») осуществляется расчет статистических характеристик компонентов массива исходных данных задачи энергосберегающего управления, которые рассматриваются как случайные величины, так как их значения могут меняться из-за влияния параметрических возмущений. По результатам первого этапа А1 формируются выборки значений компонентов массива исходных данных ( $O_{1,1}$ ).

На втором этапе (А2 – «Имитационное моделирование») проводится имитационное моделирование, включающее полный анализ задачи энергосберегающего управления для всех значений параметров, имеющихся в сформированных на предыдущем этапе выборках. При этом проводится проверка возможности решения задачи и, если решение существует, то определяются виды и параметры функций оптимального управления ( $O_{2,1}$ ).

На третьем этапе (А3 – «Анализ») проводится анализ устойчивости алгоритма к влиянию возмущений с использованием показателя робастности ( $O_{3,1}$ ), значение которого позволяет численно оценить вероятность достижения цели управления.

На четвертом этапе (А4 – «Синтез») осуществляется синтез оптимального управляющего воздействия.

Рассмотренный алгоритм применялся на практике при разработке алгоритмического обеспечения систем энергосберегающего управления динамическими режимами тепловых объектов (промышленных печей, сушильных установок и др.).

### Библиографический список

1. Небылов, А. В. Гарантирование точности управления / А. В. Небылов. – М. : Наука, Физматлит, 1998. – 304 с.
2. Артемова, С. В. Система робастного энергосберегающего управления процессами нагрева / С. В. Артемова, А. Н. Грибков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – № 5. – С. 31 – 34.

# КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Д. И. Грищенко

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

(e-mail: grishchenko.di@students.dvfu.ru)

Пожарная безопасность, видеонаблюдение и контроль пропусков – это основные компоненты безопасности в любом здании. Независимо, является ли это банком, магазином, офисом или жилым домом – все они должны быть обеспечены необходимыми системами безопасности для предотвращения несчастных случаев и вандализма.

Начнем с пожарной безопасности. Она играет ключевую роль в защите жизни и имущества в зданиях. Многие здания оборудованы пожарной сигнализацией, которая активируется при обнаружении дыма, огня или повышенной температуры. Сигнализация может быть проводной или беспроводной, и подключается к центральной панели контроля.

Контрольный центр может быть оборудован аварийной связью с пожарной службой, которая может получать сигналы о возможных пожарах. Регулярная проверка системы сигнализации и ее обслуживание играют важную роль в поддержании ее в хорошем рабочем состоянии.

Второй важный аспект безопасности – это видеонаблюдение. Оно помогает предотвращать кражи, проникновения, агрессивное поведение и производит наблюдение за основными зонами в здании. Видеокамеры могут быть аналоговыми или IP-камерами.

Аналоговые камеры подключаются к центральной системе обработки и записи сигнала. Они могут быть оборудованы различными видами объективов для получения изображений с разными углами обзора. IP-камеры работают по сетевому протоколу, и они могут использоваться без центральной системы для обработки сигнала. Они могут быть подключены непосредственно к локальной сети или использоваться через облачные сервисы.

Наконец, контроль пропусков используется для контроля доступа или выхода людей, или транспорта в здание. Это может быть реализовано с помощью различных технологий, например, карточек доступа, биометрических считывателей отпечатков пальцев, сенсорных панелей и т.д. Бизнес-здания обычно оборудуются современными системами управления доступом, которые связаны с базой данных, которая содержит информацию о сотрудниках, предоставленных им доступе и правами доступа. Это значительно повышает уровень безопасности и позволяет организовать работу персонала в здании.

Так же стоит учитывать безопасность хранилищ данных. В наше время предприятия используют огромные хранилища данных, которые содержат ценную информацию, такую как финансовые данные, базы клиентов, интеллектуальную собственность и т.д. Этот вид безопасности направлен на защиту информации от несанкционированного доступа или использования. Это может быть особенно важно для компаний, занимающихся банковскими и финансовыми услугами, здравоохранением и другими подобными отраслями, которые хранят большие объемы чувствительных данных о клиентах.

Для обеспечения безопасности этих данных используются различные методы, такие как шифрование, авторизация, контроль доступа, мониторинг и аудит данных. Технологии безопасности хранилищ данных могут включать в себя системы мониторинга пакетов данных и сетевых подключений, системы аутентификации, тревожные системы, контроль доступа и другие инструменты и технологии.

В мире, где технологии меняются со скоростью света, безопасность превращается во все более актуальную тему. Все возрастающая опасность кибератак и кражи данных требует от компаний и частных лиц защищать свою информацию и поддерживать высокий уровень безопасности во всех аспектах жизни.

Нельзя недооценивать важность установки средств безопасности в зданиях, транспорте, компьютерах, серверах, облачных хранилищах и других системах. Примером могут служить системы физической безопасности (охраны, видеонаблюдения), которые выявляют нарушения безопасности. Кроме того, безопасность важна не только для защиты данных, но и для сохранения жизни и здоровья людей.

Участие каждого человека в обеспечении безопасности важно. Необходимо следовать правилам безопасности, которые помогают предотвращать несчастные случаи, а также справляться со сложными ситуациями.

В заключение можно сказать, что пожарная безопасность, видеонаблюдение и контроль пропуска – это ключевые элементы безопасности в здании. Их рациональное использование и правильная настройка могут обеспечить высокий уровень безопасности и сохранность имущества в здании. Жизненно важно стремиться к повышению уровня безопасности во всех аспектах жизни, которые затрагивают людей. Каждый должен брать на себя ответственность за сохранение своих собственных данных и информации, а также участвовать в создании безопасного окружения для себя и окружающих. Только так можно обеспечить мир и безопасность в настоящем и в будущем.

# КОНТРОЛЬ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: dmitrievcev978@gmail.com)

Мониторинг, фиксация, а также анализ определяющих параметров является важнейшим звеном при анализе технического состояния различных устройств и систем. Сложная техническая структура и большое количество измеряемых и фиксируемых параметров требует большого объема используемых ресурсов, как человеческих – для непосредственного контроля в режиме реального времени, так и вычислительных – для возможности фиксации определяющих параметров за определенный период времени [1 – 4].

В данной статье, в качестве объекта мониторинга и фиксации определяющих параметров будет рассмотрена телекоммуникационная информационно-измерительная и управляющая система (ТК ИИУС) типа Iskratel Si3000.

Как изображено на рис. 1, мониторинг позволяет осуществлять контроль за основными параметрами ТК ИИУС. Выбор определяющих контролируемых параметров обусловлен их важностью, и влиянием на работу всей системы в целом.

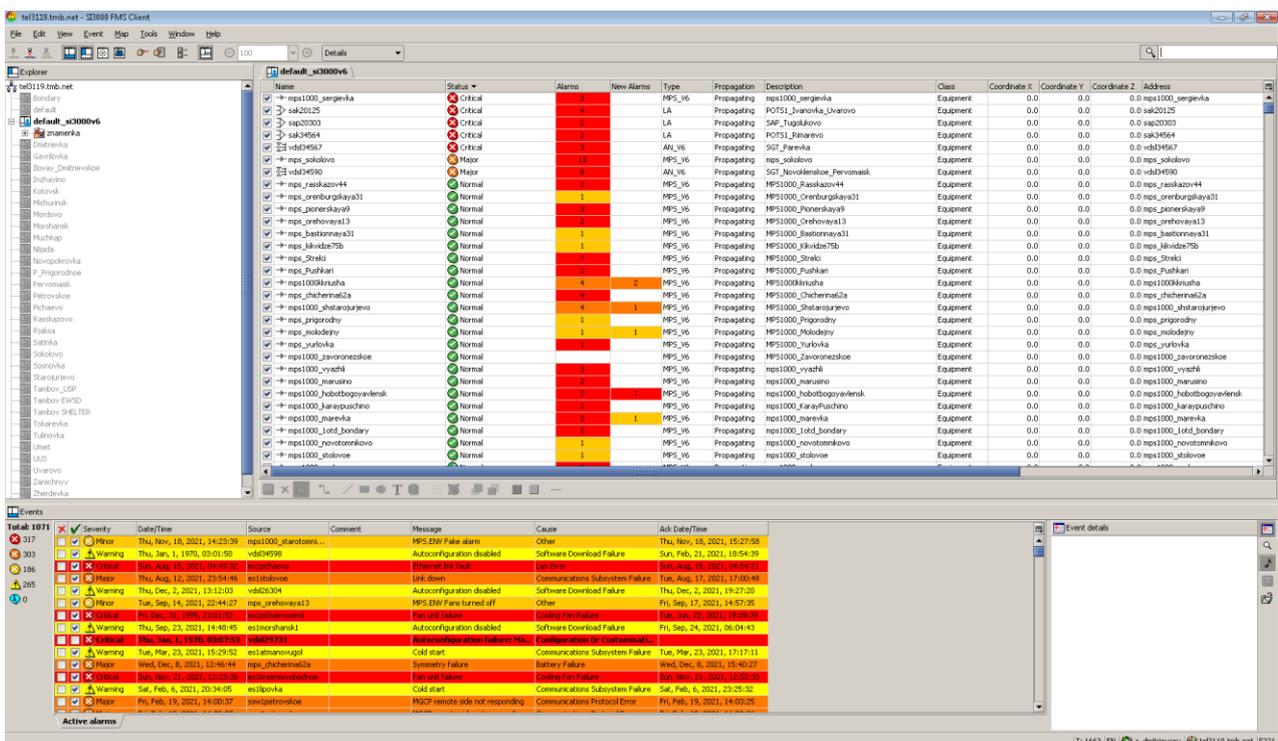


Рис. 1. Система мониторинга определяющих параметров

Для анализа полученных данных, их структуризации и обработки целесообразно использование методов и алгоритмов машинного обучения. Данный подход позволит анализировать техническое состояние ТК ИИУС по значениям оценки измеренных определяющих параметров в реальном времени, а также прогнозировать их изменение с помощью сформированной базы данных [5, 6].

Таким образом, можно сделать вывод, что контроль и прогнозирование изменения определяющих параметров с использованием методов и алгоритмов машинного обучения позволит облегчить процесс оценки технического состояния ТК ИИУС.

### Библиографический список

1. Принципы построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева и др. // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – 2020. – С. – 246–247.

2. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37 – 46.

3. Раннее обнаружение начала постепенного изменения свойств случайных процессов / В. И. Павлов, С. В. Артемова, А. Н. Грибков и др. // Изв. Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 237-246.

4. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4. – С. 13 – 19.

5. Чернышова, Т. И. Метод повышения метрологической надежности при проектировании аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 1(17). – С. 50 – 58.

6. Чернышов, Н. Г. Задачи энергосбережения на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. – 170 – 172.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, И. Е. Попов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Dmitrievtsev978@gmail.com)

Прогнозирование технического состояния осуществляется на основе изучения закономерностей изменения технического состояния, приводящих к нарушению работоспособности изделия. Изменение технического состояния можно представить как изменение во времени результатов периодически выполняемых проверок параметров нескольких одинаковых изделий (групповое прогнозирование) или одного изделия (индивидуальное прогнозирование).

Все методы прогнозирования технического состояния радиоэлектронного оборудования можно объединить в две группы:

- инструментальные методы;
- статистические методы [1, 2].

Инструментальные методы применимы к таким элементам, у которых можно проконтролировать изменение физико-химической структуры, т.е. выделить совокупность прогнозирующих параметров. Инструментальное прогнозирование основывается на измерении прогнозирующих параметров элементов или оборудования в целом с помощью контрольно-измерительной и испытательной аппаратуры (КИ и ИА). В зависимости от типа прогнозирующего параметра инструментальное прогнозирование включает в себя методы: прогнозирование по изменению прогнозирующего параметра элемента; прогнозирование по изменению выходных параметров оборудования; прогнозирование по обобщенному параметру оборудования, который состоит из линейного или функционального способов анализа результатов измерения [3, 4].

Достоинства инструментальных методов прогнозирования:

- эффективность и достоверность;
- эффективность и готовность к применению оборудования по назначению;
- меньший расход ЗИП для контролируемого ЭО.

Статистические методы позволяют решать вероятностные задачи о поведении того или иного оборудования в будущем в зависимости от возможных режимов и условий эксплуатации. Статистическое прогнозирование базируется

на результатах диагностики технического состояния оборудования и сводится к определению остаточного технического или гарантийного ресурсов безотказной работы элементов, сопряжений, блоков, узлов и оборудования в целом до момента проведения очередного технического обслуживания и ремонта.

Точность и надежность статистического прогнозирования зависит от того, насколько полно учтены общие закономерности изнашивания и изменения параметров контролируемого объекта в условиях эксплуатации.

Достоинства статистических методов:

- не требуется проведение измерений на объекте диагностирования;
- не нужно устанавливать прогнозирующий параметр и применять сложную и дорогостоящую контрольно-измерительную и испытательную аппаратуру;
- низкая стоимость прогнозирования.

### **Библиографический список**

1. Принципы построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева и др. // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – 2020. – С.– 246–247.

2. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37 – 46.

3. Раннее обнаружение начала постепенного изменения свойств случайных процессов / В. И. Павлов, С. В. Артемова, А. Н. Грибков и др. // Изв. Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 237-246.

4. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4. – С. 13 – 19.

# НЕЛИНЕЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Т. Ю. Дорохова, А. Н. Куратов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: tandor81@mail.ru, artem5248@mail.ru)

В радиоэлектронных системах (РЭС) возникают нелинейные явления причиной их возникновения являются нелинейные элементы, входящих в их состав [1, 2]. Что приводит к появлению помех в каналах связи, искажению сигнала и влияет на достоверность передачи сообщений и данных, а также снижает помехоустойчивость телекоммуникационных систем. К нелинейным явлениям РЭС относятся: блокирование сигнала (изменение усилительных свойств активных приборов под действием помехи), перекрестная модуляция сигнала и помехи (перенос модуляции внеполосной помехи на несущую частоту сигнала), интермодуляция помех (взаимодействие внеполосных помех и появление комбинационных составляющих в полосе пропускания РЭС).

Нелинейные явления относительно обособленного сигнала возникают при неправильном выборе амплитуды сигнала на входе электронного устройства и приводят к нелинейным искажениям сигнала (появление новых гармоник на выходе устройства) и сжатию амплитуды сигнала (уменьшение коэффициента передачи РЭС).

$$u_{\text{вх1}} = u_c = U_c \cos \omega_c t. \quad (1)$$

При приеме сигнала в присутствии помех нелинейные явления описываются формулой:

$$u_{\text{вх2}} = u_c + u_{\text{п}} = U_c \cos \omega_c t + U_{\text{п}} \cos \omega_{\text{п}} t. \quad (2)$$

Проявляются при значительном уровне помех, расположенных за пределами полосы пропускания ( $\omega_c \neq \omega_{\text{п}}$ ) РЭС.

Количественной мерой нелинейных свойств электронных устройств является коэффициент гармоник:

$$k_{\text{Г}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots}{U_1^2}} 100\% = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots}}{U_1} 100\%, \quad (3)$$

где  $U_i$  – интенсивность различных спектральных составляющих выходного сигнала ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Существует несколько методов определения спектрального состава выходного сигнала электронного устройства [1 – 3]: аналитический метод, основывающийся на аппроксимации вольтамперной характеристики; графоаналитические методы (методы трех, пяти ординат; метод измерения параметра  $IP$  – точки пересечения); экспериментальные методы (двухтонового равноамплитудного сигнала; спектрального анализа).

Исследования осуществлялись в системе Electronics Workbench на модели усилителя, используемого в высокочастотном тракте «Ольхон – Гелиос», при

частоте входного сигнала  $f_0 = 30$  МГц. Нелинейные элементы в схеме брали – кремниевые транзисторы, включенные по схеме составного транзистора. На рисунке 1 приведены спектрограмма выходного сигнала для амплитуды входного сигнала  $U_{вх} = 1$  В.

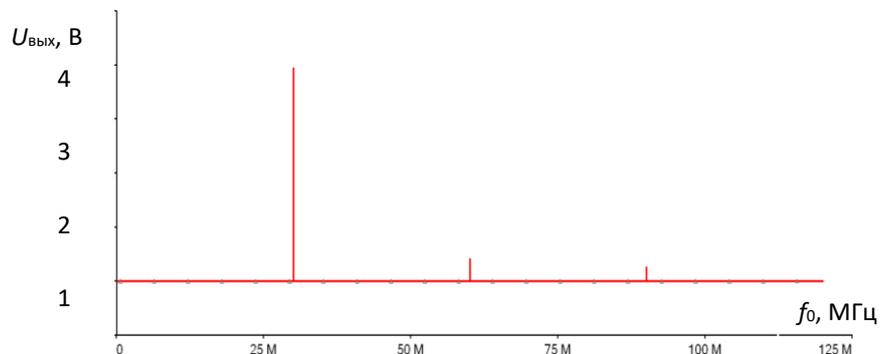


Рис. 1. Спектрограмма выходного сигнала усилителя

Спектрограмма демонстрирует появление в выходном сигнале нелинейных искажений (второй и третьей гармоник значительного уровня). При изменении амплитуды входного сигнала до уровня  $U_{вх} \approx 0,8$  В, соответствующего верхней границе динамического диапазона усилителя, отмечается линейное увеличение амплитуды выходного сигнала (рис. 2). Амплитудная характеристика модели демонстрирует существенную нелинейность усиления уже при  $U_{вх} = 1$  В, что подтверждает данные спектрограммы (рис. 1), а коэффициент гармоник (3) достигает предельного уровня  $k_{г} > 10\%$ .

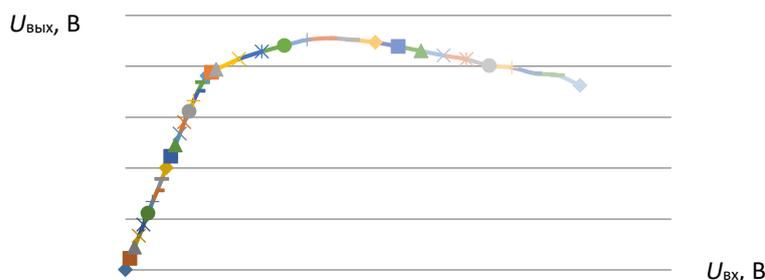


Рис. 2. Амплитудная характеристика ВЧ усилителя

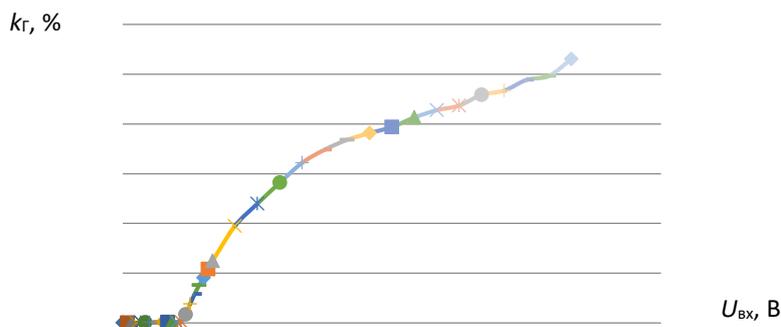


Рис. 3. График зависимости коэффициента гармоник от амплитуды входного напряжения

Для высококачественной вещательной аппаратуры коэффициент нелинейных искажений не превышает 1...2%, для систем профессиональной связи допускается уровень в 5...7%. В усилителях импульсов нелинейные искажения допускаются большими, чем в усилителях узкополосных (модулированных) сигналов, а при усилении прямоугольных импульсов с нелинейными искажениями можно вообще не считаться. Уменьшение нелинейных искажений требует поиска различных схемотехнических решений, например, достигается путем применения малошумящих транзисторов большой мощности для увеличения динамического диапазона и др.

### **Библиографический список**

1. Голубев, В. Н. Эффективная избирательность радиоприемных устройств / В. Н. Голубев. – М. : Связь, 1978. – 240 с.
2. Палшков, В. В. Радиоприемные устройства : учебное пособие / В. В. Палшков. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.
3. Johnson, Martin R. Reviewing The Basics of Intermodulation Distortion. – Sept. 2007. – [www.mwrf.com](http://www.mwrf.com).

### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ**

**М. М. Зебрева<sup>1</sup>, Ю. Т. Зырянов<sup>2</sup>, А. В. Верченев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва, Россия

(e-mail: [zebrevam@mail.ru](mailto:zebrevam@mail.ru))

<sup>2</sup>Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: [zut-tmb@mail.ru](mailto:zut-tmb@mail.ru))

В настоящее время использование информационно-коммуникационных технологий в сельской местности способствовало развитию этих регионов благодаря распространению телефонов, центров электросвязи, доступа в Интернет, электронной почты, информационных систем и т.д. Эти технологии позволяют обрабатывать и распространять информацию быстрее и в большем объеме, обеспечивая при этом большие возможности связи между отдаленными районами.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – представляют собой набор услуг, сетей, программных и аппаратных устройств, которые интегрированы во взаимосвязанные и взаимодополняющие информационные системы для эффективного управления данными и информацией, повышения производительности труда граждан, правительства и компаний, что приводит к улучшению качества жизни.

Для правильного функционирования ИКТ необходима диагностика сети. Используют автоматическую службу, отслеживающую состояние сети в реальном времени. Она автоматически регистрирует качество сигнала, скорость передачи данных и обрывы голосовых вызовов с привязкой к месту. Это дает возможность идентифицировать проблему и как она возникла.

### Библиографический список

1. Букин, М. В. К вопросу выбора метода оценки эффективности функционирования информационно-управляющих систем / М. В. Букин, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 229–230.

2. Хрипунов, В. П. Современные методы диагностики и контроля как инструмент эксплуатации космических тренажеров / В. П. Хрипунов, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 263–264.

3. Зебрева, М. М. Особенности оценки надежности информационно-измерительных энергосберегающих систем связи / М. М. Зебрева, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 41–42.

4. Гришин, В. В. Совершенствование авиационной связи в годы великой отечественной войны / В. В. Гришин, Ю. Т. Зырянов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. Пятой Всерос. молодежной науч. конф., посвященной Дню радио и связи и 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – 2020. – С. 7 – 9.

5. Дмитриевцев, А. Ю. Мониторинг, фиксация и анализ изменения определяющих параметров информационно-измерительных и управляющих систем с помощью нейросетевых технологий / А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Седьмой Всерос. молодежной науч. конф. – 2022. – С. 248 – 250.

6. Дмитриевцев, А. Ю. Оптимизация контроля определяющих параметров телекоммуникационной информационно-измерительной и управляющей системы / А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, Н. А. Н. Нури // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IX Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов. – 2022. – С. 27 – 29.

# ДОПУСКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ СРЕДСТВОМ

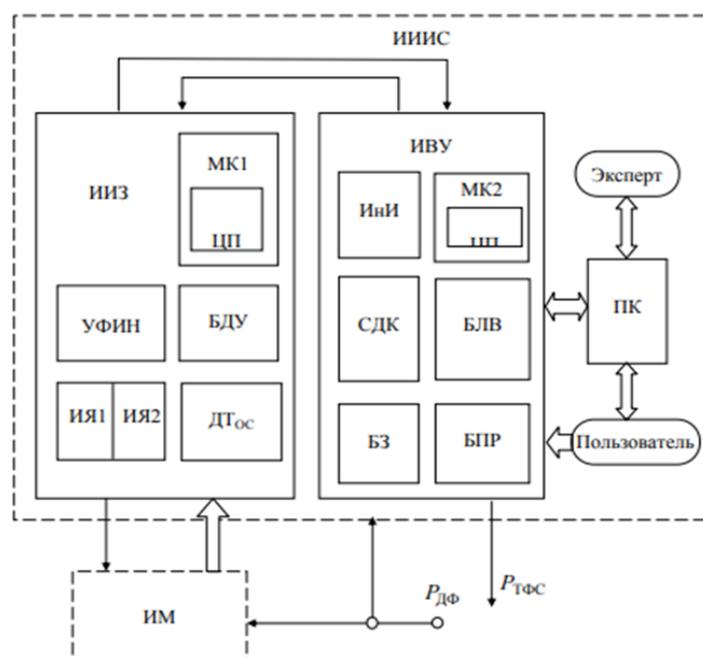
Э. М. П. Индула, З. М. Селиванова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: precieuseyindoula@gmail.com)

Для расширения функциональных возможностей измерительных систем и повышения эффективности результатов при допусковом контроле (ДК) теплопроводности строительных материалов предлагается использование интеллектуального информационно-измерительного средства (ИИИС) на основе использования теории нечетких множеств, принятия решения в условиях неопределенности для достижения поставленной цели – получение достоверной информации о теплофизических свойствах ( $P_{ТФС}$ ) различных видов строительных материалов [1 – 3].

Разработано ИИИС допускового контроля (ДК) ТФС исследуемых материалов (ИМ), представленное на рис. 1.



**Рис. 1. Структура интеллектуального информационно-измерительного средства допускового контроля материалов:**

ИИЗ – интеллектуальный измерительный зонд, МК1, МК2 – микроконтроллеры; ЦП – цифровой преобразователь, УФИН – устройство формирования импульсов нагрева, БДУ – блок дифференциального усилителя, ИЯ1, ИЯ2 – измерительная ячейка; ДТос – датчик температуры окружающей среды, ИВУ – интеллектуальное вычислительное устройство, ИИИ – интеллектуальный интерфейс, СДК – система допускового контроля, БЛВ – блок логического вывода, БЗ – база знаний, БПР – блок принятия решений, ПК – персональный компьютер

Методы искусственного интеллекта используются в структурных компонентах ИИИС: ИИЗ, ИВУ, применяющих для реализации заданных функций НК ТФС строительных материалов при влиянии дестабилизирующих факторов ( $R_{ДФ}$ ) микроконтроллеры. Данные теплофизических экспериментов отражены в табл. 1.

### 1. Обработка данных теплофизических измерений

Материал	Образцовые данные		Данные экспериментов		Погрешности измерений	
	$a, м^2/с \cdot 10^{-7}$	$\lambda, Вт/(м \cdot К)$	$a, м^2/с \cdot 10^{-7}$	$\lambda, Вт/(м \cdot К)$	$\delta_a, \%$	$\delta_\lambda, \%$
Бетон	1,58	0,54	1,64	0,56	3,79	3,70
Цемент	0,86	0,84	0,89	0,87	3,49	3,57
Дерево	4,84	0,15	5,02	0,156	3,72	4,00
Асбест	5,52	0,65	5,70	0,67	3,26	3,08

Допусковый контроль ТФС строительных материалов позволяет повысить точность определения ТФС материалов и снизить процент брака при их производстве на промышленных предприятиях. Относительная погрешность определения ТФС материалов соответствует требованиям.

### Библиографический список

1. Пастушков, П. П. О проблемах определения теплопроводности строительных материалов / П. П. Пастушков // Строительные материалы. – 2019. – № 4. – С. 57 – 64.
2. 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.
3. Зырянов, Ю. Т. Применение энергосберегающих технологий для автоматизированного управления модульными котельными / Ю. Т. Зырянов, А. В. Петров // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2011. – № 3(39). – С. 13 – 17.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Р. В. Казюлин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: kazyulin84@mail.ru)

Интерес к разработке интеллектуальных систем управления проявляется во всех развитых странах и объясняется тем, что стандартные технологии уже не обеспечивают требуемого уровня качества управления, так как не учитывают влияние воздействующих неопределенностей разного рода. В свою очередь модернизация уже существующих методов управления зачастую не дает нужного результата, ввиду того, что эти методы уже достаточно сложны. К тому же при выполнении на цифровых элементах возникают определенные трудности. Например, трудности обеспечения устойчивости системы управления.

Другая причина кроется в преимуществах стремительно развивающихся интеллектуальных технологий. Эти преимущества очевидны и их применение позволяет рационализировать методы управления. Имеющаяся на данный момент элементная база вполне удовлетворяет требованиям к проектированию ИСУ.

При условии использования нынешних элементов в проектировании интеллектуальных систем появляется ряд сложностей, таких как: требуемый объем знаний, их формирование и представление и др. Поэтому в настоящее время актуален вопрос создания новой элементной базы для выполнения специальных процедур в нейросетях. Это обучение, управление и обработка информации.

Еще одна причина кроется в последующем развитии данных технологий управления на различных уровнях.

Базовыми интеллектуальными технологиями являются:

- технология экспертных систем;
- технология нечеткой логики;
- технология нейросетевых структур;
- технология ассоциативной памяти.

При конструировании ИСУ в большинстве случаев применяют технологии нейронных сетей и нечеткой логики, для минимизации и отслеживания ошибки применяется генетический алгоритм.

Нечеткая логика использует принцип нечетких множеств, которые соотносят значения физических величин к предопределенным понятиям.

Производя преобразование вектора входных сигналов в вектор выходных сигналов, система нечеткой логики использует механизм нечеткого вывода. Он базируется на заложенных человеком знаниях.

Нейронные сети представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров. Они выступают в роли нейронов. Они предельно просты, особенно в сравнении с процессорами для персональных компьютеров. Каждый процессор имеет дело только с сигналами, которые он получает, и сигналами, которые он посылает другим нейронам. Однако такие простые процессоры в совокупности позволяют решать весьма сложные задачи.

Нейронная сеть отличается возможностью обучения, а не программирования. Это является ее главным преимуществом.

Обучение представляет собой нахождение коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет дать нужный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке.

Применение ИСУ в радиотехнических системах позволит управлять диаграммой направленности антенной решетки, чтобы сформировать ее в направлении абонента при изменяющихся условиях окружающей обстановки, и тем самым повысить качество услуг, предоставляемых провайдером.

### **Библиографический список**

1. Воскресенский, Д. И. Устройство СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток : учебное пособие для вузов / Д. И. Воскресенский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Радиотехника, 2012. – 744 с.

2. Воскресенский, Д. И. Бортовые цифровые антенные решетки и их элементы / Д. И. Воскресенский, Е. В. Овчинникова, П. А. Шмачилин. – М. : Радиотехника, 2013. – 208 с.

3. Григорьев, Л. Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках / Л. Н. Григорьев. – М. : Радиотехника, 2010. – 144 с.

4. Зырянов, Ю. Т. Антенны : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, О. А. Белюсов, П. А. Федюнин. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Лань, 2016. – 416 с.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

**Р. В. Казюлин, Н. Г. Чернышов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: kazyulin84@mail.ru)

В последнее время всю большую популярность набирают беспроводные системы широкополосного доступа, которые подразумевают обеспечение соединений со скоростями передачи более 1,544 Мбит/с (T1) или 2,048 Мбит/с (E1). Основной целью развертывания данных сетей является предложение экономически эффективных решений для создания широкополосных сетей доступа с целью доставки различного контента. В соответствии с этим оборудование широкополосного беспроводного доступа использует радиочастоты в диапазонах от 2 до 60 ГГц. Преимущество систем беспроводного широкополосного доступа заключается в следующем: быстрый монтаж абонентского оборудования системы; гарантируемое высокое качество сервиса в зоне покрытия; простота реконфигурации сети для абонента в зоне покрытия сектора без дополнительных затрат на прокладку стационарной линии связи и т.д.

Поэтому для реализации всех сервисных возможностей систем беспроводного широкополосного доступа необходимо использовать высокоэффективные антенные системы. Ключевую роль в эффективности данных систем играют антенно-фидерные устройства.

Антенно-фидерные устройства предназначены для работы в радиотехнических системах, которые используют для передачи данных свободное распространение радиоволн. Функции антенн в указанных системах сводятся к излучению электромагнитных волн. Различают приемные и передающие антенны, которые подключаются либо к приемнику, либо к передатчику. Огромную роль в работе антенн играет фидер (линия передач), которая от генератора к антенне передает энергию или от антенны к приемнику. К основным требованиям фидера относятся его электрогерметичность и малая тепловая потеря.

В системах беспроводного широкополосного доступа, для повышения устойчивости работы в условиях не прямой видимости и сложной электромагнитной обстановки (загруженность спектра) применяются цифровые антенные решетки. Применение антенных решеток позволяет в соответствии с заложенным алгоритмом формировать требуемые диаграммы направленности на прием и передачу.

Антенная решетка – это совокупность идентичных излучающих (приемных) элементов, расположенных в определенном порядке и питаемых от одного

или нескольких когерентных источников. Отдельные антенны, из которых состоят решетки, обычно называют излучающими элементами, независимо от того, работают ли они в режиме передачи или приема.

В качестве излучающих элементов антенных решеток применяют вибраторные, щелевые, волноводные, рупорные, зеркальные, линзовые антенны, а также антенны бегущей волны – спиральные, волноводные каналы.

К антеннам современных радиотехнических систем предъявляется много требований, среди которых решающее значение имеют следующие два:

1. Направленность действия, то есть распределение электромагнитной мощности в пространстве по определенной закономерности.

2. Излучение или радиоприем должны сопровождаться минимальными потерями электромагнитной мощности на нагрев проводников и диэлектриков антенны, то есть антенна должна иметь высокое КПД.

Проблема достижения высокого КПД особенно остро проявляется при создании антенн, размеры которых малы по сравнению с длиной волны.

Развитие современной техники, в частности обеспечение надежной связи с летательными аппаратами, ставит задачу разработки не выступающих бортовых антенн с диаграммами направленности, близкими к диаграммам ненаправленных антенн, и в некоторых случаях антенн со специальными поляризующими характеристиками.

### **Библиографический список**

1. Широкополосные сети передачи информации / Вишневский В. М., Ляхов А. И., Портной С. Л., Шахнович И. В. . – М. : Техносфера, 2005. – 592 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. Фролов, А. А. Моделирование характеристик антенн СВЧ-диапазона / А. А. Фролов, С. В. Гирич, В. П. Заярный // Изв. Волг ГТУ. – Волгоград : Известия Волг ГТУ, 2008. – С. 112 – 114.

4. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток : учебное пособие для вузов / под ред. Д. И. Воскресенского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Радиотехника, 2012. – 744 с.

5. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия-Телеком, 2006. – С. 333 – 342.

## СЕТЕВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ЖГУТОВ

**А. В. Калачников, Д. Ю. Волков, Д. В. Шамгунов, А. В. Печаткин**  
Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия  
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Бортовая радиоэлектронная аппаратура представляет собой комплекс оборудования, функционирование которого невозможно без взаимной связи друг с другом. Эта связь осуществляется на основе разнообразных проводных соединений, имеющих сложную структуру, значительную протяженность и допускающих выполнение соединений непосредственно на контактах разъемов [1, 2].

В настоящее время контроль целостности кабельно-жгутовых изделий (КЖИ) в основном осуществляется вручную на основе простейших аналоговых или цифровых измерителей (тестеров), при этом увеличивается трудоемкость выполняемых операций, возрастает время диагностики и повышается вероятность субъективных ошибок оператора, приводящих к ошибкам при испытании оборудования и возвращении жгута на доработку.

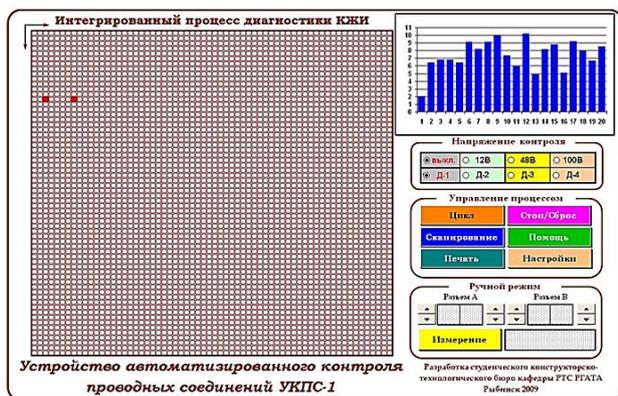
Имеющаяся статистика показывает, что в зависимости от сложности КЖИ процент брака может превышать 60% в результате выхода за пределы установленного допуска хотя бы одного контролируемого параметра качества.

Ранее в студенческом конструкторско-технологическом бюро кафедры РТС РГАТУ имени П. А. Соловьева был разработана программно-аппаратная система контроля проводных соединений УКПС-1, которая была изготовлена и успешно внедрена на предприятии-партнере – АО «Ярославский радиозавод» – рис. 1, 2 [1].

Успешная эксплуатация прибора показала корректность предложенных решений, однако выявила необходимость расширения выполняемых им функций при сохранении общей конфигурации.



**Рис. 1. Реализация базового варианта системы контроля УКПС-1**



Виртуальное КЗИ 10x10	Редактирование	Очистка	Контроль	Сохранение	
Максимально допустимое сопротивление соединения, Ом	5,00	Минимально допустимое сопротивление изоляции, Ом		9,00	
Размерность кабельно-жгутового изделия (количество контактов разъемов)		8 x 7			
Соединений	4	Соединений	8	Соединений	1
Номера контактов	Сопротивление, Ом	Номера контактов	Сопротивление, Ом	Номера контактов	Сопротивление, Ом
4-5	1	1-1	1	5-7	5
6-7	1	2-2	2		
6-8	1	3-3	3		
7-8	1	4-4	2		
		5-4	3		
		6-6	3		
		7-6	2		
		8-6	1		

Рис. 2. Примеры диалоговых окон УКПС-1

Новые функции: сетевая реализация станций с управлением одним оператором; возможность автономной работы вне рабочей станции с загрузкой диагностических сценариев с помощью карты памяти или сетевого интерфейса и сохранения результатов теста по каждому КЗИ; считывание штрих-кода или QR-кода проверяемого КЗИ и его интеграция в формируемый цифровой паспорт изделия; измерение сопротивления проводов и сопротивления изоляции в диапазоне от 10 мОм до 50 МОм; контроль целостности КЗИ, выполненных на основе коаксиальных и симметричных линий, благодаря контролю комплексного сопротивления и измерения индуктивности и емкости; использование графического интерфейса и совмещенных визуализированных органов управления на передней панели прибора (станции); расширение диапазона контрольно-испытательных напряжений до 200 В; введение радио интерфейса стандарта IEEE 802.11n и проводного интерфейса Ethernet.

Обновление контрольно-измерительного комплекса позволит до конца реализовать ранее заложенный потенциал, в том числе благодаря интеграции прибора в систему Менеджмента Качества предприятия.

### Библиографический список

1. Болотеина, Н. В., Автоматизация контроля кабельных изделий в производстве авионики воздушных летательных и космических аппаратов / Н. В. Болотеина, Д. А. Смирнов // Гагаринские чтения : материалы Междунар. науч. конф. молодых ученых. – М. : МАТИ им. Циолковского, 2009.

2. Болотеина, Н. В. Повышение эффективности контроля кабельных изделий для воздушных и космических аппаратов / Н. В. Болотеина, Д. А. Смирнов // Туполевские чтения : материалы Междунар. науч. конф. молодых ученых. – Казань : КГТУ им. Туполева, 2009.

# СИНТЕЗ И АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

**Б. Т. Каримов<sup>1</sup>, Г. Т. Каримова<sup>2</sup>**

Кыргызский государственный технический университет  
им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика  
(e-mail: b.karimov@kstu.kg, k.gulpece@kstu.kg)

В этом докладе рассмотрена реализация метода слияния спутниковых данных, который улучшает дешифрование цифровых изображений и повышает качество изображения для дальнейшего визуального анализа. Для синтеза взяты мультиспектральный снимок с разрешительной способностью в 30 м Landsat 5 с 6 каналами, из которых использованы три более существенных и информативных по своему составу, а также панхроматический (монохромный) снимок с разрешением 15 м. Для оценки разрешения снимков и полученного результирующего снимков до и после проведения алгоритма синтеза представлены срезы изображений вдоль прямой и пересекающей зданий, зеленой массы, дорог и промышленных зон. Для тестирования использованы тестовые территории, взятые с Google Earth и результаты полевых работ.

В результате синтеза двух снимков, получен результирующий снимок, который после применения методов улучшения, путем фильтрации от шумов и помех выглядит следующим образом (рис. 1).



**Рис. 1. Синтезированный снимок, готовый к классификации**

Проекция цветовых каналов RGB на плоскость, которая перпендикулярна к серой линии и касательной к кубу в самом дальнем от начала координат углу. Проецировав цветовые каналы RGB к плоскости, получен шестиугольник с яркость серого.

Анализ полученных результатов методов синтеза снимка показал, что коэффициент корреляции между результирующими многозональными и монохромными изображениями оказывается меньше, чем коэффициент исходного изображения. Данное значение изменяется вследствие введения в многозональный снимок информации монохромного изображения, но не приводит к частичной потере цветовой информации, которая так важна при классификации снимков и создании тематических карт.

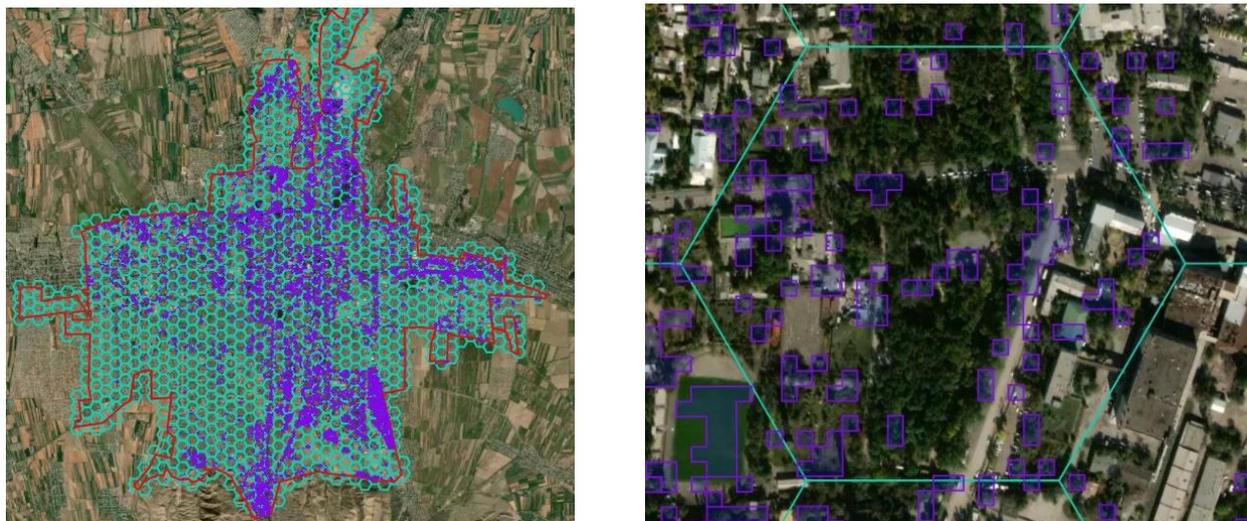


Рис. 2. Гексагон с пикселями изменений

### Библиографический список

1. Цифровая обработка аэрокосмических изображений [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Б. Кашкин, А. А. Баскова, Т. В. Рублева, А. С. Власов. – 2008.
2. Титаренко К. Методы слияния геоинформационных данных и их реализация на параллельных компьютерных системах. – Интернет-ресурс.
3. G. Simone, A. Farina, F.C. Morabito, S.B. Serpico, L. Bruzzone. Image fusion techniques for remote sensing applications [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – URL: [www/http://rslab.disi.unitn.it/papers/R21-IF.pdf](http://www/http://rslab.disi.unitn.it/papers/R21-IF.pdf).
4. QuickBird Satellite Images and Sensor Specifications [Electronic resource]. – URL: <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/quickbird.html>.
5. Image fusion and pan-sharpening: the big picture [Electronic resource]. – Интернет-ресурс.

# **ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПОСТАНОВКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ БАРЬЕРОВ ДЛЯ ЛЕГКИХ БПЛА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ РАДИОПЛАТФОРМ**

**Р. Д. Карих, Н. В. Заходякин, Д. В. Помещиков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: KarikhRD@yandex.ru)

В настоящее время использование БПЛА развивается в геометрической прогрессии. Граждане активно применяют беспилотные летательные аппараты, не соблюдая мер безопасности и законодательства, что приводит к несанкционированным пролетам над территориями предприятий, мест массовых скоплений, что повышает риск происшествий.

В связи с этим актуальным является построение систем постановки пространственных барьеров, которая поможет в реальном времени обнаружить данный беспилотный летательный аппарат, подменить координаты и увести в сторону.

Тут можно сказать, что применение программно-определяемых радиоплатформ в системах постановки пространственных барьеров добавит большую универсальность и расширит возможности таких систем в борьбе против беспилотных летательных аппаратов.

Программно-определяемая радиосистема – радиопередатчик и(или) радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность, за исключением изменения рабочих параметров, используемых в ходе обычной предварительно определенной работы с предварительными установками радиоустройства, согласно той или иной спецификации или системы [1].

Здесь можно выявить несколько преимуществ, которые дает нам программно-определяемая радио платформа. В первую очередь это диапазон частот. При использовании программно-определяемой радио платформы, диапазон частот, на котором мы можем обнаружить малогабаритный беспилотный летательный аппарат, увеличивается и может достигать вплоть до 9 ГГц [2].

Так же можно отметить использование программного обеспечения, которое даст возможность создания полноценной автоматизированной системы, благодаря которой радиочастотный спектр будет контролироваться автономно и при необходимости круглосуточно. Следовательно это дает возможность

применения инновационных технологий нейронных сетей, так будет производиться сбор данных, запись неизвестных спектральных событий и выдача оповещения при обнаружении неизвестных сигналов [3].

Программно-определяемая радио платформа даст возможность перехватывать любой вид спутниковой системы навигации: GPS, Beidou, DORIS, Galileo, ГЛОНАСС. Это позволит в дальнейшем подменять координаты беспилотного летательного аппарата и безопасно уводить его в сторону, тем самым повышая защиту покрываемой территории [4].

Достигается это путем эмуляции геолокационного спутника системы навигации, соответствующей используемой беспилотным летательным аппаратом. Программно-определяемая радиоплатформа может определить используемую геонавигационную систему по передающим частотам и эмулировать спутник с измененной системой координат. БПЛА подключается к ближайшему спутнику и перемещается по собственным координатам по измененной карте [5].

Таким образом, из всего выше сказанного, можно сказать, что применение программно-определяемой радиоплатформы при построении систем постановки пространственных барьеров для легких БПЛА, дает большие возможности и позволяет в автономном режиме в реальном времени осуществлять защиту.

### Библиографический список

1. Jones E. Software Defined Radios, Cognitive Radio and the Software Communications Architecture (SCA) in relation to COMMS, radar and ESM // Cognitive Radio and Software Defined Radios : Technologies and Techniques. – 2008. – IET Seminar.

2. Синтез квадрифилярного излучателя для радиолокационных станций аэрологического зондирования / М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов, А. Ю. Дмитриевцев, М. М. Кирюпин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – № 3, Т. 27. – С. 345 – 355. – DOI: 10.17277/vestnik.2021.03.pp.345-355

3. Development of antenna system for use in meteorological and climatic control complexes / М. А. Kudryashov, О. А. Belousov, V. I. Tetyukhin et al. // Journal of Physics: Conference Series : 15, Virtual, Online, 09 – 11 ноября 2021 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 012094. – DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012094. – EDN XFZPAE.

4. Блейхут, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут ; пер. с англ. – М., 1989. – 448 с.

5. Синтез излучателя для сетей беспроводного широкополосного доступа на основе замедляющих электродинамических структур / А. Ю. Дмитриевцев, О. А. Белоусов, М. А. Кудряшов, В. И. Тетюхин, М. М. Кирюпин // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 36 – 45.

## **АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРА ПОМЕХ ОТ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, В. В. Носков, А. А. Мамедов**  
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: mik6339@yandex.ru)

В настоящее время, одной из актуальных задач по обеспечению безопасности от причиняемого вреда беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) является развитие и разработка комплексов для обнаружения и противодействию данным объектам. Данные системы, по функциональным возможностям, подразделяются на два блока – это блок радиолокации, или блок распознавания объектов, и блок постановки направленной помехи на цель. Весь комплекс должен обладать следующими требованиями: быстродействием, помехоустойчивостью к внешним воздействующим факторам, способность модификации диаграммы направленности под разные типы объектов, а также обучение системы в реальном масштабе времени и так далее. Одним из классических радиолокационных методов обнаружения для таких систем является автоматический обнаружитель на основе анализа характера помех, принцип работы которого рассмотрим далее.

Принцип работы данной системы заключается в следующем. Входной сигнал поступает на анализатор помех, в котором определяется к какому типу относится помеха в момент принятия решения [1]. Затем на основе выявленного анализатором типа помех выбирается решающее правило, взятое из базы данных системы для выделения сигналов на фоне помех этого типа.

Достоинством такого построения системы первичного обнаружения является присущая ей физическая наглядность. Определение типа помех и дальнейшее применение алгоритма обнаружения для точно известных помех должно определять оптимальную обработку, но только при условии абсолютной достоверности выводов анализатора помех. В то же время статистический характер вектора наблюдений, по которому принимает решение анализатор помех, не позволяет достичь такой достоверности. С точки зрения статистиче-

ской теории принятия решений, анализ помех представляет собой многоальтернативную задачу различения гипотез, решение которой само по себе является сложной математической проблемой, не имеющей однозначного решения. Основные трудности при этом заключаются в выработке правильных требований к матрице ошибок, описывающих возможные варианты неправильного определения типов помех. Традиционным подходом к этой проблеме является оптимизация вероятностей различения типов помех на основе общих соображений [2]. Таким образом, задачи анализа помех и дальнейшего обнаружения целей на основе проведенного анализа искусственно разделяются и их оптимизация проводится изолированно, т.е. отдельно решаются задачи различения помех на основе каких-либо критериев математической статистики, например, максимума функции правдоподобия, максимума апостериорной вероятности или других, и собственно задачи обнаружения, решаемой на основе подхода Неймана-Пирсона для каждого отдельно взятого типа помех из рассмотренного набора в предположении абсолютно полной уверенности в воздействии помех именно выбранного типа. Подобное разделение задач не позволяет корректно учесть тот факт, что на вход каждого из имеющегося набора обнаружителей с определенной, отличной от нулевой, вероятностью могут воздействовать помехи любого типа.

Таким образом, традиционные методы автоматического обнаружения, основанные на использовании анализаторов помех, несмотря на присущую им физическую наглядность, имеют ряд существенных недостатков. Проведенный выше анализ свидетельствует о значительных трудностях, связанных с разработкой эффективных автоматических обнаружителей радиолокационных сигналов. Для повышения качества их работы в сложных условиях предлагается вместо сложного математического аппарата исчислений реализовывать данный метод на базе нейросетевых методов. В последующем, полученные и обработанные данные синтезированными нейросетевыми алгоритмами, будут использоваться для эффективной постановки пространственного барьера при защите от беспилотных летательных аппаратов блоком постановки помех на цель исследуемого комплекса.

### **Библиографический список**

1. Радиолокационные системы: основы построения и теория : справочник / под ред. Я. Д. Ширмана. – М. : ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.
2. Татузов, А. Л. Нейронные сети в задачах радиолокации / А. Л. Татузов. – М. : Радиотехника, 2009. – Кн. 28. – 432 с.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБМЕН МЕЖДУ РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ СТАНЦИЯМИ**

**А. А. Коньшин, И. В. Тюрин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: neo.04@mail.ru, tyrinilja@yandex.ru)

Для обеспечения информационного обмена между радиолокационными станциями используются реализованные в современных радиолокационных системах протоколы информационного взаимодействия. Обмен информацией осуществляется в виде кодограмм (сообщений) по локальной вычислительной сети (ЛВС) Ethernet 10/100 Base-TX.

Данный обмен осуществляет процессорный модуль из состава ЭВМ КРТ 01, функционирующей в «активном» режиме, через групповое устройство преобразования сигналов ГУПС-008КМ-16, выполняющее функции коммутатора ЛВС Ethernet [1].

Сопряжение радиолокационных станций осуществляется по двум линиям ЛВС Ethernet – основной и резервной. Переключение на резервную линию (при отказе основной) автоматически осуществляется ГУПС-008КМ-16.

Два комплекта ЭВМ КРТ 01 и ГУПС-008КМ-16 размещаются в шкафу 276ЦЦ02. Аппаратура и терминал управления и контроля технического состояния обеспечивают:

- управление режимами работы радиолокационных станций и их систем и устройств с виртуальных органов управления на экране видеомонитора ЭВМ;
- переключение комплектов аппаратуры (основных и резервных) в автоматическом и ручном режимах;
- включение (отключение) режимов контроля аппаратуры радиолокационной системы и отображение его результатов на экране видеомонитора;
- отображение на экране видеомонитора в окне индикатора курса и глиссады радиолокационной информации в реальном масштабе времени, а также различной служебной и справочной системе;
- организации связи абонентов сети Ethernet с каналами тональной частоты (ТЧ) в соответствии с требованиями ГОСТ 25007–81 [2];
- организации связи абонентов сети Ethernet с внешними абонентами интерфейсам RS-422;
- организации сети Ethernet с использованием встроенного коммутатора.

Изменение уровней сигнала обеспечивает одновременную двухстороннюю передачу/прием информации от восьми встроенных устройств преобразования сигналов (УПС) по восьми некоммутируемым каналам ТЧ с четырехпроводным окончанием на скоростях, приведенных в таблице 1[1].

**Таблица 1**

№ п/п	Скорость, бит/с	Рекомендации ITU-T
1	9600, 7200, 4800	V.29
2	4800	V.27bis
3	2400, 1200	V.26bis
4	1200, 600	V.23

В свою очередь групповое устройство преобразования сигналов (ГУПС) обеспечивает работу при измерении уровней входных сигналов каждого УПС:

- от –26 до 0 дБ при работе в режимах согласно п. 1, ..., п. 3 табл. 1;
- от –43 до 0 дБ при работе в режимах п. 4 табл. 1;
- регулировку уровней выходных сигналов каждого УПС от –26 дБ ступенями по  $(2 \pm 1)$  дБ [2].

### **Библиографический список**

1. Радиолокационные комплексы и системы управления [Электронный ресурс] [https://aviationunion.ru//7/Nom\\_7\\_LEMZ.pdf](https://aviationunion.ru//7/Nom_7_LEMZ.pdf). (дата обращения: 15.01.2023).
2. Государственный стандарт союза ССР [Электронный ресурс]. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200021911> (дата обращения: 10.01.2023).

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ АППАРАТНО-ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**А. А. Коньшин, И. В. Тюрин**

Тамбовский государственный технический университет  
(e-mail: [neo.04@mail.ru](mailto:neo.04@mail.ru), [tyrinilja@yandex.ru](mailto:tyrinilja@yandex.ru))

Аппаратура объективного контроля (ОАК) представляет собой многоканальную цифровую систему регистрации звуковых и радиолокационных сигналов и предназначена для записи, воспроизведения переговоров по каналам связи синхронно с радиолокационной информацией [1].

Оборудование ОАК по функциональному назначению делится на две основные части [2]:

- аппаратура записи/воспроизведения;
- аппаратура регистрации и расшифровки.

Дублированная аппаратура записи и воспроизведения содержит:

- два идентичных комплекта записи;
- терминальное оборудование;
- коммутационное оборудование.

Рационально предоставляется возможным внесение доработки в возможности данной аппаратуры:

- проведение комплекса мероприятий для многоканальной записи звуковых и радиолокационных источников с сохранением информации за контрольный период, как на сменные носители, так и без использования сменных носителей;

- добавление функции текущего контроля записи радиолокационных источников с отображением информации на индикаторе диспетчерского радиолокатора;

- добавление утилит по диагностике системы, формирования и индикации сигналов о событиях в системе и неисправностях;

- усовершенствование контроля текущей записи расширенной функциональной возможностью контрольного прослушивания, управления режимами и параметрами записи по каждому каналу;

- применением в аппаратуре объективного контроля носителей информации большей емкости, что позволит отказаться от применения сменных носителей информации. Использование буферного накопителя системного блока комплекта записи в каждый момент работы аппаратуры с содержанием информации за истекший контрольный период. Запись в буферном накопителе будет осуществляться циклически. В процессе записи буфер заполняется файлами, содержащими информацию от всех записываемых источников данных. – включение в штатном режиме работы двух комплектов аппаратуры в запись, что обеспечит 100% резервирования записанной информации;

- добавление алгоритмов сжатия информации, позволяющие существенно снизить требования к объему сменных и буферных накопителей;

- введение возможности экономии места на носителе путем вырезания пауз поступления речевой информации;

- добавление функции защиты аппаратуры объективного контроля путем внедрения средств администрирования от несанкционированного доступа. Для поддержания порядка настройки и эксплуатации аппаратуры объективного контроля для каждого пользователя обязательно формирование учетной записи.

Учетная запись будет содержать сведения о правах доступа данного пользователя к функциям каждого модуля АОК;

– модернизация аудиосистемы прослушивания записи, путем замены аппаратуры на более, усовершенствованный и качественный комплект.

### **Библиографический список**

1. Ведение объективного контроля [Электронный ресурс]. – URL : [https://studref.com/438456/tehnika/vedenie\\_obektivnogo\\_kontrolya](https://studref.com/438456/tehnika/vedenie_obektivnogo_kontrolya) (дата обращения: 15.04.2023).

2. Комплекс средств автоматизации УВД Альфа [Электронный ресурс]. – URL : <https://infopedia.su/15x13834.html> (дата обращения: 16.04.2023).

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОГО РАДИОЛОКАТОРА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ РАДИОПЛАТФОРМЫ**

**И. Н. Кочетов, Д. В. Помещиков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,  
(e-mail: [igor.kochetov.97@mail.ru](mailto:igor.kochetov.97@mail.ru), [rebirth263@gmail.com](mailto:rebirth263@gmail.com))

В настоящее время широко распространено использование малых беспилотных летательных аппаратов (дронов, квадрокоптеров). Не смотря на наличие законов, регламентирующих использование БПЛА, возможно совершение различных неправомерных действий: сбор секретных сведений, терроризм, промышленный шпионаж и многое другое.

Для избегания подобных негативных событий разработаны специализированные комплексы. Они состоят из различных систем обнаружения, вычислительного блока и систем противодействия.

Эффективное противодействие невозможно без средств обнаружения, работающих с применением акустических, оптических, радиочастотных и радарных систем.

В процессе бурного развития микроэлектроники появились конфигурируемые приемопередатчики (трансиверы), выполненные в микросхеме, которые лежат в основе программно-определяемых платформ – устройств, позволяющих в зависимости от программных настроек изменять свои параметры [1]. Благодаря этому сложная система радиолокатора (рис. 1) значительно упрощается, что позволяет значительно улучшить качество системы обнаружения [2].

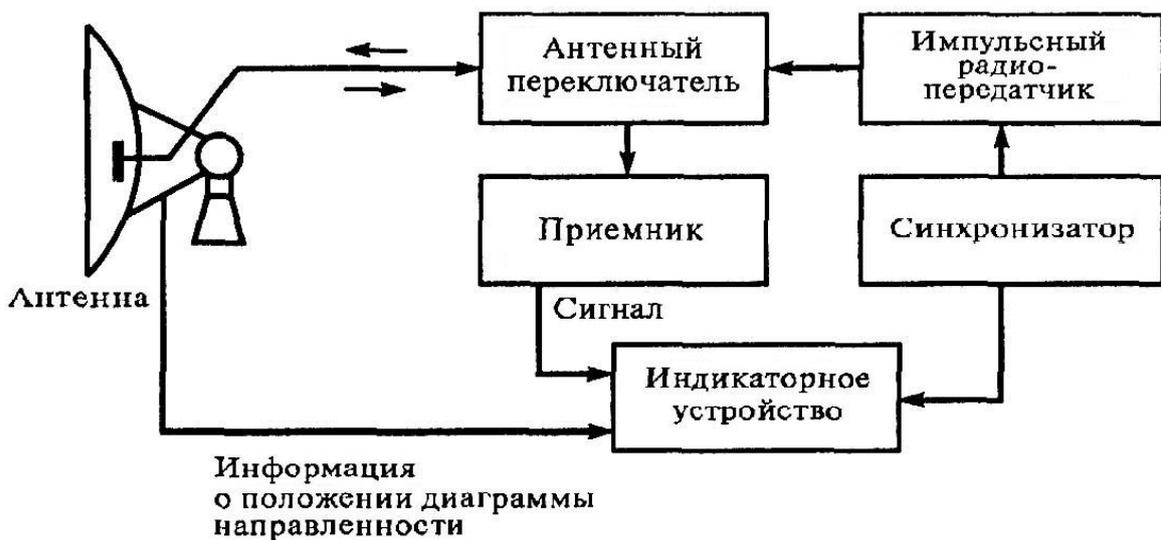


Рис. 1. Структурная схема активного импульсного радиолокатора

Данный комплекс эффективно работает в диапазоне частот 3...6 ГГц. Для одновременной работы устройства как на прием, так и на передачу, необходимо наличие дуплексеров. Однако не стоит забывать и о конфигурации самой антенны, которая должна обнаруживать БПЛА с любого направления. Для этих целей максимально эффективно будет использование кольцевой адаптивной фазированной антенной решетки (АФАР) (рис. 2) [3]. АФАР позволяет создавать узкий луч диаграммы направленности, а кольцевая форма дает покрытие в 360°.

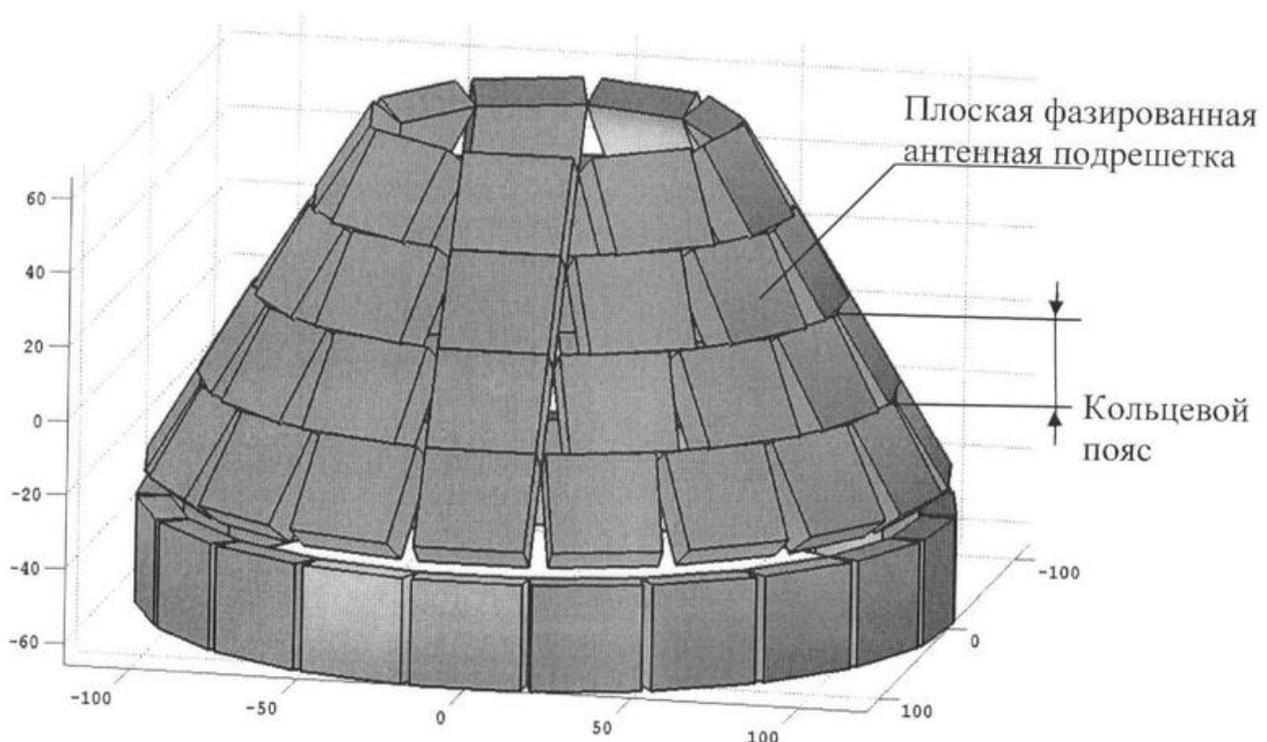


Рис. 2. Один из вариантов реализации кольцевой АФАР

## Библиографический список

1. Галкин, В. А. Основы программно-конфигурируемого радио / В. А. Галкин. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 372 с.
2. Бердышев, В. П. Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т . – 2011 – 400 с.
3. Пистолькорс, А. А. Введение в теорию адаптивных антенн / А. А. Пистолькорс, О. С. Литвинов. – М. : Наука, 1991. – 200 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ РАДИАЦИОННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

**В. С. Кувшинников, Е. Е. Ковшов**

АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт  
монтажной технологии – Атомстрой», Москва, Россия  
(e-mail: KuvshinnikovVS@atomrus.ru, KovshovEE@atomrus.ru)

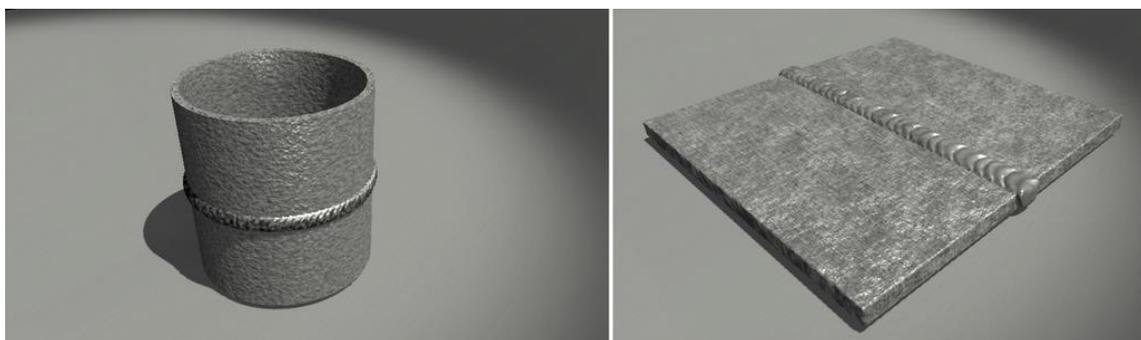
Симулятор лаборатории промышленной радиографии представляет собой лабораторию, выполненную в среде виртуальной реальности (VR) с цифровыми двойниками объектов неразрушающего контроля (НК), технологическим и вспомогательным оборудованием, приборами, средствами измерений и контроля для получения радиографического или радиоскопического изображения на аналоговом или цифровом информационном носителе в результате радиационного вида НК. Процесс формирования цифровых двойников физических объектов для выполнения операции НК в виртуальной среде симулятора промышленной радиографии предполагает реализацию следующих последовательных шагов и действий, которые заключаются в следующем: агрегирование в базе данных под управлением промышленной СУБД цифровой программной платформы информации результатов НК на основании используемых физических методов контроля сварных соединений изделий из конструкционной или легированной стали; формирование геометрии цифрового двойника со сварным швом; создание текстуры цифрового двойника; придание двойнику физических свойств, необходимых и достаточных для выполнения контроля в виртуальной среде; формирование дефектов структуры сварного шва, околошовной зоны и основного металла; создание и верификация средств индикации и измерения результатов неразрушающего контроля; определение параметров цифрового двойника объекта для проведения неразрушающего контроля; формирование моделей и алгоритмов для проведения контроля; настройка параметров лучево-

го воздействия на цифровой двойник объекта контроля в том числе с учетом экранов и усилителей лучевого воздействия; получение результата взаимодействий цифровых двойников, участвующих в операции контроля – цифрового двойника рентгеновского изображения; оценка результатов выполненного радиографического исследования; получение физической/электронной копии виртуального рентгеновского изображения цифрового двойника объекта контроля.

Для создания моделей цифровых двойников объектов в промышленной радиографии при получении конечного изображения воспользуемся информацией, хранящейся в структуре базы данных цифровой платформы для сбора и обработки данных НК, физическими основами радиационного неразрушающего контроля, разработанными плагинами, а также – основными положениями и методами теории множеств. Цифровой двойник контроля со сварным швом  $D$  объекта неразрушающего контроля (рис. 1) может быть представлен в виде следующего кортежа

$$D = \langle G, F, W \rangle, \quad (1)$$

где  $G$  – множество геометрических параметров цифрового двойника объекта контроля;  $F$  – множество физических параметров основного материала цифрового двойника объекта контроля;  $W$  – множество параметров сварного шва цифрового двойника объекта контроля.



**Рис. 1. Цифровые двойники объектов НК со сварным швом**

Технологии цифровых двойников в настоящее время успешно развиваются и находят свое применение на всех этапах жизненного цикла изделия: от его конструкторско-технологического моделирования, до производства и эксплуатации, включая его неразрушающий контроль и техническую диагностику. Благодаря комплексному применению методов моделирования, сбора и анализа данных с использованием промышленного интернета вещей, методов искусственного интеллекта и машинного обучения, цифровые двойники позволяют смоделировать технологические операции производства изделия, включая опе-

рации неразрушающего контроля, взаимодействие с производственной и лабораторной средой и множество других факторов, влияющих на общую эффективность производства и обеспечение параметров выпускаемой продукции. Применение цифровых двойников отражает парадигму NDE 4.0 как составную часть управления жизненным циклом изделий с использованием результатов моделирования и цифровизации производственных процессов, включая операции НК.

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Д. А. Кузин, Л. Г. Стаценко, С. В. Брылина, Ю. В. Миргородская**  
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия  
(e-mail: kuzin\_da@dvfu.ru)

Вопросам распознавания гидроакустических объектов посвящено большое количество зарубежных и отечественных исследований. В литературе встречаются работы, описывающие применение глубокого обучения на основе сверточной нейронной сети (CNN) и глубокой нейронной сети для классификации шумов судна с использованием мел-частотных кепстральных коэффициентов и низкочастотного анализа записей (LOFAR) [1].

Исследователи в своих работах описывают применение генеративно-состязательных нейронных сетей, как один из методов глубокого обучения. Предлагается алгоритм нейросетевой обработки акустического сигнала, представленного во временной области, для разложения его на сигналы с различными частотными составляющими и дальнейшей классификации. Результаты экспериментов показывают точность классификации равную 81,96% [2]. Также в научных статьях предлагается алгоритм классификации на основе сверточной нейронной сети с помощью временных корреляций частотно-временного представления акустических шумов в качестве признаков. Извлечение признаков акустического сигнала производится в сверточном слое с помощью постоянного Q преобразования (вариация дискретного преобразования Фурье) [3].

Широко распространено использование существующих моделей нейронных сетей, которые анализируют изображения для решения задач классификации подводных объектов по их шумам. В работах ученых описывается применение нейронной сети VGG для классификации двух классов шумов по их LOFAR спектрограммам [4]. В другой работе используется глубокая нейронная

сеть GoogleNet. Исследователи применили быстрое преобразование Фурье для получения признаков акустических шумов в виде спектра [5].

В литературе представлены методы и модели, повторяющие механизм восприятия акустических сигналов слуховым аппаратом человека. В своих работах исследователи приводят вариант глубокой нейронной сети, использующей ряд многомасштабных фильтров в сверточном слое, для разложения необработанного шума, представленного во временной области, на шумы с различными частотными компонентами. Модель в результате экспериментов по классификации трех классов шумов судов и фонового шума обеспечивает точность около 82% [6]. В статье [7] описывается классификация шумов на основе сверточной нейронной сети, использующей два варианта механизма восприятия звука: модель слуховой улитки человека и модель слухового центра. Предложенная модель определяет типы судов четырех классов и фоновый шум с точностью около 87%.

Исходя из рассмотренных примеров, исследователи используют один или комбинацию из двух-трех признаков акустических шумов объектов, большинство исследований описывают представление признаков гидроакустических шумов в виде изображений, что требует большего объема памяти для хранения, больших вычислительных мощностей для обработки и большей полосы пропускания канала для передачи.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности по проекту № FZNS-2023-0008.

### **Библиографический список**

1. Применение методов машинного обучения для классификации акустических сигналов по спектральным характеристикам / Д. А. Кузин, Л. Г. Стаценко, П. Н. Анисимов, М. М. Смирнова // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2021. – № 3. – С. 48 – 54.
2. Yang H. et al. A deep convolutional neural network inspired by auditory perception for underwater acoustic target recognition // Sensors. – 2019. – Т. 19. – № 5. – С. 1104
3. Brown J. C. Calculation of a constant Q spectral transform // The Journal of the Acoustical Society of America. – 1991. – Т. 89. – № 1. – С. 425 – 434.
4. Yin X. et al. Underwater Acoustic Target Classification Based on LOFAR Spectrum and Convolutional Neural Network // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture. – 2020. – С. 59 – 63.

5. Zheng Y., Gong Q., Zhang S. Time-Frequency Feature-Based Underwater Target Detection with Deep Neural Network in Shallow Sea // Journal of Physics : Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1756. – № 1. – С. 012006.

6. Yadav S. S., Jadhav S. M. Deep convolutional neural network based medical image classification for disease diagnosis // Journal of Big Data. – 2019. – Т. 6. – № 1. – С. 1 – 18.

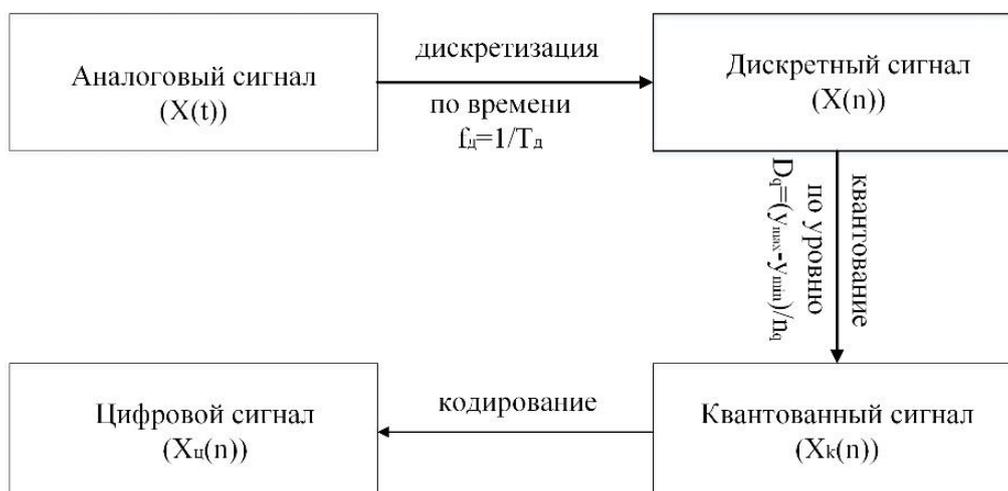
7. Shahnawazuddin S., Adiga N., Kumar K., Poddar A., Ahmad W. Voice Conversion Based Data Augmentation to Improve Children's Speech Recognition in Limited Data Scenario // INTERSPEECH. – 2020. – С. 4382 – 4386.

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**Р. Ю. Курносков, Т. И. Чернышова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Вопросы оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем является одной из важных проблем на этапе разработки и дальнейшей эксплуатации цифровых средств измерений. Многофункциональность современных цифровых средств измерений требует проведение метрологического анализа, основанного на построении математических моделей и реализации имитационного моделирования [1, 2]. Одним из основных функциональных узлов таких СИ является аналого-цифровой преобразователь, который преобразует измеряемую непрерывную величину в цифровой код, т.е. выходной сигнал АЦП. Процесс преобразования включает в себя следующие основные этапы: дискретизация измеряемой величины по времени, квантование ее по уровню и цифровое кодирование (рис. 1).



**Рис. 1. Основные этапы преобразования**

( $n_q$  – число уровней квантований;  $y_{\max}$ ,  $y_{\min}$  – максимальное и минимальное значение сигнала соответственно;  $T_q$  – период дискретизации)

Операторная форма аналого-цифрового преобразования имеет вид:

$$u_j^* = R_M R_{сч} R_K R_D u_j(t), \quad (1)$$

где  $R_M$ ,  $R_{сч}$ ,  $R_K$ ,  $R_D$  – операторы масштабирования, считывания, дискретизации, квантования и дискретизации соответственно;  $u_j^*$  – результат измерения величины входного сигнала  $u_j$ .

Уравнение (1) представляет аналого-цифровое преобразование как последовательность элементарных измерительных операций с учетом внесения в память ЭВМ значения идеального интервала квантования  $\Delta_K^и u$ . Выполнение вычисленного метрологического анализа требует наличия соответствующих АЗ в виде уравнения измерений математических моделей объектов, условий и СИ. Априорные знания для нахождения полной погрешности с учетом инструментальной погрешности квантования представлены выражением (2):

$$АЗ = (\lambda = \gamma = u, MM_u = (u_{1j} \in [0, 10] \vee u_{2j} \in [0, 2.5]), w(u_j), \Delta_K^и u = \frac{U_{1\max}}{256} \vee \frac{U_{2\max}}{256}), \quad (2)$$

$$M[\Delta_K u_j^*] = 0, D[\Delta_K u_j^*] = \frac{(\Delta_K^и u)^2}{12}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – истинное значение произвольной измеряемой величины;  $\gamma_j(t)$  – входное воздействие – носитель информации о значении измеряемой величины  $\lambda_j$ ;  $\Delta_K^и$  – идеальный интервал квантования;  $u_j$  – истинное значение измеряемой величины;  $MM_u$  – модель входного воздействия;  $D$  – дисперсия (квадрат среднеквадратического значения случайной составляющей погрешности);  $M$  – математическое ожидание;  $U_{\max}$  – максимальное входное напряжение;  $w$  – плотность распределения вероятности.

Таким образом, определение априорных знаний необходимо для проведения метрологического анализа рассматриваемого аналого-цифрового преобразования, которые позволят в дальнейшем получить аналитическое описание полной погрешности цифровых измерительных средств с учетом реализуемых в рассматриваемом блоке функциональных преобразований входного сигнала, что в конечном итоге позволит оценить метрологическую надежность проектируемого блока.

### Библиографический список

1. Цветков, Э. И. Метрология. Модели объектов, процедур и средств измерений. Метрологический анализ. Метрологический синтез / Э. И. Цветков. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. – 293 с.

2. Кондрашкова, Г. А. Метрологический анализ систем измерения и управления : учебное издание / Г. А. Кондрашкова, И. В. Бондаренкова, А. В. Черникова ; Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2017. – 134 с.

3. Курносов, Р. Ю. Оценка погрешности аналого-цифрового преобразования в информационно-измерительных системах / Р. Ю. Курносов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 155 – 162.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

**И. А. Матыцина, Л. А. Коробова, И. С. Толстова**

Воронежский государственный университет

инженерных технологий, Воронеж, Россия

(e-mail: irina210390@mail.ru)

На данный момент Министерство по чрезвычайным ситуациям (МЧС) располагает достаточно большим парком беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые не всегда эффективно используются при проведении различных работ. Зачастую мониторинг каких-либо территорий ведется в ручном режиме пилотирования, поэтому ни о каком эффективном мониторинге местности речь не идет. Внедрение модифицированной задачи коммивояжера в систему БПЛА при построении полетного плана позволит увеличить эффективность мониторинга местности и сведет к минимуму человеческий фактор ошибок при пилотировании БПЛА.

Рассматривается автономная система поиска браконьеров на базе БПЛА и зарядных станций. Предлагаемая система – это многофункциональная летающая платформа, использующаяся во многих промышленных задачах. Главный плюс этой платформы – сверхточная навигационная система и широкий спектр дополнительного оборудования, которым можно расширять функционал данной платформы и модернизировать его под конкретную задачу [1].

Сейчас для поиска пропавших людей зачастую используются волонтеры, которые в основном задействованы только в дневное время. Повысить эффективность поиска людей позволит использование дронов, оснащенных камерами с тепловым наблюдением, т.е., тепловизорами.

Как это работает? Изначально дрон может быть запрограммирован на автономный полет по определенной местности. Программирование дрона осуществляется на базе одноплатного микрокомпьютера *Raspberry Pi*. Также дроном можно управлять и в ручном режиме с помощью пульта управления. При обнаружении определенной температуры, заданной заранее, у дрона автоматически включается камера, и вся информация, включая данные местоположения, посылается оператору. Если дрон находится в автономном полете, то он автоматически подлетает к источнику излучения тепла. Далее решение следует от оператора. Если дрон обнаружил что-то несущественное, то оператор дает команду далее лететь дрону по изначально выбранному маршруту; а если же нашли того, кого искали, то по данным геолокации дрона, которые передаются оператору.

Данная система дронов очень универсальна. Дроны могут осуществлять поиск не только пропавших людей, но и искать браконьеров. Это также довольно актуальная проблема, ведь на сегодняшний день исчезают многие биологические ресурсы. Под этим мы подразумеваем незаконную добычу рыбы и животных. Данная проблема может привести к гибели, сокращению численности, либо же нарушению среды обитания многих животных.

Основной идеей проекта является разработка автономной системы, которая позволит определять нахождение некоторых объектов на определенных территориях (обнаружение людей). Система будет работать на базе квадрокоптеров и зарядных станций.

Помимо этого, система также может быть использована и для решения других задач в зависимости от необходимости, например, контролировать возникновение лесных пожаров, охранять поля и заповедники, осуществлять контроль за горнолыжными курортами, помогать фермерам и строителям [2].

При обнаружении системой каких-либо неисправностей, она оповещает оператора об ошибке, а затем пытается ее решить. При всем этом вмешательство человека минимально. Для оптимальной работы рекомендуется использовать не менее 2 зарядных станций и 1 дрона. Вся группировка дронов и зарядных станций является одним целым, они общаются и передают данные между собой, что практически на 90% исключает человеческий фактор, так как система все контролирует и посылает нужные команды на выполнение вместо человека.

## Библиографический список

1. Prototype mobile application definitions fresh products based on neural network / Korobova L. A., Tolstova I. S., Matytsina I. A., Mironova M. S. // Journal of Physics: Conference Series. Current Problems. «International Conference «Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems», AMCSM 2020». – 2021. – P. 012118.
2. Бугаев, Ю. В. Совершенствование работы менеджера в системах контроля данных / Ю. В. Бугаев, Л. А. Корбова, И. А. Матыцина // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. – 2020. – Т. 2. – С. 88 – 98.

## ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LoRa WAN

С. А. Нагих

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: nagikh2013@yandex.ru)

Интернет вещей (англ. internet of things, IoT) – концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащенных встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаящее из части действий и операций необходимость участия человека.

Интернет вещей – это новая стадия развития интернета, когда к нему подключено больше вещей, чем людей. Переход к ней случился в 2008 – 2009 годах, когда количество устройств в сети обогнало численность населения Земли.

IoT соединяет окружающие нас объекты в компьютерную сеть. Они обмениваются информацией между собой и работают без вмешательства человека и в режиме реального времени. По сути, это интернет, захватывающий реальный мир.

Внедрение интернета вещей стало возможным за счет широкого распространения интернета, смартфонов, беспроводных сетей, удешевления электронных компонентов и обработки данных. На практике IoT-системы обычно состоят из сети умных устройств и облачной платформы, к которой они подключены. К ним примыкают системы хранения, обработки и защиты собранных датчиками данных.

В марте 2015 года исследовательский центр известной компании IBM и корпорация Semtech, разрабатывающая в том числе интегральные схемы,

представили общественности новое решение, которое должно было решить эти проблемы: протокол LoRaWAN для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей.

В основу технологии LoRa было положено одно свойство радиосвязи: увеличение ее дальности при снижении скорости передачи данных. Скорость в сети LoRaWAN невелика, зато дальность увеличилась до 15 км в сельской местности и до 5 км в застроенной городской среде, что исключает потребность в ретрансляторах, а значит, снижает стоимость сети и упрощает ее архитектуру.

Каждое новое устройство подключается к базовой станции напрямую. Сеть LoRaWAN строится по топологии «звезда», все мелкие «звезды» соединяются между собой в большую «звезду», поэтому отказ одного устройства никак не сказывается на системе в целом.

Таким образом, протокол LoRaWAN наделяет сети низким энергопотреблением, простой топологией, превосходной расширяемостью и очень низкой стоимостью, в том числе конечной, если учесть, что технология LoRa использует нелицензируемый диапазон частот, на который не требуется разрешения.

Новое изобретение было встречено ведущими разработчиками сетевых технологий с таким энтузиазмом, что они даже создали альянс компаний, поддерживающих и развивающих технологию LoRa (LoRa Alliance). В это объединение с каждым годом вступает все больше производителей.

Основные преимущества такой сети:

- высокая дальность связи;
- низкое энергопотребление. Каждое устройство, может работать до 10 лет от одной батарейки;
- защита данных. Вся информация передается от конечных устройств к серверу в зашифрованном виде;
- масштабируемость сети. Базовая станция может поддерживать до 5 тыс. оконечных устройств на километр;
- бесплатное ПО, которое находится в открытом доступе. Имеется открытый API для интеграции сторонних приложений и сервисов к данной системе.

### **Библиографический список**

1. Современная телеметрия в теории и практике / А. В. Назаров и др. – СПб. : Наука и Техника, 2017. – 672 с.
2. Ле Бодик, Г. Технология и службы мобильной передачи данных. SMS, EMS и MMS / Г. Ле Бодик. – М. : Техносфера, 2018. – 544 с.

3. Харазов, В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В. Г. Харазов. – СПб. : Профессия, 2009. – 592 с.

4. Барсуков, В. С. Безопасность: технологии, средства, услуги / В. С. Барсуков. – М., 2011 – 496 с.

5. Ярочкин, В. И. Информационная безопасность : учебник для студентов вузов / В. И. Ярочкин. – 3-е изд. – М. : Академический проект : Трикста, 2015. – 544 с.

6. Барсуков, В. С. Современные технологии безопасности / В. С. Барсуков, В. В. Водолазский. – М. : Нолидж, 2010. – 496 с.

## **БЛОК ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫХ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬС**

**А. И. Незнанов, К. В. Подмастерьев, А. А. Видакас**

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия  
(e-mail: orelkir18@gmail.com, asms-orel@mail.ru, komarixa0802@gmail.com)

Испытания подвижного состава по воздействию на путь проводятся для экспериментального определения сил взаимодействия между подвижным составом и верхним строением железнодорожного пути с целью установления условий обращения подвижного состава, обеспечивающих безопасность движения.

В процессе испытаний по воздействию на путь измеряют относительные деформации в шейке рельсов и в подошве рельсов, относительные деформации и перемещения в элементах тележек подвижного состава и скорость движения опытного подвижного состава.

По экспериментальным данным расчетным методом вычисляют динамические напряжения в кромках подошвы рельсов, боковые и вертикальные силы, передаваемые от колеса подвижного состава на рельс, боковые и вертикальные силы, передаваемые от рельса на шпалу [1]. Измерения деформаций осуществляются с помощью тензорезисторов сопротивлением от 100 до 700 Ом и базой от 10 до 20 мм, которые включаются в мостовую схему. Затем сигнал с диагонали тензорезистивного моста поступает на блок усиления, затем на АЦП и далее записываются с помощью ЭВМ для дальнейшей обработки (рис. 1). На прямой и в каждой круговой кривой в пределах участка пути длиной 25 м располагают не менее 8 испытательных сечений с установкой тензорезисторов на одном рельсе в прямой и на наружном и внутреннем рельсе в кривых.



# **АВТОНОМНЫЙ КОМПЛЕКС ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ УГОДИЙ И ЗАПОВЕДНИКОВ**

**Д. С. Петров, А. С. Симко, А. В. Печаткин**

**Рыбинский государственный авиационный технический университет**

**имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия**

**(e-mail: rts.inform@ya.ru)**

Ежегодно в России пожары уничтожают катастрофический объем лесных угодий. Только на период 21 апреля 2022 года на землях лесного фонда было зарегистрировано больше 1020 пожаров на площади более 50 тысяч гектар. Ученые утверждают, что более теплый и сухой климат смещает бореальные и субарктические торфяники от того, чтобы действовать как огнеупоры, к распространителям огня. С высыханием пожары сжигают северные торфяные месторождения и высвобождают старый углерод, еще больше усиливая уровень углекислого газа в атмосфере [1]. От лесных пожаров страдают заповедники, наносится непоправимый ущерб флоре и фауне российских регионов. Критическая ситуация требует создания систем эффективного комплексного мониторинга, предназначенных для оперативного выявления и непрерывного информационного сопровождения локальных и глобальных очагов возгораний и пожаров, возникающих в лесных массивах и торфяниках, в том числе, находящихся в труднодоступных местах, не имеющих возможности подъезда техники [2]. Существующие системы мониторинга не обеспечивают необходимой надежности и оперативности выявления очагов возникновения и развития пожаров.

Для комплексного решения задач экологического мониторинга актуальна разработка модульных систем, способных (рис. 1):

- оперативно разворачиваться на больших труднодоступных площадях благодаря доставке по воздуху с помощью беспилотных авиационных систем, в том числе дирижаблей и их гибридов;
- осуществлять дискретную во времени или непрерывную доставку достоверной оперативной информации;
- формировать зону мониторинга с использованием минимальных ресурсов на основе известных и модифицированных кластерных моделей повторного использования радиочастот;
- осуществлять поиск вышедших из строя или потерявших питание модулей измерения анализа и ретрансляции данных (МАР).



**Рис. 1. Компоненты комплекса экологического мониторинга**

В 2012 году концепт проекта получил положительное заключение Центра управления в кризисных ситуациях ГУ МЧС России по Ярославской области. Сейчас появилась возможность для модернизации комплекса в целом и составляющих его модулей.

После развертывания на месте комплекс переходит в режим функциональной консервации с целью максимального сохранения емкости энергообеспечения, и автоматически активируется в случае превышения порогового значения температуры, задымленности или уровня угарного газа. Комплекс позволяет осуществлять мониторинг в реальном масштабе времени на основе ретрансляции информации с добавлением новых данных с фактическими пространственными и временными координатами. Для оперативной доставки МАР в труднодоступные места и формирования зоны мониторинга предполагается использование малых беспилотных летательных, в том числе роботизированных комплексов самолетного или вертолетного типов, уже разработанных на предприятиях-партнерах кафедры РТС или доступных для приобретения и модернизации. Однако для оптимального использования авиационных ресурсов и снижения риска травмирования животных и повреждения гнезд птиц на кафедре РТС РГАТУ ведутся работы по созданию гибридного БПЛА на основе совмещения Т-коптера и гелиевого дирижабля. Такой гибрид позволит нести большую нагрузку и увеличить дальность полета.

### **Библиографический список**

1. Павел Пашков. Жуткая статистика 2022: сколько лесов уже сгорело в Русской Тайге? [Электронный ресурс]. – URL : <https://pavel-pashkov.com/2022/04/25/skolko-lesov-uzhe-sgorelo/> (дата обращения: 26.02.2023).
2. К вопросу обеспечения непрерывного оперативного мониторинга и раннего предупреждения лесных пожаров / А. А. Смуров, И. Ю. Шалимов, А. В. Щеглов, А. В. Печаткин // Актуальные вопросы современной техники и технологии : сб. материалов V Междунар. науч. конф. – Липецк, 2011. – С. 124 – 131.

## НАПРАВЛЕННОСТЬ АНТЕНН НА БАЗОВЫХ СТАНЦИЯ Сотовой СВЯЗИ

**К. С. Сайфуллозода, Н. И. Магомедов, П. А. Таенков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Sqiyom@bk.ru)

Современные антенны BTS при внешней простоте конструкции представляют собой достаточно сложные устройства СВЧ, работающие на открытом воздухе в условиях повышенной влажности и значительных перепадов температур, подверженных обледенению, высоким ветровым нагрузкам, агрессивному воздействию городского смога и другим негативным воздействиям окружающей среды.

С точки зрения технологии создания антенн в сотовых системах связи могут быть использованы:

- три антенны разнесения с диаграммами направленности, сформированными в угловых секторах  $120^\circ$  внутри соты;
- шесть секторных антенн с фигурными диаграммами направленности в  $60^\circ$  секторах.

При этом используется три типа разнесения антенн:

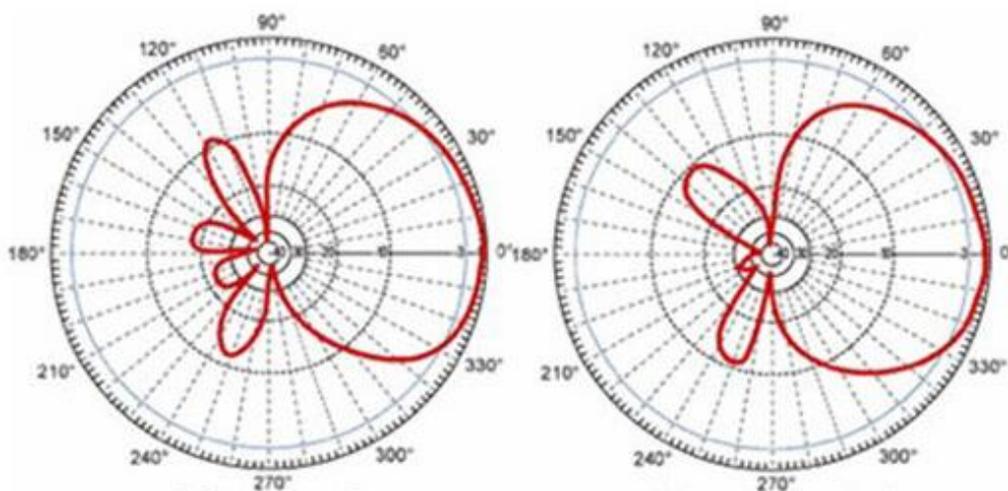
- пространственное разнесение;
- разнесение по диаграмме направленности;
- поляризационное разделение электромагнитных волн.

Наиболее часто используется пространственное разнесение.

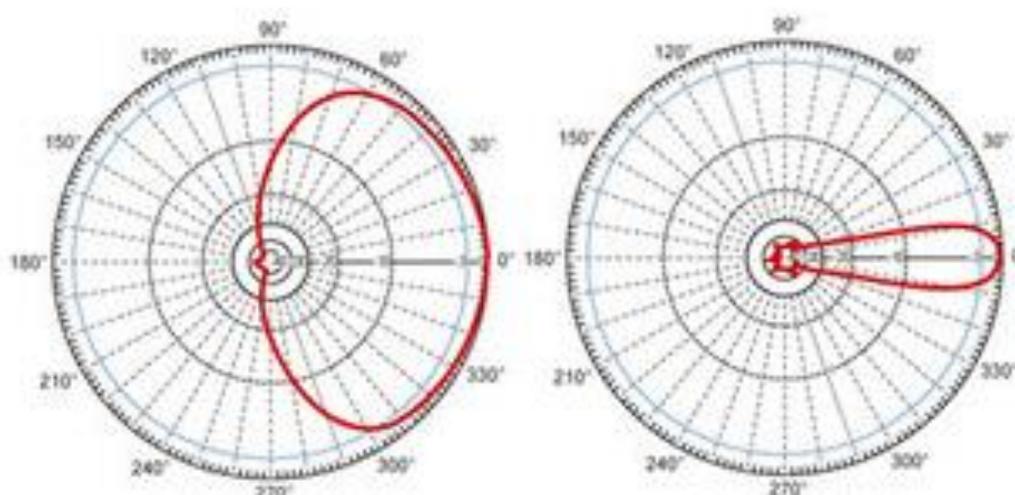
В зависимости от решаемой задачи по организации радиопокрытия проектировщики сетей применяют направленные и секторные антенны.

*Направленные антенны* – распространенный тип антенн, которые также используются в домашних беспроводных системах. Задача такой антенны – передавать сигнал строго в заданном направлении. В связи с тем, что антенна имеет узкий диапазон покрытия и превращает сигнал в почти острый пик, целесообразно использовать ее только на открытом воздухе для передачи сигнала на расстояние в несколько десятков километров. Диаграмма направленности радиоволн таких излучателей изображена на рис. 1.

*Секторные антенны* представляют собой направленные антенны с измененным лепестком основного сигнала. Секторные антенны имеют меньший радиус действия, но уже покрывают сигналом весь сектор. Диаграмма сигнала таких антенн обнаруживает широкий диапазон покрытия в единственном экземпляре, что в то же время сохраняет достаточную дальность действия (рис. 2).



**Рис. 1. Диаграмма сигнала направленной антенны**



**Рис. 2. Диаграмма сигнала секторной антенны**

Антенны могут иметь фиксированный угол наклона, либо имеют возможность дистанционной регулировки с помощью специального программного обеспечения, располагаемого в блоке управления БС, и встроенных фазовращателей. Существуют также решения, позволяющие изменять зону обслуживания, от общей системы управления сети передачи данных. Таким образом, можно регулировать зону обслуживания всего сектора базовой станции.

### **Библиографический список**

1. Попов, В. И. Основы сотовой связи стандарта GSM / В. И. Попов. – М. : Эко-Трендз, 2005. – 296 с
2. Плущкий, А. Интеллектуальная антенна для сотовых сетей 3G / А. Плущкий. – URL : [www.antenna.ru](http://www.antenna.ru)
3. Lee. W. C. Y. Mobile Cellular Telecommunication Systems. – McGraw Hill, New York, 1989/

# **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: kirillv6812@gmail.com)

В настоящее время металлополимеры находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе в радиоэлектронике. К основным их преимуществам относятся: устойчивость к агрессивным средам, трению, высоким температурам, сложным условиям эксплуатации.

Изучение теплофизических свойств полимерных материалов позволило установить изменение теплопроводности полимеров не только от изменения внешних факторов, например, температуры окружающей среды, но и от различной концентрации ингредиентов в составе композитных полимеров. Анализ полученных зависимостей приводит к возможности изготовления материалов из полимеров с необходимыми теплофизическими свойствами и новых материалов – металлополимеров [1 – 3].

Предлагается интеллектуальное измерительное средство (ИИС) для проведения экспериментальных исследований при получении металлополимеров с заданной теплопроводностью при добавлении в состав полимерного материала добавок из алюминия, графита и сплава розе различной концентрации [4].

ИИС реализует тепловой метод определения теплофизических свойств металлополимеров. Математическая и метрологическая обработка, а также анализ полученных экспериментальных термограмм устанавливает изменение теплопроводности исследуемых материалов от концентрации включенных ингредиентов.

Теплофизические измерения полимерных материалов (ПМ) выполнялись при включении в полимеры от 20 до 100 мг алюминия и графита, как показано в табл. 1. По экспериментальным данным построены термограммы, показывающие отличие металлополимеров по теплопроводности в зависимости от концентрации добавок (С, %). С использованием алгоритмического обеспечения ИИС рассчитывается коэффициент теплопроводности  $\lambda$  для металлополимеров и строятся графические зависимости  $\lambda$  полимеров при изменении добавок из алюминия и графита.

## 1. Изменение $\lambda$ металлополимеров от концентрации добавок

Добавки	Концентрация алюминия и графита С, %; теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·К)									
	ПМ1, С1	$\lambda_1$	ПМ2, С2	$\lambda_2$	ПМ3, С3	$\lambda_3$	ПМ4, С4	$\lambda_4$	ПМ5, С5	$\lambda_5$
Алюминий	5	1,56	3	0,82	2	0,77	6	1,62	10	4,02
Графит	5		3		2		6		10	

На основе графиков зависимостей теплопроводности полимеров от концентрации наполнителей алюминия и графита  $\lambda = f(C)$  получена аппроксимирующая функция  $\tilde{\lambda} = F(C)$

$$\tilde{\lambda} = F(C) = 0,0025C^4 - 0,0451C^3 + 0,2842C^2 - 0,4763C + 0,7761.$$

Интеллектуальное измерительное средство разработано на основе микроконтроллера, который выполняет функции принятия решений при проведении теплофизических измерений, реализации алгоритма функционирования ИИС, математической и метрологической обработки экспериментальных данных, выборе концентрации наполнителей для получения металлополимеров с заданной теплопроводностью. Применение интеллектуального измерительного средства позволяет получить новые полимерные материалы с заданными свойствами при изготовлении элементов и устройств радиоэлектроники.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 57921–2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Композиты полимерные. Методы испытаний. Общие требования. Дата введения 2018-02-01.
2. Годовский, Ю. К. Теплофизические методы исследования полимеров / Ю. К. Годовский. – М. : Химия, 1976. – 216 с.
3. Пивень, И. И. Теплофизические свойства полимерных материалов: Справочник / И. И. Пивень, Н. А. Гречаная, И. И. Чернобыльский. – Киев : Вища школа, 1976. – 180 с.
4. Селиванова, З. М. Математические модели и алгоритм для совершенствования информационно-измерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Вестник ТГТУ. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 520 – 534.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОМПЛЕКСОВ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛЫХ ВИНТОКРЫЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, М. М. Кирюпин, В. И. Тетюхин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: lexa.smirnov.00@mail.ru)

Распознавание объектов, как главная задача компьютерного зрения, прошла долгий путь, но остается сложной задачей, особенно с точки зрения беспилотного летательного аппарата (БПЛА), из-за малого масштаба цели. Из-за их низкого разрешения и хаотичного изображения обнаружение мелких объектов, как известно, затруднено. Благодаря нейросетевым технологиям такую задачу можно решить с помощью генеративно-состязательной сети, которая позволяет производить более точное и быстрое распознавание по сравнению с другими техническими решениями.

Генеративно-состязательная сеть GAN представляет собой тип архитектуры нейронной сети для генеративного моделирования, получивший широкое внимание. GAN состоит из двух отдельных моделей нейронных сетей: одна называется моделью генератора или генеративной сети, а вторая называется дискриминатором или моделью дискриминационной сети. Обе модели необходимо обучать, поэтому модель генератора учится генерировать выборки, а модель дискриминатора учится различать или различать сгенерированные выборки.

GAN уже применяется во многих проектах, которые способны обрабатывать видео, изображения, метки и текст. Архитектура GAN для генерации радиоголограмм может быть определена следующим образом: GAN – это архитектура глубокой сверточной нейронной сети, которая состоит из двух сетей, включая генератор ( $G$ ) и дискриминатор ( $D$ ), как показано на рис. 1, конкурирующих с друг друга. Роль генератора состоит в том, чтобы создавать данные таким образом, чтобы они могли обмануть дискриминатор, а дискриминатор должен различать два класса реальных и поддельных изображений. Структура GAN, которая будет реализована для генерации радиоголограммы, может быть определена следующим образом: поскольку существует два типа глубоких нейронных сетей,  $G$  и  $D$ ,  $G$  отображает случайный гауссовский шум  $z$  при условии наблюдаемого изображения  $x$  в радиоголограмму  $h$ :

$$G:\{x, z\} \rightarrow h, \quad (1)$$

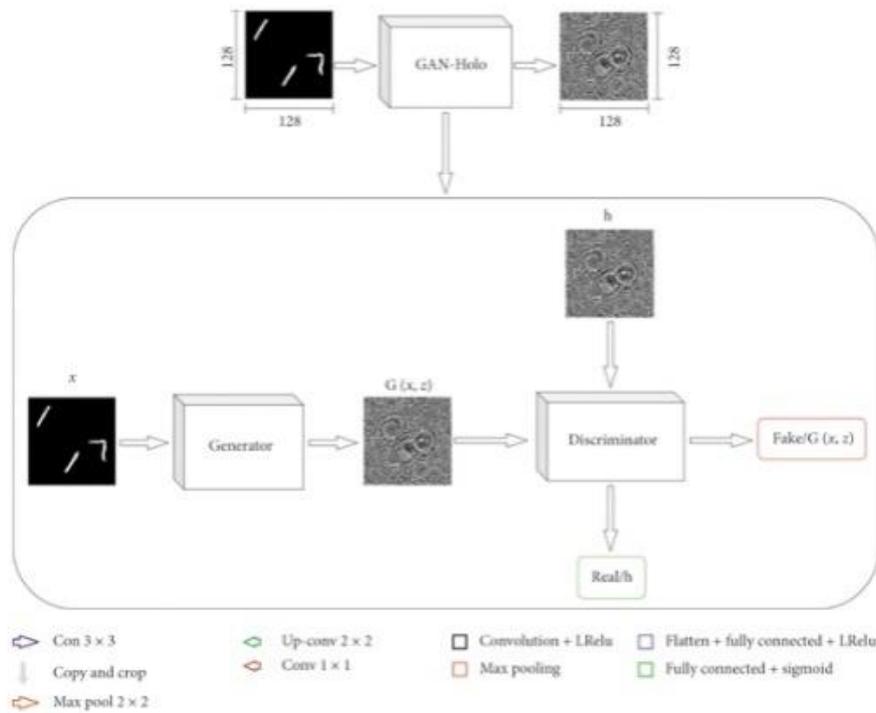


Рис. 1. Общая структура GAN частей генеративно-состязательная сеть

При обучении сети генератора мы стремимся обмануть дискриминатор, чтобы дискриминатор не мог решить, является ли сгенерированное изображение голограммы реальным или поддельным:

$$L_G(G, D) = \sum \log D(x, G(x, z)), \quad (2)$$

где  $G$  – пытается заставить  $D$  принять сгенерированные изображения голограммы как реальные выходные данные. Но в то же время  $D$  обучен отличать фальшивые голограммы от настоящих:

$$L_G(G, D) = \sum \log D(x, h) + \log(1 - D(x, G(x, z))), \quad (3)$$

В приведенном выше уравнении первая часть представляет собой обучение дискриминатора, которое должно обучить сеть дискриминатора реальным входным изображениям и реальным изображениям радиоголограммам, а вторая часть – обучить сеть генератора созданию поддельных изображений голограмм.

В этой статье был рассмотрен архитектура GAN, основанная на глубокой сверточной нейронной сети для генерации CGH, который является неитерационным методом. После сравнения результатов с традиционным итерационным методом, т.е. с методом Френеля, были сделаны выводы что неитерационным методом в совокупности с генеративно-состязательной сетью дает разумные результаты при сокращении времени вычислений в 3 раза. Кроме того, данная нейронная сеть имеет стабильную производительность и не требует настройки параметров.

## Библиографический список

1. Generative adversarial nets in Proceedings of the Advances in Neural Information Processing System / I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza et al. // Curran Associates, Inc, Red Hook, NY, USA. – 2014. – 2680 p.
2. D. Abookasis and J. Rosen, Fourier, fresnel, and image CGHs of three-dimensional objects observed from many different projections. Interferometry XII : Techniques and Analysis. – 2004. – V. 5531.
3. Computer generated holography using a graphics processing unit / N. Masuda, T. Ito, T. Tanaka, A. Shiraki, and T. Sugie // Optics Express. – 2006. – V. 14, No. 2. – 608 p.
4. R. Horisaki, R. Takagi, and J. Tanida, Deep-learning-generated holography // Applied Optics. – 2018. – V. 57, No. 14. – 3863 p.
5. H. Lam and P. Tsang, Invariant classification of holograms of deformable objects based on deep learning. in Proceedings of the 2019 IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Vancouver, BC, Canada, June 2019.
6. Deep neural network for multi-depth hologram generation and its training strategy / Lee, J. Jeong, J. Cho, D. Yoo, B. Lee, and B. Lee // Optics Express. – 2020. – V. 28, No. 18. – 27154 p.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ РАДИОПРИЕМНИКА

**А. В. Стариков, Д. Ю. Потлов, Н. Г. Чернышов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: andrey2014starikov@yandex.ru, villitr31@gmail.com, nchtamb@yandex.ru)

Избирательность приемника характеризует невосприимчивость приемника к радиосигналам на соседних радиочастотах. Другими словами, избирательность характеризует способность приемника отделять полезный сигнал от помех.

Эффект помех значительно снижается за счет использования различного типа и количества избирательных цепей радиоприемника. Все методы обеспечения определенной селективности основаны на том, что радиоприемное устройство отличает сигнал от помехи на основе некоторых характеристик, характерных только для полезного сигнала [1 – 4].

К наиболее важным типам избирательности относятся:

- частотная избирательность;
- пространственная избирательность;
- поляризующая избирательность;
- амплитудная селективность;
- временная избирательность;
- избирательность по форме сигнала.

Частотная избирательность. При оценке частотной селективности учитываются два типа селективности: селективность по соседнему каналу и селективность по дополнительным каналам приема. Дополнительные каналы приема присущи радиооборудованию.

Количественная частотная избирательность приемника оценивается отношением его резонансного усиления к усилению на частоте мешающего канала.

Пространственная избирательность достигается с помощью направленных приемных антенн и позволяет значительно ослабить внешние помехи на входе приемника.

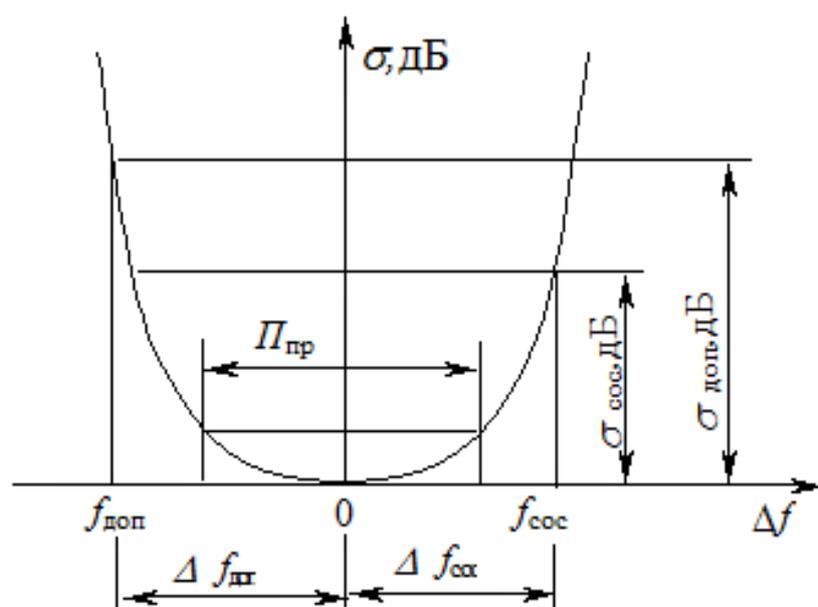


Рис. 1. Зависимость кривой селективности радиоприемника от частоты

Избирательность поляризации основана на разнице в поляризации колебаний и помех электромагнитного сигнала.

Амплитудная избирательность чаще всего используется в радиоприемных устройствах, предназначенных для приема сигналов с импульсной модуляцией.

Временная избирательность может быть реализована, если момент, в который сигнал появляется на входе приемника, точно известен. Этот тип селективности часто используется в импульсных радиолокационных приемниках со стробоскопом.

Селективность приемника зависит от количества каскадов в радиочастотном усилителе и качества резонансных фильтров в каждом каскаде. Повышение избирательности приемника связано с увеличением количества контуров усиления и каскадов в приемнике, что увеличивает затраты и затрудняет настройку. Следовательно, в зависимости от назначения приемника его избирательность имеет определенное значение, которое определяется при проектировании радиостанции.

### Библиографический список

1. Approximation of distribution law of experimental test data to assess reliability of information-measuring and control systems / Zyryanov Yu. T., Ryazanov I. G., Naumova A. Yu., Muromtsev D. Yu., Chernyshov N. G., Trapeznikov E. V. // Journal of Physics : Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – С. 1441:012081., pp. 1 – 8. – DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012081

2. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Zyryanov, Y. T., Chernyshov, N. G., Ryazanov, I. G., Naumova, A. Y., & Dioumessy, M. F. // IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conf. Series 1172 (2019) 012108. – 2019, March. – V. 1172, No. 1. – DOI: 10.1088/1742-6596/1172/1/012108

3. Применение алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белосусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. С.757 – 762. – DOI: 10.15827/0236-235X.031

4. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19. – DOI: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.006-019

# ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ (ПАВ) В СИСТЕМАХ СОТОВОЙ СВЯЗИ

А. В. Стариков, Д. Ю. Потлов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: andrey2014starikov@yandex.ru)

Благодаря применению поверхностных акустических волн, частотный диапазон данного типа фильтров расширен в область высоких частот, а также способен достигать значений нескольких гигагерц. Для реализации фильтров на поверхностных волнах применяются пьезоэлектрики.

Отличие в работе ПАВ фильтров от кварцевых или пьезокерамических заключается в том, что применяется не объемное колебание пьезоэлектрика, а волна, распространяющаяся по поверхности [1 – 4].

Основные составляющие сотовой сети – это сотовые телефоны и базовые станции, которые обычно размещают на крышах зданий и вышках.

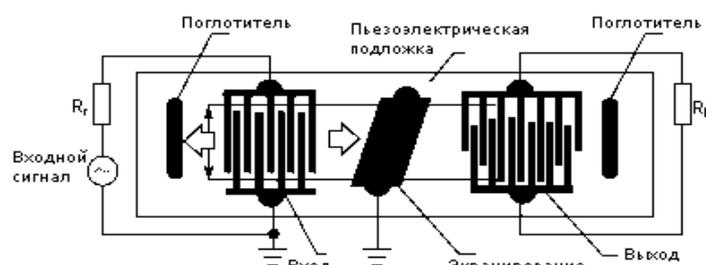


Рис. 1. Конструкция ПАВ фильтра

Будучи включенным, сотовый телефон прослушивает эфир, находя сигнал базовой станции. Затем телефон посылает станции свой уникальный идентификационный код. Телефон и станция поддерживают непрерывный радиоконтакт, периодически обмениваясь пакетами. Если телефон выходит из поля действия базовой станции, он налаживает связь с другой базовой станцией.

ПАВ-фильтры успешно применяются в приемопередатчиках, при дуплексной передаче, а также в гетеродинах благодаря малому размеру, а также длительному сроку работы. Фильтры на ПАВ подходят для использования не только в канале приема, но и в канале передачи.

В настоящее время техника поверхностных акустических волн (ПАВ) остается одной из самых инновационных технологий в мире, а устройства на ПАВ являются ключевыми элементами современных систем телекоммуникаций и навигации, систем распознавания и идентификации, систем измерения и контроля состояния окружающей среды и объектов. На основе мировых тенденций можно выделить следующие ближайшие перспективы развития техники

ПАВ: повышение рабочих частот, снижение вносимых потерь, уменьшение размеров, улучшение температурной стабильности, увеличение входной мощности проходящего сигнала, создание «интеллектуальных» устройств на ПАВ с новыми возможностями.

### **Библиографический список**

1. Approximation of distribution law of experimental test data to assess reliability of information-measuring and control systems / Zyryanov Yu. T., Ryazanov I. G., Naumova A. Yu., Muromtsev D. Yu., Chernyshov N. G., Trapeznikov E. V. // Journal of Physics : Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – С. 1441:012081., pp 1 – 8. – DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012081

2. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Zyryanov, Y. T., Chernyshov, N. G., Ryazanov, I. G., Naumova, A. Y., & Dioumessy, M. F. // IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conf. Series 1172 (2019) 012108. – 2019, March. – V. 1172, No. 1. – DOI: 10.1088/1742-6596/1172/1/012108

3. Применение алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белосусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762. – DOI: 10.15827/0236-235X.031

4. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19. – DOI: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.006-019

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОФИОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ВУЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Ж. Ж. Сулаймнов, Р. Б. Бактытов**

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,  
кафедра «Информационные системы и технологии»  
им. академика А. Жайнакова Института Электроники и Телекоммуникаций

Социальные сети – это интернет-площадки для общения, обмена информацией и контентом, прочих социальных взаимодействий. Они используются для работы, отдыха и развлечений, позволяют координировать между собой группы людей и имеют широкий набор функций [2].

В третьем квартале 2022 года, по данным Datareportal.com, численность пользователей соцсетей в мире составила уже 4,74 млрд – +0,7% за квартал и плюс 4,2% за год, сообщает ranking.kz [1].

Фактически это значит, что 59,3% всех людей земли являются пользователями соцсетей, а если считать людей от 13 лет и старше, то и вовсе 75,9%, то есть три из четырех. Соцсетями пользуются 93,4% человек, имеющих доступ к интернету. Это значит если у пользователя вообще есть интернет, то, скорее всего, и аккаунт в соцсети у него тоже есть. За 2022 года каждый человек в возрасте от 16 до 28 лет проводил в соцсетях в среднем 2 часа 28 минут в день [3].

В последнее время актуальными являются исследования, направленные на изучение возможности использования социальных сетей в качестве инструментов профориентационной работы образовательных учреждений. По данным исследования массачусетского университета, 98% высших учебных заведений США имеют свои официальные странички в соцсетях. Более 90% опрошенных образовательных учреждений считают, что их опыт использования социальных медиа является успешным. КГТУ так же имеют свои страницы в таких социальных сетях как Instagram, Facebook, YouTube, TikTok куда загружается не только информационный и образовательный контент, но и развлекательный.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что социальные сети представляют собой мощный инструмент взаимодействия образовательного учреждения с его целевой аудиторией. Конкуренция между образовательными учреждениями на рынке идет, в основном, за привлечение абитуриентов, планирующих обучаться на договорной основе, поскольку бюджетные места ежегодно заполняются, и соперничают за них уже сами поступающие. Таким образом, основная цель профориентационной работы вуза заключается в привлечении именно абитуриентов на контрактной основе и их удержании.

Многие инструменты профориентационной работы могут отнять много времени (проведение Дней открытых дверей, посещение школ, привлечение преподавателей к образовательному процессу) так и в финансовом (рассылка материалов, реклама в СМИ) плане. Веб-сайт вуза можно рассматривать как пассивный инструмент, поскольку в большинстве случаев его используют лишь тогда, когда абитуриенты уже заинтересованы в получении информации о вузе и его направлениях. Социальные сети, являясь условно бесплатным ресурсом для вуза, могут позволить привлечь необходимое количество абитуриентов.

Профориентационная работа в социальных сетях должна быть построена на принципах оперативности, доступности, актуальности, достоверности и непрерывности.

Публичная страница должна быть красиво оформлена для привлечения ее потенциальных и реальных участников. Большинство участников страницы

вуза – это его студенты и преподаватели вуза, поэтому информация должна быть нацелена в первую очередь на них. Это может быть размещение учебных материалов, проведение различного рода и тематик опросов, информирование о планируемых и уже прошедших событиях, размещение фотографий с мероприятий. Такие действия будут способствовать созданию положительного образа вуза в глазах его студентов и преподавателей.

Так же на примере нашего вуза можно отметить сайт <https://3d.kstu.kg>. На этом сайте абитуриент может посмотреть вуз, не выходя из дома [4].

Основной задачей руководства вуза по окончании приемной кампании является проведение анкетирования студентов первого курса на предмет того, были ли они информированы о наличии страницы, пользовались ли им, насколько информация была доступной и полной, что повлияло на выбор той или иной специальности и т.д.

Несмотря на то, что работа в социальных сетях является достаточно трудоемкой и требует практически круглосуточного внимания, результаты ее положительно скажутся на формировании образа вуза, что сможет стать конкурентным преимуществом на рынке образовательных услуг.

### **Библиографический список**

1. Global Digital 2022: ежегодный отчет об интернете и социальных сетях. – URL : <https://www.sostav.ru/publication/we-are-social-i-hootsuite-52472.html>
2. Социальные сети. – URL : <https://blog.ingate.ru/seo-wikipedia/socialnaya-set/>
3. Datareportal. – URL : <https://datareportal.com/reports/digital-2022-global-overview-report>
4. 3D KSTU URL. – URL : <https://3d.kstu.kg>

## **МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РАДИОГАЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГИС С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**А. А. Тришаков, А. А. Мельников, П. П. Боровиков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: [trishakov2016@yandex.ru](mailto:trishakov2016@yandex.ru))

В настоящее время большинство задач обработки и анализа сложных изображений трудно или невозможно формализовать. Другими словами, решения этих задач не подходят для математического описания.

Например, невозможно математически описать изображение с собакой и, следовательно, алгоритм поиска собак на этом изображении. Поэтому на прак-

тике для обработки и анализа изображений стали широко применяться методы искусственного интеллекта, основанные на машинном обучении [1].

Данная концепция предполагает, что ИИ помогает человечеству по-новому взглянуть на поставленные задачи, отыскать новые креативные подходы и идеи. Большинство специалистов работают с 2D и 3D-данными по несколько часов, но благодаря нейронным сетям, которые упрощают сложные задачи, можно создавать совершенно новые концепты, менять фон, переносить предметы и многое другое напрямую в 3D-движок по фотографии.

Обработка изображений – применение набора методов и алгоритмов к цифровому изображению для извлечения информации или функций из изображения. Это не влияет на состояние изображения, из которого извлекается информация. Обработка изображений имеет две подкатегории – классификация изображений и обнаружение объектов [2].

Нелегко выполнить обработку огромных объемов данных вручную. Поэтому алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения становятся очень полезными. Использование ML и AI приводят к повышению скорости обработки данных и получению качественного результата изображения. Но, чтобы получить высококачественные результаты, вам нужно выбрать правильные инструменты и методы. [3, 4].

Изображения, снятые обычными датчиками, нуждаются в предварительной обработке, поскольку некоторые из них могут содержать слишком много шума или неправильно сфокусированы. Существует два метода обнаружения, которые необходимо использовать для обработки цифровых изображений, а также для предварительной обработки [5].

- Фильтрация – используется для изменения и улучшения входного изображения. С помощью различных доступных фильтров можно подчеркнуть или удалить определенные особенности изображения, а также уменьшить шум изображения и так далее.

- Обнаружение краев – используется для извлечения данных и сегментации изображений, чтобы находить значимые границы объектов на предварительно обработанных изображениях.

Чтобы упростить задачу, существуют специальные библиотеки и фреймворки, которые можно использовать для реализации функций обработки изображений.

Библиотеки компьютерного зрения содержат общие функции и алгоритмы обработки изображений. Доступно несколько библиотек с открытым исходным кодом, которые можно использовать для разработки функций обработки изображений и компьютерного зрения [6, 7].

- OpenCV – популярная библиотека компьютерного зрения, предоставляющая множество алгоритмов и функций, поддерживающих алгоритмы. Он включает в себя различные модули, такие как модуль обработки изображений, модуль обнаружения объектов и модуль машинного обучения, чтобы назвать некоторые. Эта библиотека может использоваться для выполнения задач обработки изображений, таких как получение, сжатие, улучшение, восстановление и извлечение данных.

- AForge.NET – библиотека компьютерного зрения с несколькими библиотеками, которые можно использовать для обработки изображений и компьютерного зрения для нейронных сетей и нечетких вычислений. Кроме того, AForge.NET предоставляет файлы справки и набор примеров приложений, демонстрирующих, как использовать эту платформу.

Таким образом с помощью алгоритмов ИИ машины можно научить интерпретировать изображения для конкретной задачи в зависимости от требований. Применение ИИ в задачах обработки радиогалографических изображений при построении ГИС позволит более точно координировать сельскохозяйственную технику в пространстве, задать нужный уровень высоты и наклона жатки, а также позволит работать в любое время суток вне зависимости от погодных условий.

### **Библиографический список**

1. Коновалова, Н. В. Введение в ГИС / Н. В. Коновалова, Е. Г. Капралов. – М., 1997. – 160 с.

2. Овчинников, В. В. Дорога в мир искусственного интеллекта / В. В. Овчинников. – М. : Институт экономических стратегий, 2017. – 533 с.

3. Питенко, А. А. Нейросетевая аналитическая обработка экологической информации в ГИС / А. А. Питенко, И. Д. Иванова // ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий : материалы Междунар. конф., 1 – 4 июля 1998 г. – Барнаул : Изд-во Алтайского государственного университета, 1998. – С. 167–168.

4. Каллан Р. Нейронные сети: краткий справочник / Р. Каллан ; Саутгемптон. ин-т. – М. : Вильямс, 2017. – 279 с.

5. Синтез излучателя для сетей беспроводного широкополосного доступа на основе замедляющих электродинамических структур / А. Ю. Дмитриевцев, О. А. Белоусов, М. А. Кудряшов и др. / Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2021. – № 3, Т. 4. – С. 36 – 45.

6. Синтез квадрифилярного излучателя для радиолокационных станций аэрологического зондирования / М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов, А. Ю. Дмит-

риевцев, М. М. Кирюпин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – № 3, Т. 27. – С. 345 – 355. – DOI: 10.17277/vestnik.2021.03.pp.345-355

7. Development of antenna system for use in meteorological and climatic control complexes / M. A. Kudryashov, O. A. Belousov, V. I. Tetyukhin et al. // Journal of Physics : Conference Series : 15, Virtual, Online, 09 – 11 ноября 2021 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 012094. – DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012094. – EDN XFZPAE.

## **УПРАВЛЯЕМОСТЬ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ АСПЕКТАХ**

**А. В. Трухин, М. А. Стафеев**

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия

имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж,

(e-mail: [truxin82@rambler.ru](mailto:truxin82@rambler.ru))

Управляемость системы связи и радиотехнического обеспечения полетов (РТО) характеризует ее способность изменять свое состояние в заданных пределах при управляющих воздействиях в соответствии с изменениями обстановки. Управляемость системы связи и РТО достигается выполнением целого комплекса разноплановых мероприятий, которые призваны с целью обеспечения в надлежащей мере устойчивого, непрерывного, оперативного и скрытого управления воинскими формированиями в интересах успешного решения поставленных задач.

Управляемость системы военной связи характеризуется признаками [1]: вероятности перевода системы из одного состояния в требуемое; продолжительности цикла управления системой (подсистемой, элементами). При этом критериями оценки управляемости системы по представленным показателям выступают: значение вероятности, которое не должно быть ниже требуемого; значение времени, не превышающее определенного значения.

Следовательно, управляемость системы связи и РТО носит интегративный характер, который раскрывается в аспектах: в технологических возможностях по управлению отдельными элементами системы, оперативно-технических и организационно-технических возможностях управления [2].

Технологические возможности по управлению отдельными элементами системы связи и РТО отражаются в показателях надежности технических средств через коэффициенты исправности и наработки на отказ, а также и суммарной управляемости отдельных технических средств связи и РТО. К показателям технологического управления отдельным средством связи и РТО можно отнести: продолжительность выполнения различных технологических; наличие резерва и источников бесперебойного электропитания; возможность дистанционного управления рабочими параметрами; наличие функций автоматической идентификации и аутентификации; возможность автоматического (автоматизированного) конфигурирования сети связи и коммутации (перекоммутации) каналов (поток) сети по заранее созданному алгоритму.

Своевременное реагирование системы связи и РТО на различные деструктивные воздействия находится в зависимости от возможности своевременного и достоверного формирования данных о ее состоянии. Выполнение указанной функции определяется возможностями как отдельных средств связи, так и их совокупности совместно с возможностями программного обеспечения. В общем виде, выполнение указанной функции составляет оперативно-технические возможности управления системой связи и РТО, которые раскрываются в показателях: продолжительности формирования и доведения в системе управления данных о состоянии системы связи и РТО, а также их достоверности.

Значительное влияние на управляемость системы связи и РТО оказывают возможности управляющей подсистемы, которые можно охарактеризовать как организационно-технические. В любой сложной самоорганизующейся и функционирующей системе самым непредсказуемым и мало прогнозируемым фактором, оказывающим на нее существенное влияние, является так называемый «человеческий» фактор. Поэтому, организационно-технический аспект управляемости системы связи и РТО в большей степени определяется субъективными факторами, объединяющими персональные характеристики должностных лиц и отражающими уровень их знаний, умений, оценок, установок, моральных и политических воззрений, способностей, личных психических свойств, а также созданные ими организационно-регламентирующие положения в контексте их адекватности.

Итак, значимость и разносторонность описанных аспектов управляемости системы связи и РТО указывают на их безапелляционную важность учета при подготовке и выполнении задач по предназначению. Эффективность управления системой связи и РТО достигается главным образом через полный анализ выявленных аспектов при планировании и организации ее функционирования.

## Библиографический список

1. Ермишян А. Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях / А. Г. Ермишян. – СПб. : ВАС, 2005. – 740 с.
2. Сызранцев, Г. В. Управляемость системы связи / Г. В. Сызранцев // Изв. Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2012. – № 2(72). – С. 81 – 86.

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СИНТЕЗИРОВАННЫХ АПЕРТУР ДЛЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛЫХ ВИНТОКРЫЛЫХ БЕСПИЛОТНО-ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

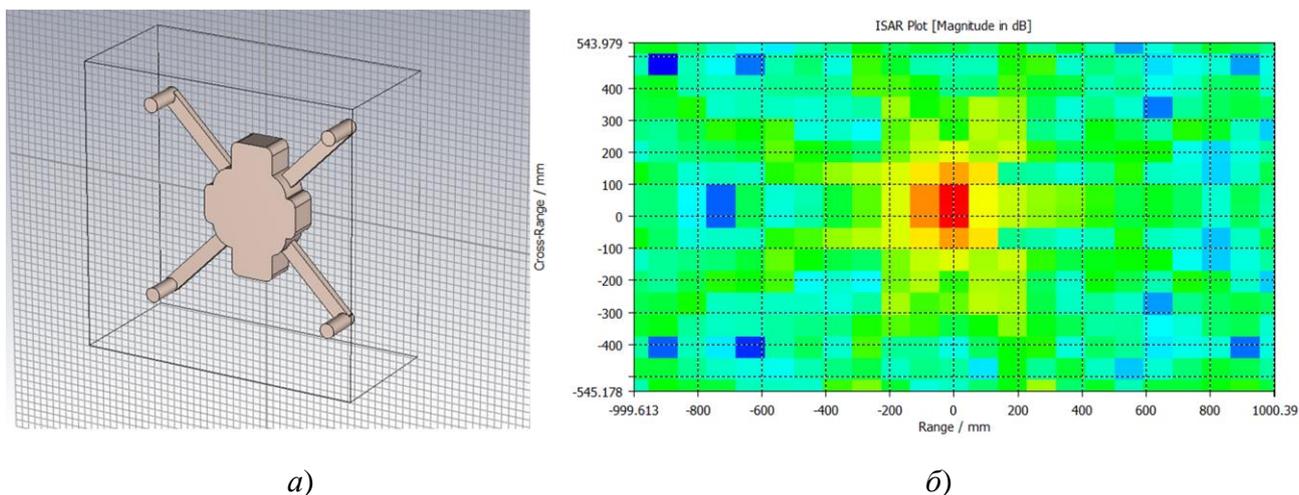
**П. В. Чернов, И. П. Медведев**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: brs-211@mail.ru, tambov685@yandex.ru)

Изобретенный в 1951 году математиком Карлом А. Уайли метод синтезированных апертур обширно применяется по сей день в военном деле, планетологии, и многих других сферах деятельности. Принцип работы метода заключается в облучении радиоволнами необходимого участка местности или объекта. После на основе характеристик отраженных волн формируется 2D изображение [1, 2]. Существует два варианта построения синтезированных апертур: Synthetic – Aperture Radar (SAR), суть которого заключается в движении радара относительно объекта. В основном данный метод применяется для сканирования рельефа местности. И Inverse Synthetic – Aperture Radar (ISAR), принцип которого заключается в движении объекта относительно радара. Данный метод в основном используется в военном деле.

В связи с развитием технологий беспилотных летательных аппаратов использование малых винтокрылых беспилотно-летательных аппаратов (МВБПЛА) для разведки, диверсий и терактов получило широкое распространение. Также, в связи с геополитической обстановкой, несанкционированное передвижение подобных аппаратов на территории Российской Федерации участилось.

Учитывая перечисленные выше факторы обнаружение и определение типа и вида МВБПЛА, проникающих в воздушное пространство Российской Федерации, является актуальным вектором развития для комплексов обнаружения.



**Рис. 1. Модель условного МВППА (а) и его синтезированная апертура (б)**

Для определения вида летательного аппарата мы предлагаем использовать метод синтезированных апертур совместно с искусственным интеллектом (ИИ). Используя технологию ISAR и пакет программ CST STUDIO SUITE будет моделироваться необходимая модель МВППА и синтезироваться его апертура. После полученное изображение используется для обучения ИИ, который будет сравнивать изображение с радара со своей базой и определять его тип и модель. После передать его технические характеристики на комплексы радиоэлектронной борьбы.

Выполнив моделирование необходимого объекта, пример которого показан на рис. 1, а, настройку вычислителя и расчет апертуры, выполняется постобработка полученного изображения: уточнение единиц измерения значений в ячейках. При необходимости можно добавить размытие границ ячеек и ограничение рассчитанных значений. Пример полученного изображения, представлен на рис. 1, б. Итоговое изображение должно обладать такими же характеристиками как и изображение на радаре для лучшей работы нейросети.

Плюсами использования данного метода являются: Незначительное влияние на результат определения погоды и подобных внешних факторов [3], например дыма, одинаковая эффективность работы в любое время суток и возможность определения технических характеристик объекта. Минусами данного метода являются: недостаточное развитие или обучение ИИ, которое может отрицательно сказаться на определении цели, невозможность определить тип объекта при наличии физической преграды между целью и радаром.

Таким образом применение данного метода позволяет заранее определить технические характеристики несанкционированно летающего МВППА для своевременного принятия мер по его нейтрализации. Благодаря использованию

ИИ список возможных для определения целей ограничивается не только малыми летательными аппаратами, но и может пополняться более крупными целями, например, малозаметные для радаров самолеты.

### **Библиографический список**

1. Синтез излучателя для сетей беспроводного широкополосного доступа на основе замедляющих электродинамических структур / А. Ю. Дмитриевцев, О. А. Белоусов, М. А. Кудряшов и др. / Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2021. – № 3, Т. 4. – С. 36 – 45.

2. Синтез квадрифилярного излучателя для радиолокационных станций аэрологического зондирования / М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов, А. Ю. Дмитриевцев, М. М. Кирюпин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – № 3, Т. 27. – С. 345 – 355. – DOI: 10.17277/vestnik.2021.03.pp.345-355

3. Development of antenna system for use in meteorological and climatic control complexes / M. A. Kudryashov, O. A. Belousov, V. I. Tetyukhin et al. // Journal of Physics : Conference Series : 15, Virtual, Online, 09 – 11 ноября 2021 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 012094. – DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012094. – EDN XFZPAE.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ШУМОВ НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ ГОРОДА ВЛАДИВОСТОК**

**М. К. Четверикова**

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия,  
(e-mail: chetverikova.mk@students.dvfu.ru)

Одной из наиболее трудно разрешаемой проблемой городской среды в современном мире является нарушение гигиенических норм шума. В большей степени шум негативно влияет на трудоспособность населения и здоровье человека, в частности, в основном проявляется в нарушении работы слухового аппарата, центрально нервной системы и сердечно-сосудистой системы, а также снижает среднюю продолжительность жизни. Превышение допустимого уровня препятствует нормальному функционированию человека как в дневное, так и в ночное время суток, приспособление к постоянному шуму не уменьшает его отрицательные эффекты. Для эффективной борьбы с антропогенными шумами необходимо своевременно отслеживать нарушение норм, предписанных законодательством.

По исследованиям за последние 10 лет население города Владивосток находится под шумовым воздействием, превышающем норму в связи влиянием последствий урбанизации, таких как шум от строительных работ, работы машин и оборудования, дорожного движения. В некоторых частях города уровень шума не опускается ниже разрешенных 70 дБ днем. Наиболее неблагоприятными по среднегодовому уровню шума остаются районы, источником шума которых являются магистральные автодороги.

Ежегодный прирост количества легкового автотранспорта составляет около 5%, в 2022 году Приморский край стал рекордсменом среди регионов РФ по количеству зарегистрированных автомобилей.

Так же ситуацию не облегчает снижение количества зеленых насаждений в связи с вырубкой и обрезкой деревьев для освобождения места под линии передачи и объекты капитального строительства. Реестр разрешенных на снос зеленых насаждений в 2023 году насчитывает порядка 90 объектов.

Шумовое картирование является стратегическим планом действия, которое позволяет визуализировать шумовое загрязнение городов, а также других регионов, которые представляют интерес. Традиционно изучение уровня шума опирается на ручное измерение звука, в результате чего на исследуемых участках снимаются показания при помощи профессиональных устройств, затем эти данные анализируются соответствующими департаментами и составляется отчетность. Крупномасштабное шумовое картирование является методом ручной выборки является трудоемким и дорогим, а иногда и опасным. Одним из наиболее возможно реализуемым способ может быть метод, использующий технологию IoT, так как повсеместное распознавание звука в реальном мире может быть достигнуто огромным количеством интеллектуального оборудования, такого как смартфоны и «умные» устройства, количество которых растет с каждым годом. Встроенный микрофон устройств способен записывать звуки в окружении пользователей. Информация местоположении устройств может быть получена с помощью глобальной навигационной спутниковой системы. Динамическое отображение шума может обеспечиваться за счет возможностей повсеместных вычислений. Основные проблемы данного метода являются сохранение конфиденциальности пользователей, в особенности местоположение, и увеличение потребление энергии необходимой для функционирования устройств.

Так же возможно регистрировать уровень антропогенных шумов при помощи Arduino через Wi-Fi модуль используя звуковые датчики. Arduino – это платформа для создания электронных устройств на основе микроконтроллеров,

она позволяет создавать различные проекты, в том числе и шумовое картографирование. Для этого необходимо написать программу, которая будет считывать данные с микрофона и выводить их на экран. Полученные данные можно использовать для анализа и принятия мер по снижению шумов. Данный способ можно использовать в городских районах, производственных объектах и других местах, где шум может быть проблемой. Использование Arduino делает шумовое картографирование более доступным и дешевым способом, чем использование профессионального оборудования, однако, необходимо учитывать, что точность и надежность полученных данных ограничены качеством используемого оборудования и программного обеспечения.

Таким образом, с помощью представленных методов, возможно снизить трудоемкость и затраты для проведения шумового картографирования и осуществлять постоянный надзор за шумовой загрязненностью города.

### **Библиографический список**

1. Ye Liu, Xiaoyuan Ma, Lei Shu, Qing Yang, Yu Zhang, Zhiqiang Huo, and Zhangbing Zhou. Internet of Things for Noise Mapping in Smart Cities: State-of-the-Art and Future Directions – IEEE Network, – 2020. – P. 112 – 118.

2. Гигиеническая оценка шумового загрязнения города Владивостока / И. Л. Иванова, Д. С. Жигаев, А. А. Важенина, Л. В. Транковская // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2019. – № 2(78). – P. 9 – 13.

3. Постановление 28 января 2021 г. N 2 об утверждении санитарных правил и норм санпин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания».

## **ФИЛЬТРЫ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

**О. С. Якушов, К. С. Сайфуллозода, А. О. Деменкова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: pshenkina.99@mail.ru)

Акустоэлектроника является одним из наиболее бурно развивающихся направлений в технике преобразования и аналоговой математической обработки радиосигналов в широком диапазоне частот и реальном масштабе времени.

Основные возможности акустоэлектроники обусловлены малой скоростью звука по сравнению со скоростью света и малым затуханием ультразвука в высокочастотных монокристаллических колебательных системах. Наибольшее развитие за последнее время получили акустоэлектронные устройства, использующие ПАВ и находящие все более широкое применение в радиоэлектронике, автоматике, телевидении и связи. Основными элементами акустоэлектронных радиокомпонентов являются преобразователи ПАВ и элементы акустического тракта.

Одними из первых были разработаны и относительно широко применяются различные типы линий задержки электрических сигналов. Их можно разделить на линии с фиксированной и регулируемой задержками, многоотводные и дисперсионные, каждый вид которых имеет свои области применения, рассматриваемые в специальной литературе. Наиболее широко используемыми устройствами на ПАВ являются различные полосовые фильтры. Например, телевизионные фильтры промежуточной частоты выпускаются в количестве многих миллионов штук при невысокой стоимости. Полосовые фильтры на ПАВ широко используются в диапазоне частот 10...2 ГГц, т.е. перекрывают метровый и дециметровый диапазоны, при весьма широком диапазоне относительной полосы пропускания, варьируемом в пределах 0,01...100%. Вносимые фильтром потери достаточно малы при обеспечении хорошего подавления отраженных сигналов. Одним из перспективных направлений развития техники ПАВ является разработка генераторов сигналов. При этом собственные частоты ПАВ-генераторов, изготавливаемых методом оптической фотолитографии, могут достигать 2 ГГц, а при использовании электронно-лучевой и рентгеновской технологии – 3 ГГц, что совершенно недоступно для кварцевых резонаторов на объемных волнах. При этом удастся реализовать ПАВ-резонаторы с ТКЧ около 10 – 6 и более.

Таким образом, следует отметить, что преимущества фильтров на ПАВ обусловлены их физической структурой:

- практическим отсутствием энергопотребления;
- возможностью выполнения различных операций обработки сигналов;
- линейной (или заданной) фазой выходного сигнала;
- высокой прямоугольности АЧХ;
- исключительным внеполосным подавлением паразитных составляющих;
- реализацией заданных характеристик с высокой точностью;

- высокой надежностью;
- малыми габаритными размерами и массой;
- температурной стабильностью.

Поскольку центральная частота и форма частотной характеристики фильтров определяются топологией, они не требуют сложной настройки в аппаратуре и не могут расстроиться в процессе эксплуатации. Несложная технология изготовления, совместимая с интегральной технологией, позволяет выпускать их в большом количестве с высокой воспроизводимостью. Фильтры на ПАВ применяют на частотах от 1 МГц до 3 ГГц с полосой пропускания от 0,1 до 90%. На очень низких частотах габариты фильтров становятся слишком большими, поэтому вместо них находят применение монолитные фильтры на объемных волнах, выполненные из пьезоэлектрической керамики.

### **Библиографический список**

1. Орлов, В. С. Фильтры на ПАВ / В. С. Орлов, В. С. Бондаренко. – М. : Радио и связь, 2010. – 272 с.
2. Фильтры на ПАВ. Расчет, технология применения / под ред. Г. Мэттьюза ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 2007. – 472 с
3. Мостяев, В. А. Российская пьезо-акустоэлектроника. История развития и современное состояние / В. А. Мостяев, П. Г. Поздняков. – М. : Радиотехника, 2008. – 328 с.

**Секция 3**  
**ПРОБЛЕМЫ БИОТЕХНИЧЕСКИХ**  
**ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

---

**ИМИТАТОР СИГНАЛОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ**  
**РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИБОРОВ**  
**ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, А. Ю. Куликов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: awetini@gmail.com, scorpio0751@gmail.com, andrew20062@mail.ru)

Для контроля технического состояния тех или иных приборов функциональной диагностики (ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ и т.д.), а также обеспечения безопасности персонала и пациентов необходима своевременная и регулярная проверка. Она может включать в себя как полноценную поверку аппарата и его составных частей центрами стандартизации и метрологии, так и обобщенную оперативную проверку на месте при помощи различных устройств (имитаторов сигналов).

Так, для проверки работоспособности, например, электрокардиографа используются следующие устройства: «Диатест-4», «SKX-2000», «SECULIFE PS BASE» и др. Данные приборы основаны на генераторах различной частоты и соответствующих блоках усиления и корректировки сигналов под конкретный вид оборудования. Их главным недостатком является высокая стоимость.

Предлагается имитатор сигналов, основанный на воспроизведении аудиофайла (созданного в аудиоредакторе), выделении его огибающей при помощи амплитудного детектора (демодулятора) и последующей подачей на электроды приборов функциональной диагностики. Его можно реализовать как с использованием смартфона, так и с аудиомодулем, на котором будут храниться соответствующие файлы. При использовании смартфона следует лишь соединить выводы аудиоканала с согласующим блоком через демодулятор и делители напряжения, но для выбора конкретного режима проверки (отведений) необходимо программно-аппаратное обеспечение для управления.

Аналогично функциональной схеме из руководства пользователя прибора «Диатест-4» сделаем 24 отведения для возможности проверки всех основных видов приборов функциональной диагностики. Структурная схема устройства приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема имитатора сигналов для проверки работоспособности приборов функциональной диагностики**

Преимуществами данного устройства являются несложность в реализации, легкодоступность элементной базы и возможность создания сигнала с необходимыми нам характеристиками.

Таким образом, при помощи приведенного устройства можно провести оперативную проверку приборов перед эксплуатацией, а также использовать его инженерам для контроля технического состояния аппаратуры.

### **Библиографический список**

1. Методы и приборы функциональной диагностики : учебное пособие / С. В. Фролов, В. М. Строев, А. В. Горбунов, В. А. Трофимов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.
2. 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 «ТГТУ», 2012. – 96 с.
3. Руководство по эксплуатации генератора функционального «ДИАТЕСТ-4» ВКФУ.468789.109 РЭ / ФГУП «РОСТЕСТ». – М., 2008.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГЕМОДИАЛИЗНЫХ АППАРАТОВ

**А. А. Азимуратова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: calamity991@gmail.com)

Гемодиализ – метод внепочечного очищения крови при острой и хронической почечной недостаточности. Во время гемодиализа происходит удаление из организма токсических продуктов обмена веществ, нормализация нарушенных водного и электролитного балансов.



**Рис. 1. Аппарат Fresenius 4008 classix**

Развитие современной медицины связано с технологическими и компьютерными возможностями. Совершенствование знаний эндогенной интоксикации позволяет воссоздавать аппаратные химические, физические процессы детоксикации.

Оснащение отделения гемодиализа очень сложный процесс. Благодаря изобилию современных аппаратов возможно сделать наилучший выбор для определенного технического задания.

Все множество моделей можно представить в виде определенной иерархии или схемы, которая будет включать в себя основные технические характеристики, особенности и меры эксплуатации, что значительно может облегчить систематизацию знаний об определенном классе изделий.

Для этой цели разрабатываются информационные модели, которые позволяют систематизировать все данные о видах медицинских аппаратов [1 – 6].

Информационная модель может помочь не только в составлении технического задания на покупку медицинского изделия, но и в выборе оптимального медицинского изделия для медицинского учреждения. Информационная модель представляет собой набор классов («Область применения», «Водоподготовка», «Мембранный блок», «Ультрафильтрация», «Система циркуляции диализата», «Комплектация», «Дезинфекция», «Экстракорпоральный контур»), которые подробно описывают конкретную разновидность аппаратов. На рисунке 2 представлена информационная модель гемодиализных аппаратов на языке UML.

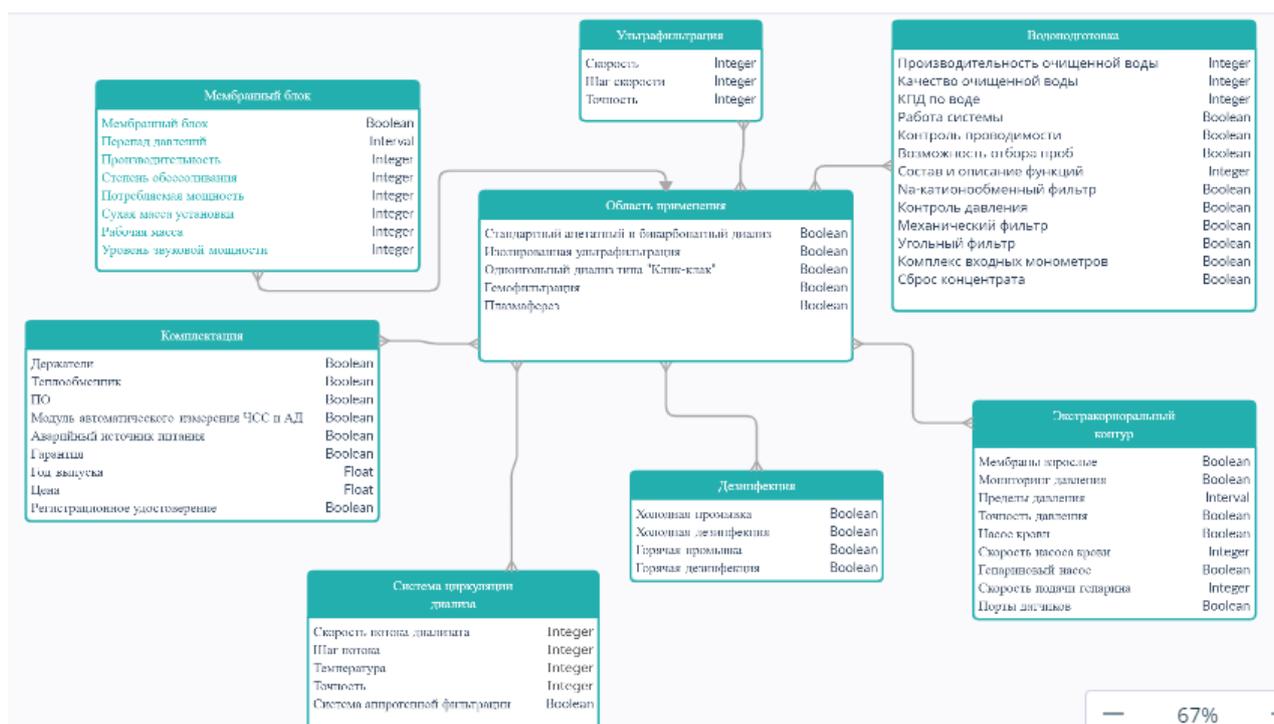


Рис. 2. Информационная модель «Гемодиализные аппараты»

## Библиографический список

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
2. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
3. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
4. 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. 3. – С. 123 – 128.
5. 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.

## ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ГЕМОДИАЛИЗНЫХ АППАРАТОВ

**А. А. Азимуратова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: calamity991@gmail.com)

Оснащение отделения гемодиализа медицинской организации является сложным и трудоемким процессом. Отделение гемодиализа должно включать в себя технические средства, которые будут соответствовать потребностям современного уровня медицины.

Каждый производитель стремится улучшить свой тип оборудования для получения достоверных и быстрых результатов, что очень важно при диагностике различных заболеваний. Именно своевременная диагностика является залогом грамотного лечения.

Современные гемодиализные аппараты работают автономно, независимо от источников воды и систем очистки, автоматически контролируют баланс жидкости и процессы фильтрации, поддерживают все необходимые режимы и процедуры [1 – 6].



**Рис. 1. Аппарат Fresenius 4008 classix**

Сейчас работает множество центров для проведения процедуры гемодиализа и все они используют аппараты разных фирм. Это, например, Fresenius Medical Care и аппараты 5008 CorDiax и 5008S CorDiax, GAMBRO MEDICAL и аппарат ARTIS, Немецкая компания Б. Браун и их аппарат Диалог+.

Существует множество параметров, на которые следует обратить внимание при покупке гемодиализного аппарата. Большое количество фирм, технических описаний, огромный разлет в ценах и многое другое сильно затрудняет

выбор подходящего аппарата. Перед покупкой важно учесть экономическую выгоду, удобство работы специалиста, комфорт и безопасность пациента отделения. В таблице 1 представлены наиболее распространенные в России гемодиализные аппараты и проведен анализ их характеристик.

### 1. Сравнительная таблица гемодиализных аппаратов

Параметры	Стандартный диализ	Высокопоточный диализ	$t$ воды на входе, °С	Пределы измерения давления, мм рт. ст.	Точность, мм рт. ст.	Насос крови	Скорость насоса крови, мл/м	Гепариновый насос	Скорость подачи гепарина, мл/ч	Скорость потока диализата, мл/м	$T$ диализата, °С	Цена, р.
5008S CorDiax (Fresenius Medical Care)	+	+	5...30	-300...300	±7	+	30...600	+	0,5...10	0...1000	34...39	500 000
Dialog + (BBRAUN)	+	+	0	20...390	±10	0	0	+	0	300...800	33...400	380 000
ГЕМОДЖЕНКИНС	+	+	0	0	0	+	до 100	+	0	0	0	410 000
Artis (Gambro)	+	+	0	0	0	+	10...600	+	1...10	0...800		270 000

### Библиографический список

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
2. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
3. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
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.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА У КОМОРБИДНЫХ БОЛЬНЫХ ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗА КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

**Х. А. Х. Алавси, В. В. Песок, А. Е. Пшеничный**

Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия

(e-mail: SFilist@gmail.com).

У пациентов с нарушением функции дыхания сердечно-сосудистые заболевания являются распространенным сопутствующим заболеванием и основной причиной смерти. Взаимодействия сердца и легких можно классифицировать в соответствии с лежащими в их основе родственными, но разными механизмами: дыхательная синусовая аритмия, кардиореспираторная связь (КРС) и фазовый синхронизм, который определяется как

$$\varphi_{n,m} = |n\Phi_1 - m\Phi_2 - \delta| < \text{const}, \quad (1)$$

где  $n$  и  $m$  – целые числа,  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  – фазы двух осцилляторов. В  $n:m$  фазовая синхронизация проявляется как вариация  $\varphi_{n,m}$  вокруг горизонтального плато [1 – 4].

Целью исследования является разработка метода классификации функционального состояния (ФС) системы дыхания (СД) на основе анализа КРС. Разработанный метод оценки КРС основан на сравнении мощностей спектров ритма дыхания (РД), полученных из поверхностной электромиограммы (пЭМГ) дыхательных мышц, и кардиосигнала. Сигнал пЭМГ  $x(t)$  снимался с правой груди по трехэлектродной схеме с нормальным электродом посередине с точек, примерно равноудаленных от сердца. Кардиосигнал  $y(t)$  получали посредством датчика пульсоксиметра, подключенного к компьютеру.

Метод позволяет формировать дескрипторы для обучаемых классификаторов ФС СД путем классификации векторов в пространстве вейвлет-коэффициентов пЭМГ дыхательных мышц и кардиосигнала. Так как РД представлен в виде цуга гармоник, то показатель синхронности определяется на каждой частоте РД в виде множества точек в координатах

$$\left[ W_x(\omega_i, t_j), W_y(\omega_i, t_j) \right], \quad (2)$$

где  $W_x(\omega_i, t_j)$  и  $W_y(\omega_i, t_j)$  – значения вейвлет-коэффициентов в области РД (действительные или комплексные) пЭМГ и кардиосигнала, соответственно, на частоте  $\omega_i$  в момент времени  $t_j$ .

Для количественной интерпретации КРС разработана автоматизированная система (АС), содержащая программно-аппаратные средства синхронной записи пЭМГ и кардиосигнала, программные средства их вейвлет-анализа и классификации. В состав АС входит формирователь дескрипторов (ФД) и классификатор ФС СД. В качестве обучаемого классификатора ФС СД использовалась многослойная нейронная сеть (NET).

Для обучения NET были созданы экспериментальные группы, в которые были включены студенты Юго-Западного университета с подтвержденным диагнозом ОРВИ. Диагноз ставился на основании сбора анамнеза, выяснения жалоб и внешнего осмотра. Проведены экспериментальные и статистические исследования АС классификации ФС СД. Основные статистические показатели качества классификатора системы не были ниже 80% с доверительными интервалами, не превышающими 5% от среднего значения.

### **Библиографический список**

1. Предикторы синхронности системных ритмов живых систем для классификаторов их функциональных состояний / Т. В. Петрова, С. А. Филист, С. В. Дегтярев и др. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 693 – 700.

2. Developing neural network model for predicting cardiac and cardiovascular health using bioelectrical signal processing. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering / Filist S. A., Shatalova O. V., Korenevskiy N. A. et al. – 2021. – P. 1 – 14. – DOI: 10.1080/10255842.2021.1986486.

3. Классификация функционального состояния системы дыхания на основе анализа вариабельности медленных волн VLF диапазона / А. В. Киселев, А. А. Кузьмин, М. Б. Мяснянкин и др. // Изв. Юго-Западного государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – № 1, Т. 12. – С. 8 – 32. – DOI: 10.21869/2223-1536-2022-12-1-8-32.

4. Формирование дескрипторов для классификаторов функционального состояния системы дыхания на основе спектрального анализа электрокардиосигнала / М. Б. Мяснянкин, С. А. Филист, А. В. Киселев, А. А. Кузьмин // Изв. Юго-Западного государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2020. – № 3/4, Т. 10. – С. 8 – 28.

## **АППАРАТЫ МРТ: РАСПРОСТРАНЕННЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

**А. А. М. Аль-Хайдари, А. Д. И. Альгбури**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: ameer.ua50@yahoo.com)

Магнитно-резонансный томограф (МРТ) – это медицинское устройство, которое использует магнитное поле и радиоволны для создания детальных изображений внутренних органов и тканей [1, 2]. МРТ является критически важным инструментом для диагностики многих заболеваний, таких как опухоли, инсульты, болезни сердца и т.д. Однако, как и любое другое медицинское оборудование, МРТ может иногда подвергаться неисправностям, которые могут привести к проблемам в диагностике и лечении пациентов.

Магнит является ключевой частью МРТ, и его неисправность может серьезно повлиять на качество изображения. Некоторые из наиболее распространенных проблем с магнитом включают:

**Неудачное охлаждение:** Магниты МРТ должны быть охлаждены жидким гелием до очень низких температур, чтобы создать достаточно сильное магнитное поле. Однако, если система охлаждения не работает должным образом, то это может привести к уменьшению силы магнита. Решением проблемы может быть ремонт или замена системы охлаждения. **Механические повреждения:** Магниты МРТ могут быть повреждены, если на них попадет какой-то тяжелый предмет или если они будут подвергаться длительным вибрациям. В таких случаях магнит необходимо заменить.

**Радиочастотная система МРТ** используется для генерации радиоволн, которые используются для создания изображений. Некоторые из наиболее распространенных проблем с радиочастотной системой включают:

**Неисправность передатчика:** Если передатчик не работает должным образом, то это может привести к тому, что радиоволны не будут генерироваться в нужном количестве, что снизит качество изображения. Решением проблемы может быть ремонт или замена передатчика. **Неисправность приемника:** Если приемник не работает должным образом, то это может привести к тому, что радиоволны не будут корректно обрабатываться, что также может снизить качество изображения. Решением проблемы может быть ремонт или замена приемника.

Компьютерная система МРТ используется для управления всем процессом создания изображения. Некоторые из наиболее распространенных проблем с компьютерной системой включают:

**Сбой в программном обеспечении:** Если программа управления МРТ перестала работать или работает неправильно, то это может привести к ошибкам в создании изображения. Решением проблемы может быть перезапуск программного обеспечения или его переустановка. **Проблемы с жестким диском:** Если жесткий диск, на котором хранятся данные МРТ, выходит из строя, то это может привести к потере данных или искажению изображения. Решением проблемы может быть замена жесткого диска и восстановление данных из резервной копии.

Наиболее распространенных проблем с пациентом включают:

**Движение пациента:** Если пациент двигается во время процесса создания изображения, то это может привести к искажению изображения. Решением проблемы может быть повторный процесс создания изображения после того, как пациент будет убежден в необходимости сохранять неподвижность во время процедуры. **Неправильная поза пациента:** Если пациент не находится в правильной позе, то это также может привести к искажению изображения. Решением проблемы может быть повторная процедура, которая будет проведена с пациентом в правильной позе.

В заключение, МРТ является критически важным инструментом для диагностики и лечения многих заболеваний, и как и любое другое медицинское оборудование, оно может иногда подвергаться неисправностям. Наиболее распространенные проблемы с МРТ включают проблемы с магнитом, радиочастотной системой, компьютерной системой и пациентом. Однако, существует множество решений, которые могут помочь в устранении этих проблем, что обеспечивает это оборудование работает оптимально

### **Библиографический список**

1. Шляхов, А. Доктор Мышкин. Приемное отделение / А. Шляхов. – М. : Litres, 2022. – 702 с.
2. Марченко, Е. Основы медицинской интроскопии / Е. Марченко. – М. : Litres, 2022. – 154 с.

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ: РАСПРОСТРАНЕННЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

**А. Д. И. Альббури, А. А. М. Аль-Хайдари**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Ahmed22468975@gmail.com)

Томография – это диагностический метод, который используется для создания изображений тела внутри и снаружи, используя рентгеновские лучи, магнитное поле или звуковые волны [1]. Это невероятно полезный инструмент для диагностики многих заболеваний и состояний, но, как и любое техническое оборудование, томографы могут столкнуться с неисправностями, которые могут повлиять на качество изображения и, следовательно, на точность диагноза.

Как и все оборудование, томограф может страдать от множества неисправностей [2].

Искажение изображения – одна из наиболее заметных неисправностей, от которых страдает томограф. Искажения изображения могут возникнуть из-за нескольких факторов, включая неисправность электромагнитов, проблемы с программным обеспечением или неправильное позиционирование пациента. Одним из способов устранения этой проблемы является повторное сканирование пациента с более тщательным позиционированием, а также проверка оборудования на наличие неисправностей.

Шум на изображении – еще одна проблема, от которой может страдать томограф. Шум на изображении может возникнуть из-за неправильной настройки параметров сканирования, электромагнитных помех или сбоя в программном обеспечении. Для устранения этой проблемы необходимо провести тестирование оборудования, а также настроить параметры сканирования на оптимальные.

Жесткий диск является важной частью томографа, где хранятся все изображения. Если жесткий диск неисправен, это может привести к потере данных или невозможности получить доступ к изображениям. Для устранения этой проблемы необходимо заменить жесткий диск на новый и перенести все данные на новый диск.

Программное обеспечение томографа служит для управления сканированием и обработки данных. Если программное обеспечение неисправно, это может привести к ошибкам при обработке данных или невозможности проведения сканирования. Для устранения этой проблемы необходимо прове-

рить программное обеспечение на наличие ошибок и обновить его до последней версии.

Источник питания томографа обеспечивает необходимое напряжение и ток для работы всех компонентов оборудования. Если источник питания неисправен, это может привести к неправильной работе компонентов или полной остановке работы томографа. Для устранения этой проблемы необходимо проверить источник питания на наличие неисправностей и заменить его при необходимости.

Компоненты томографа, такие как магниты, генераторы высокого напряжения и детекторы, могут нагреваться во время работы, что может привести к необходимости их охлаждения. Если система охлаждения неисправна, это может привести к перегреву компонентов и их повреждению. Для устранения этой проблемы необходимо проверить систему охлаждения на наличие неисправностей и заменить неисправные компоненты.

Калибровка томографа является важным процессом, который необходим для обеспечения точности и надежности результатов сканирования. Если калибровка не проводится правильно или необходимые компоненты не настроены на оптимальные параметры, это может привести к искажению изображения или ошибкам в интерпретации результатов. Для устранения этой проблемы необходимо провести повторную калибровку томографа и настроить необходимые параметры на оптимальные.

В заключение, томография является невероятно полезным методом для диагностики многих заболеваний и состояний, но неисправности оборудования могут привести к ошибкам в диагностике и лечении. Проверка оборудования на наличие неисправностей и своевременное устранение их является важным процессом для обеспечения точности и надежности результатов сканирования.

### **Библиографический список**

1. Чернов, Н. Методы и приборы на основе взаимодействия акустических волн с биологическими тканями / Н. Чернов, М. Лагута, А. Вареникова. – М. : Litres, 2022. – 110 с.
2. Magdy, M. K. Basic Sciences of Nuclear Medicine. – М. : Springer Nature, 2021. – 571 с.

# **ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ СЛОЖНОРАСПРЕДЕЛЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

**А. А. Амосов, М. Б. Каплан**

Рязанский государственный радиотехнический университет им. В. Ф. Уткина,  
Рязань, Россия

(e-mail: kaplan.m.b@iibmt.rsreu.ru)

Современные магнитотерапевтические аппараты (МТА) формируют сложнораспределенные в пространстве и во времени магнитные поля [1]. Характерными особенностями подобных устройств является большое количество индукторов-электромагнитов, образующих полеформирующую систему аппарата и развитая система управления на базе микроконтроллера. В ряде случаев задача определения значения магнитного поля в заданной точке пространства в конкретный момент времени не может быть решена с заданной точностью расчетным путем. Кроме того при разработке новых магнитотерапевтических методик требуется экспериментальное подтверждение факта формирования поля с заданными характеристиками, что в итоге определило необходимость создания специализированной измерительной системы регистрации магнитного поля с возможностью последующего анализа полученных результатов.

Практическая реализация системы представлена в виде лабораторного стенда, построенного на базе 3D-датчик магнитного поля TLV493D, преобразователя уровней 3,3В/5В, терминального блок NI BNC-2120, платы сбора данных NI PCIe-6321 и персонального компьютера. Датчик снабжен интерфейсом I2C, поэтому в среде LabVIEW был разработан специальный виртуальный прибор (ВП) обмена данных по интерфейсу I2C. Основа функционирования ВП связана с работой канал прием и канал передачи данных (рис. 1). При работе каналы используют драйвера NI DAQmx. Канал передачи осуществляет формирование тактовых импульсов, команд запроса и установки режима работы датчика. Канал приема выполняет чтение информации с датчика. Особенностью реализации канала передачи данных является формирование периода одного такта в течении четырех дискретных интервалов времени, что позволяет реализовать фазовый сдвиг между передаваемыми данными и тактовыми импульсами. Кроме того для повышения точности частота дискретизации канала приема на порядок увеличена по сравнению с каналом передачи. Результаты регистрации цифровых данных полученных от датчика отображаются в графическом виде (рис. 2) и используются в качестве выходных данных ВП обмена данными по интерфейсу I2C.

На следующем этапе функционирования системы выполняется визуализация и анализ характеристик регистрируемого магнитного поля [2].

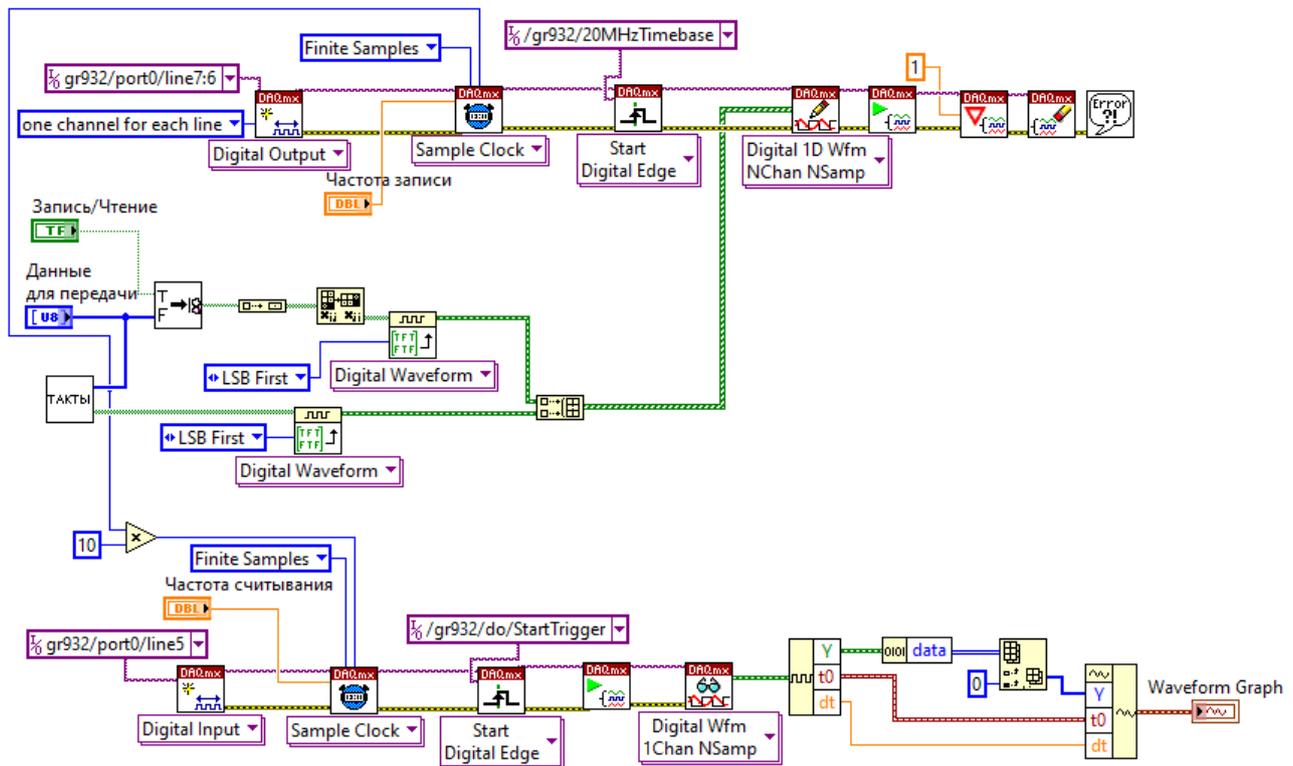


Рис. 1. Блок-схема ВП обмена данными по интерфейсу I2C

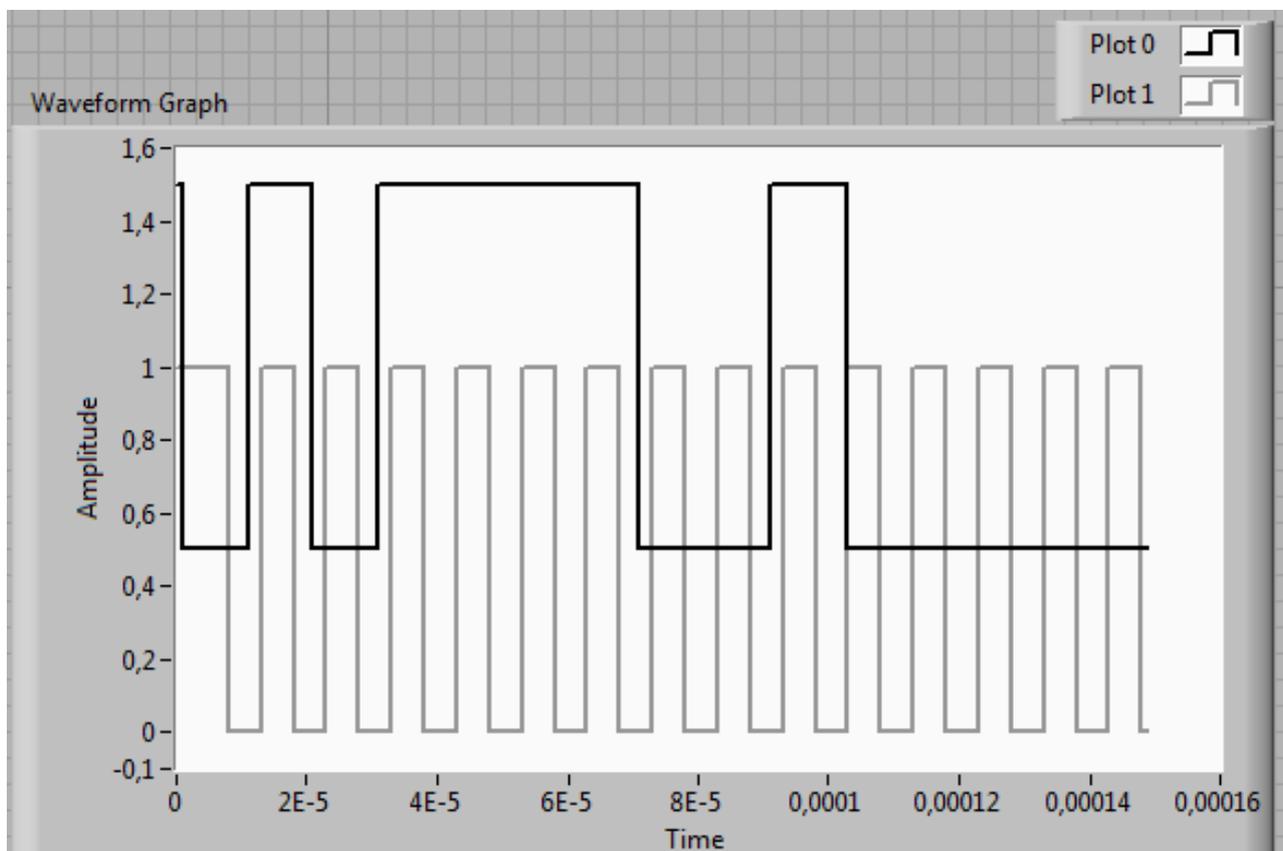


Рис. 1. Регистрируемы сигнал интерфейса I2C

## **Библиографический список**

1. Матричная система магнитотерапии и магнитореабилитации «РелаксМаг» и методика проведения доклинических испытаний / С. Г. Гуржин, В. И. Жулев, М. Б. Каплан и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 6 – 15.
2. Амосов, А. А. Измерительная система регистрации распределения магнитного поля для устройств магнитотерапии / А. А. Амосов ; под общ. ред. В. И. Жулева // Биомедсистемы-2022 : сб. тр. XXXV ВНТК. студ., мол. ученых и спец. – Рязань : Book Jet, 2022. – С. 303 – 305.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕИЗЛУЧЕНИЯ ГЛЮКОЗОЙ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ**

**Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин**

**Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия**

Решение проблем неинвазивного измерения глюкозы в крови живых организмов является одной из актуальных задач медицины. Существующие на данный момент методы определения глюкозы в крови человека как правило используют инвазивный способ, который предполагает забор крови или помещение первичного измерительного преобразователя в верхний покров живого организма. Такие методы обладают достаточно хорошей чувствительностью. Однако необходимость физического деформирования кожи накладывает на такие методы определенный дискомфорт для контролируемого объекта. Особенно это актуально для детей с сахарным диабетом.

Многие исследователи работали над методами неинвазивного определения глюкозы в крови путем определения интенсивности спектра излучения либо поглощения [1]. Наиболее полный обзор рассмотрен группой авторов [2] позволил определить наиболее частые проблемы, которые не позволяют широко использовать неинвазивные методы диагностики глюкозы в крови. Однако несмотря на трудности неинвазивной диагностики для устранения проблем при измерении глюкозы в крови необходимо искать пути их преодоления.

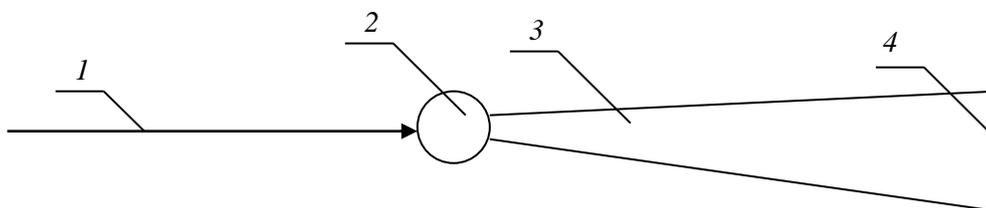
Анализ методов рассмотренных авторами источника [2] позволил выделить спектроскопический метод определения глюкозы, как наиболее простой в реализации и перспективный в плане повышения точности измерения. Основ-

ным недостатком метода является наличие шумов, которые образуются от спектров излучения воды и других компонентов крови. Эти спектры близко располагаются к спектрам излучения и поглощения глюкозы тем самым мешая определять содержания глюкозы.

Рассмотрим интенсивность поглощения спектра глюкозы с длиной волны 940 нм. Выбор такой длины волны обусловлен наибольшей интенсивностью поглощения и меньшему влиянию спектра поглощения воды и кожи.

Для оценки интенсивности поглощения основными входными параметрами являются сечение возбуждения молекулы глюкозы, концентрация глюкозы, а также интенсивность излучения на исследуемой волне.

Механизм поглощения квантов света можно представить на схеме рис. 1.



**Рис. 1. Схема взаимодействия излучения с молекулой глюкозы и переизлучения на детектор:**

1 – движение кванта излучения; 2 – молекула глюкозы;  
3 – телесный угол переизлучения; 4 – детектор

Вероятность переизлучения в телесный угол 2 детектора можно определить по расстоянию детектора от молекулы глюкозы и размеру детектора по формуле:

$$P = \frac{a - 2\sqrt{R^2 - a^2} + 2R}{4R},$$

где  $R$  – расстояние от объекта исследования до детектора;  $a$  – радиус детектора.

Значение вероятности для параметров детектора  $R = 2$  мм,  $a = 0,5$  мм составило  $P = 0,1409$ . Это показывает, что при полном поглощении глюкозой интенсивность излучения с длиной волны 940 нм уменьшается в 7 раз. Однако в реальности не все фотоны поглощаются глюкозой из-за малой ее концентрации поэтому при дальнейшем исследовании данного вопроса необходимо включить в соотношение (1) параметр, зависящий от концентрации глюкозы в крови.

## Библиографический список

1. Пат. 2566920 Российская Федерация, МПК7 А 61 В 5/1455. Оптическое спектроскопическое устройство для неинвазивного определения глюкозы в крови и соответствующий способ применения / Сюй Чжи ; заявитель и патенто-обладатель ДЗЕ КБЮРЕЙТОРЗ ОФ ДЗЕ ЮНИВЕРСИТИ ОФ МИССУРИ. – № 2010152373/14 ; заявл. 17.04.2009 ; опубл. 27.10.2015, Бюл. № 30 (II ч.). – 34 с.
2. Динамика развития методов контроля гликемии от инвазивных к неинвазивным. Актуальные перспективы / А. Ю. Бабенко, Ю. А. Кононова, А. И. Циберкин, М. К. Ходзицкий, Е. Н. Гринева // Сахарный диабет. – 2016. – № 19(5). – С. 397 – 405.

## ИСТОРИЯ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

**И. М. Букатина**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: bukatinairina114@gmail.com)

Идея выхаживания недоношенных детей зародилась задолго до создания первого кувеза. Опытные женщины, на которых возлагались обязанности по принятию родов, по опыту знали, что организм младенца, родившегося раньше срока, не в состоянии поддерживать постоянную температуру тела, поэтому новорожденного малыша укутывали в теплые пеленки и укладывали в теплом месте. До нашего времени дошли воспоминания очевидцев о том, как недоношенного ребенка в целях сохранения жизни укутывали в хлопчатобумажные ткани и надолго помещали в таз с оливковым маслом, которое должно было сохранять тепло и оберегать нежную кожу от травм и пересыхания. Люди интуитивно понимали, что нужно делать, чтобы недоношенный ребенок выжил, знали, что ему необходимо удобное и мягкое место, полноценное питание, постоянная температура и влажность – условия, которые он имеет в утробе.

В конце XIX века доктор Александр Лайон построил первый инкубатор для недоношенных детей. Этот инкубатор не отличался особой сложностью, представляя из себя небольшую стеклянную коробку, в которую подавался теплый чистый воздух. Ребенку не нужно было тратить и без того небольшие силы организма на поддержание нужной температуры тела и это очень положительно сказывалось на выживаемости недоношенных младенцев.

Но то, что сейчас кажется нормой, было настоящей революцией в 1891 г. Изобретение французского медика совершенно не заинтересовало тогдашних медиков, больницы отказывались внедрять инкубаторы по религиозным, экономическим или чисто медицинским мотивам. Тогда Лайон стал рекламировать свой инкубатор на многочисленных медицинских выставках. На тот момент само понятие «медицинская выставка» было несколько иным чем сейчас – эти выставки устраивались прямо посреди городских ярмарок и представляли из себя странную смесь науки, шарлатанства, кунсткамеры и цирка, где вокруг светил медицины крутились различные «прожектеры», дельцы и трюкачи. Поначалу затея доктора не вызвала особого интереса – инкубатор без детей не мог заинтересовать публику. Кому интересно смотреть на обычную стеклянную коробку? Доктор понял, что для того чтобы доказать эффективность его изобретения ему придется где-то раздобыть детей. Настоящих. Живых. И доктор Лайон пошел по местным больницам. Он выпрашивал врачей отдать ему недоношенных детей и те охотно шли ему навстречу. Это не должно вызывать удивления – в то время выживало менее 15% подобных детей, и врачи с радостью переложили ответственность за их жизни на чужака-изобретателя. И это сработало! Народ толпами ломился на диковинный аттракцион, поток желающих поглазеть на инкубатор рос каждый день и для того чтобы ограничить число посетителей пришлось установить плату за вход. Как ни странно, но это только увеличило интерес публики и к павильону устремились настоящие толпы народа. Вырученные средства шли на оплату труда сиделок и на модернизацию бокса-инкубатора. Подобный опыт начали перенимать самые дальновидные врачи-педиатры того времени. Это поразительно контрастировало с жесткостью и неповоротливостью руководителей крупных медицинских центров и больниц. В 1904 году доктор Мартин Кони (Martin Couney) устроил постоянно действующий инкубатор на ярмарке в Нью-Йорке и практически все больницы стали посылать недоношенных детей в этот новый центр. Результаты удивили самих врачей. Если без использования бокса выживало около 15% недоношенных детей, то количество окрепших и нормально развивающихся детей в инкубаторах превышало 85%! Больницы начали устанавливать инкубаторы у себя только спустя полтора десятка лет и «аттракцион» докторов Лайона и Кони к тому времени спас многие тысячи жизней.

Современные куветы предназначены для выхаживания новорожденных детей инкубационным методом при создании индивидуального микроклимата и оксигенотерапии. «Дозревание» в куветах показано деткам со 2 – 4 степенью недоношенности, кроме того инкубаторы используются для интенсивной тера-

пии ослабленных малышей. Кувезы закрыты специальными прозрачными колпаками, имеющими по бокам четыре отверстия для рук медицинского персонала. Внутри поддерживается постоянная температура тела и высокая влажность воздуха. Инкубатор снабжен аппаратом искусственной вентиляции легких, с помощью которого при необходимости обеспечивается дыхание младенца. Дети, у которых еще не развит сосательный рефлекс, получают пищу по назогастральному зонду. С помощью многочисленных трубочек и проводков малыш подсоединен к специальным измерительным приборам, позволяющим контролировать частоту и глубину дыхания, сердцебиение, температуру тела и другие функции организма. Как только наблюдается отклонение от нормы, громкий сигнал оповещает персонал о необходимости медицинской помощи. Кувезами оснащены реанимационные, неонатологические и терапевтические отделения для выхаживания недоношенных новорожденных. Дети с малой степенью недоношенности проводят в инкубаторах от нескольких часов до нескольких суток, при глубокой степени – выхаживание в кувезе растягивается на несколько недель. За это время дети, появившиеся на свет ранее положенного срока, с помощью медицинского персонала и благодаря изобретению Лайона, успевают приспособиться к новой для них и пока враждебной среде обитания.

### **Библиографический список**

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## **МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ЛАТЕНТНОГО КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХ И БОЛЕЕ ПАЦИЕНТОВ**

**А. В. Бутусов**

Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия  
(e-mail: SFilist@gmail.com).

Одним из наиболее эффективных методов оценки и диагностики психофизиологического состояния человека – оператора, является непрерывный анализ его функциональных состояний (ФС) по сердечному ритму (СР) и по ритму дыхания (РД). Известно множество технических решений, реализующих этот метод [1 – 3]. Однако, в связи с тем, что СР и РД не гармонические, то измере-

ние частоты РД и частоты СР посредством методов Фурье-анализа даже при исследовании ФС одного пациента представляется сложной задачей.

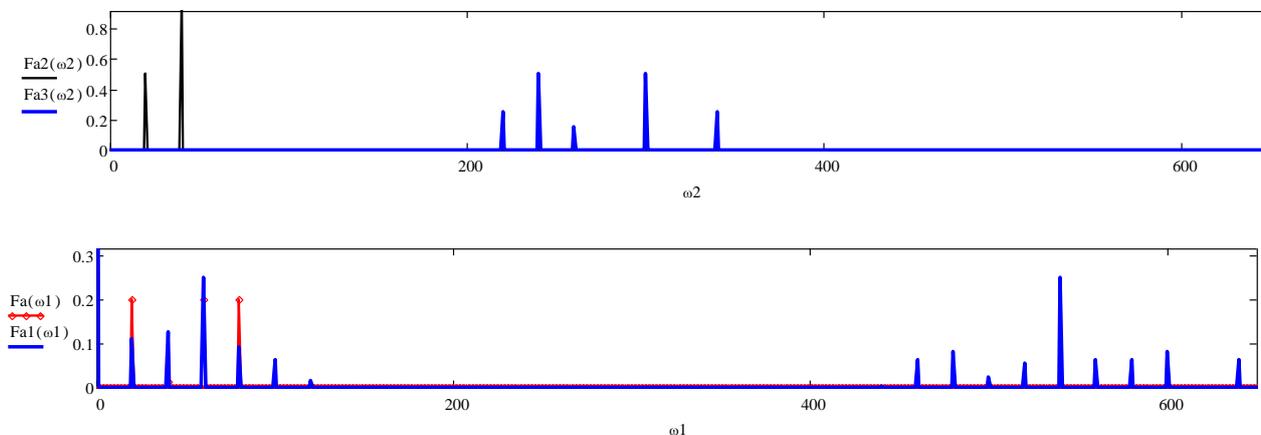
Эти трудности позволяет преодолеть многоагентный подход. Он выражается в построении нескольких «слабых» классификаторов, использующих относительно независимые дескрипторы, с последующей агрегацией их решений [4 – 6]. Для реализации этого подхода необходимо выделить из одномерного сигнала радиорадара несколько каналов, используемых для формирования входных векторов «слабых» классификаторов. Несмотря на то, что отраженная волна модулируется сигналами, определяемыми механическими движениями грудной клетки и сердца, эти сигналы всегда можно разделить в частотной области и тем самым выделить канал РД и канал модулированного кардиосигналом РД (МРД) (спектры этих сигналов показаны на верхнем рис. 1).

Из сигналов в каналах СР и МРД получаем две автокорреляционные функции (АКФ)

$$\hat{K}_{xx}(\tau) = \frac{1}{2L-1} \sum_{\ell=1}^{2L-1} \frac{1}{M} \sum_{j=M/2(\ell-1)}^{M/2(\ell+1)} (x_{j+\tau} \cdot x_j)^2, \quad (1)$$

где  $L \geq 2$ ,  $M = \text{int}(N/2)$ ;  $N$  – число отсчетов в канале  $X$ ;  $x_j$  – значения отсчетов в каналах.

Спектры этих АКФ показаны на рис. 1 внизу. Анализ спектров позволяет сделать следующие выводы. Спектры РД практически совпадают для двух АКФ, поэтому этот частотный диапазон может быть использован для интеллектуальных технологий обнаружения нескольких источников РД. Спектр СР стал более удаленным от спектра РД, что позволяет снизить требования к полосовым фильтрам, разделяющим эти сигналы в частотной области.



**Рис. 1. Спектры РД – черный и модулированного РД – синий (вверху) и спектры автокорреляционных функций (1) РД-красный и СР – синий (внизу)**

## Библиографический список

1. Горбатов, К. Silicon RadaR: О дистанционном измерении дыхания и пульса / К. Горбатов // СВЧ-электроника. – 2017. – № 3. – С. 62 – 67.
2. Совлуков, А. С. Возможности радиоволновых методов для обнаружения живых людей за преградами по дыханию и сердцебиению / А. С. Совлуков, Д. В. Хаблов // Датчики и системы. – 2012. – № 7(158). – С. 74 – 84.
3. Филист, С. А. Способ оценки функционального состояния организма человека на основе анализа двумерных частотных плоскостей кардиосигналов / С. А. Филист, Н. А. Корневский, Т. М. Шотланд // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2003. – Т. 2, № 2. – С. 85 – 88.
4. Филист, С. А. Методы двумерного спектрального преобразования электрокардиосигналов в ранней диагностике сердечно-сосудистых заболеваний / С. А. Филист // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2001. – № 3. – С. – 14 – 20.
5. Предикторы синхронности системных ритмов живых систем для классификаторов их функциональных состояний / Т. В. Петрова, С. А. Филист, С. В. Дегтярев и др. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 693 – 700.
6. Developing neural network model for predicting cardiac and cardiovascular health using bioelectrical signal processing / S. Filista, R. T. Al-kasasbeh, O. Shatalova et al. // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. – 2022. – V. 25, Is. 8. – P. 908 – 921.

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ БАЗИЛЯРНОЙ АРТЕРИИ ЧЕЛОВЕКА В ЭМБРИОНАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

**А. В. Горбунов, П. А. Палатов, Е. В. Сеченева, Е. П. Евстигнеева**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(palatov.pavel01@gmail.com; Ekaterina48\_48\_secheneva@mail.ru;  
elizavetaevsti@gmail.com)

Базиллярная артерия (БА) образуется слиянием позвоночных артерий, следуя по поверхности моста до деления на две задние мозговые артерии. Известны варианты БА: гипоплазия, гиперплазия, сегментарная аплазия, удлинение и долихоэктазия ствола. В кровоснабжении продолговатого мозга БА участвует

посредством 8 – 10 артерий диаметром 0,5...0,7 мм. БА длина – 1,5...4,1 см, диаметр – 2,5...5,0 мм. БА заканчивается двумя ветвями, называемыми задними мозговыми артериями, которые снабжают заднюю часть полушарий головного мозга. Базилярная артерия доставляет кровь в несколько важных областей мозга и ствола мозга. Она также обеспечивает мозжечок, который регулирует равновесие, осанку, координацию и связан с речью.

По своему ходу базилярная артерия распадается на несколько важных ветвей.

*Передняя нижняя мозжечковая артерия (АІСА):* один из трех основных источников крови для мозжечка, АІСА возникает вблизи медулло-понтийского соединения.

*Лабиринтная артерия:* в некоторых случаях эта артерия возникает непосредственно из базилярной артерии, хотя также наблюдалось, что она ответвляется от АІСА.

*Понтийские артерии:* это ряд мелких сосудов, которые отходят от базилярной артерии для снабжения моста.

*Верхняя мозжечковая артерия:* последняя крупная ветвь перед окончанием базилярной артерии, этот сосуд прокладывает свой путь вверх, помогая снабжать мозжечок – область мозга, которая регулирует координацию движений и равновесие.

Существует ряд изменений анатомии базилярной артерии. К ним относятся:

*Анастомоз сонно-базилярной артерии:* этот редкий случай, встречающийся менее чем в 0,5% случаев, характеризуется наличием соединений между базилярной и сонной артерией.

*Расширенная базилярная артерия:* состояние, при котором артерия имеет отверстия, что приводит к дублированию ее частей для компенсации.

*Гипопластическая базилярная артерия:* часто ассоциируется с анастомозом сонно-базилярной артерии, это случай неполного развития базилярной артерии.

Для изучения БА в эмбриональном периоде применяются методы: гистологических срезов, количественной гистологической морфометрии.

*Метод гистологических срезов* – способ диагностики заболевания на тканевом уровне – исследование под микроскопом специально подготовленного участка патологической ткани позволяет выявить его особенности и точно поставить диагноз.

В процессе морфометрического анализа изучалось и сравнивалось в зависимости от параметров и возраста: длина артерий, их диаметр, а также площадь закладок артерий. Морфометрия обнаружила линейное увеличение всех значений параметров прямо пропорционально возрасту.

Вывод: БА служит одним из основных каналов для кровообращения головного мозга, следовательно, необходимы знания об ее индивидуальном развитии, в том числе с использованием технологии цифровизации.

### **Библиографический список**

1. Горбунов, А. В. Эволюция артерий головного мозга человека / А. В. Горбунов. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – 152 с.

## **БЮДЖЕТНАЯ ВИДЕОТЕПЛОВИЗИОННАЯ СИСТЕМА СКРИНИНГА ГЛАУКОМЫ ГЛАЗ**

**Д. Д. Гречуха**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: Grechuha.darya@yandex.ru)

Глаукома – одно из самых грозных заболеваний глаз, приводящих к потере зрения. Согласно имеющимся данным, глаукомой страдают около 3% населения, а у 15% незрячих людей во всем в мире глаукома послужила причиной слепоты.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью контролировать и оценивать прогрессирование стадии первичной глаукомы на ранней стадии в автоматическом режиме.

Проблема. Существующая система контроля требует больших временных затрат и больших денежных вложений и потому не может охватить большое число школьников, медосмотр проводится формально.

Решение. Для медицинского учреждения разрабатывается система скрининг-контроля, которая в отличие от альтернативы будет производить диагностику без прямого участия медперсонала в процессе движения обследуемого перед системой контроля. В результате сокращается время обследования, и можно использовать одну систему для скрининг-контроля в нескольких учреждениях.

Для реализации способа диагностики глаукомы необходимо произвести выделение области глаз. Для этого был разработан алгоритм выделения. Покажем основные элементы алгоритма.

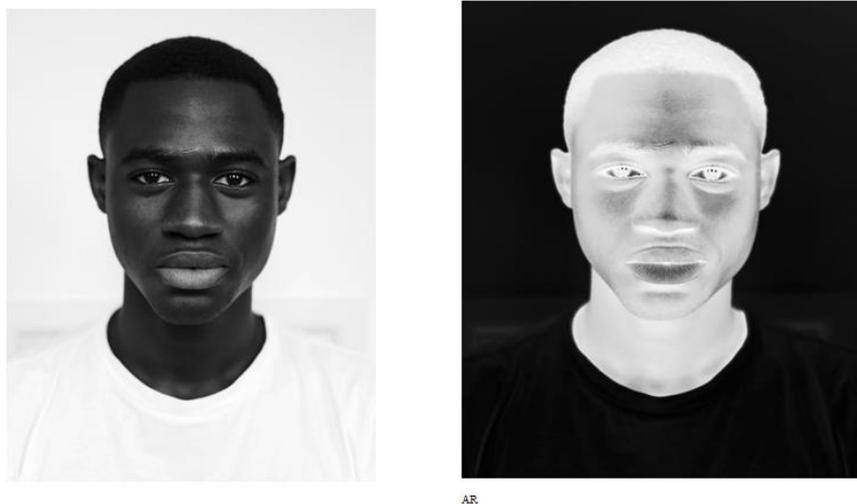


Рис. 1. Исходное и негативное изображения

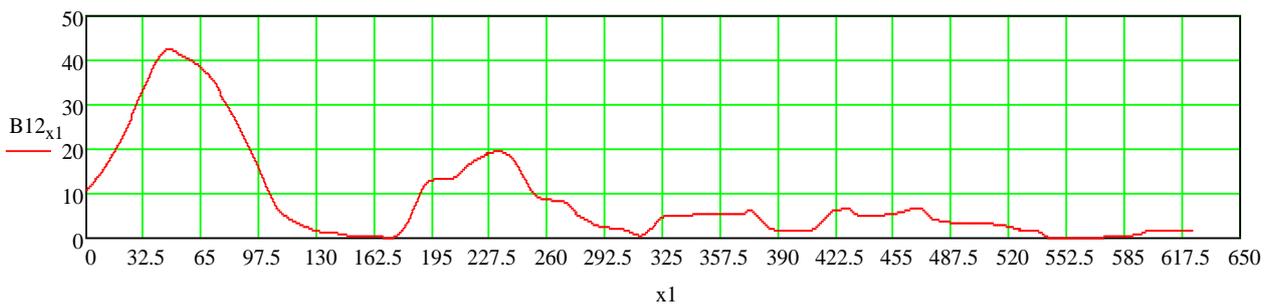


Рис. 2. График выделения области глаз по вертикали



Рис. 3. Изображение выделенной области глаз по вертикали

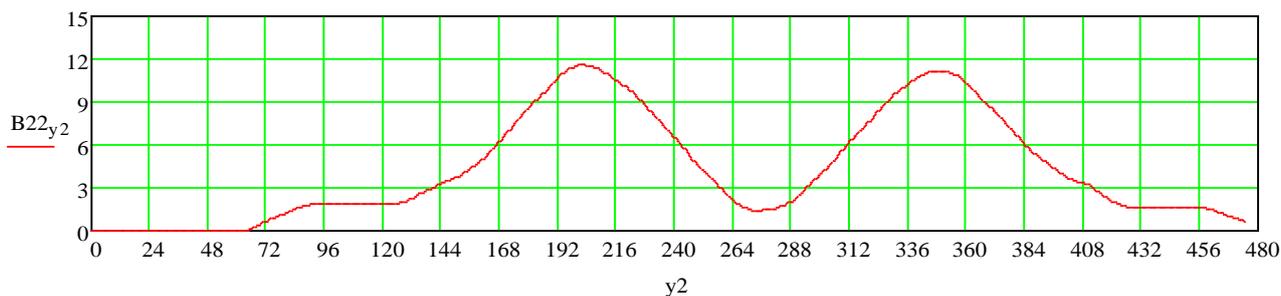


Рис. 4. График выделения области глаз по горизонтали

В результате обработки получают координаты левого правого глаз.

Таким образом, разработана бюджетная видео-тепловизионная система скрининга глаукомы глаз.

### **Библиографический список**

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

2. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.

3. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

4. 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. 3. – С. 123 – 128.

5. 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.

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БИОХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ**

**Д. Д. Гречуха**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Grechuha.darya@yandex.ru)

Все исследования в медицинской практике, несмотря на их зашкаливающую многочисленность, можно разделить на 2 базовых сегмента: во-первых, это визуальная диагностика, которая основана на инструментальных методах и, во-вторых, лабораторная диагностика. Последняя в своем арсенале имеет методы лабораторных исследований крови или же других биологических материалов.

Актуальность данной темы обусловлена важностью комплексной оценки состояния больного, при постановке диагноза, в оценке прогноза течения заболеваний, мониторинге терапии, а также при скрининге населения при профилактике заболеваний.

Биохимический анализатор – высокоточный лабораторный прибор для определения параметров крови, плазмы, мочи и других биологических материалов. Позволяет выявлять наличие и концентрацию электролитов, ферментов, липидов, другие медицинские показатели.

Была разработана информационная модель ИМТ – биохимических анализаторов на языке UML (рис. 1).

Класс «Назначение и цели использования» включает в себя атрибуты, имеющие тип Boolean, – «Аналитический анализатор», «Биохимические исследования», «Определении множественных аналитов клинической химии».

Отдельно на Информационной модели биохимических анализаторов были выделены инновации (рис. 2).

Инновацией анализатора «Патенты» является полезная модель «Устройство автоматическое биохимического анализатора».

Целью инновации «Оптимизация расписания автоматического биохимического анализатора на основе оптимизации роя частиц» является снижение времени обнаружения и повышение эффективность.

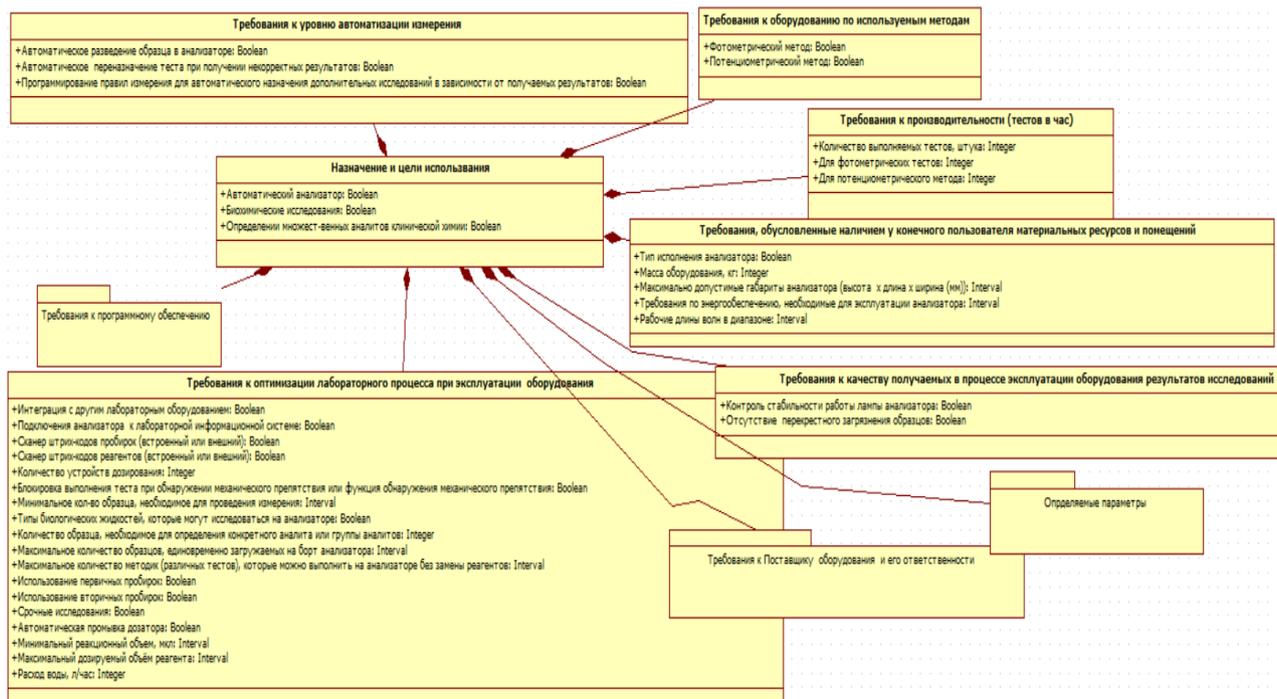
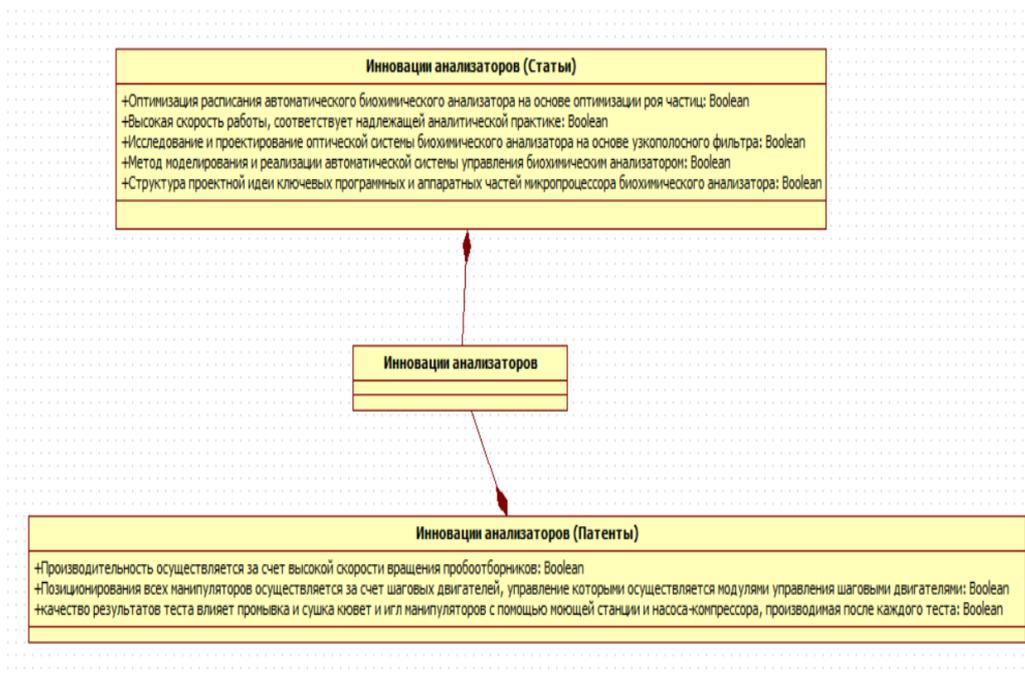


Рис. 1. Диаграмма классов: пакет классов «Биохимические анализаторы»



**Рис. 2. Пакет классов «Иновации анализаторов»**

Целью инновации «Высокая скорость работы, соответствует надлежащей аналитической практике» является оценка производительности нового открытого многопараметрического анализатора Olympus AU 600, предназначенного для рутинного биохимического анализа биологических образцов.

Целью инновации «Исследование и проектирование оптической системы биохимического анализатора на основе узкополосного фильтра» является значительное повышение эффективности приема фиолетового и ультрафиолетового.

Целью инновации «Метод моделирования и реализации автоматической системы управления биохимическим анализатором» является рассмотрение структуры Автоматического биохимического анализатора для клинической практики.

Целью инновации «Структура проектной идеи ключевых программных и аппаратных частей микропроцессора биохимического анализатора» является структура проектной идеи ключевых программных и аппаратных частей микропроцессора биохимического анализатора СА-1680.

### **Библиографический список**

1. 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. 3. – С. 123 – 128.

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.

## **ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ РЕЖИМОВ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

**Е. П. Долгов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Toveg2@yandex.ru)

Искусственная вентиляция легких одно из важнейших лечебных мероприятий в современной интенсивной терапии. Показания к проведению искусственной вентиляции легких (ИВЛ) в наше время значительно расширились в связи с появлением современной аппаратуры. Поскольку задача определения параметров вентиляционного оборудования полностью выполняется врачом, знания и опыт врача в выборе этих настроек напрямую влияют на точность его решений. В связи с огромной информационной нагрузкой на врача даже специалисту с большим опытом трудно учитывать все особенности поступающих пациентов, что в итоге отражается на точности и эффективности проведенного лечения.

Различные подходы к управлению вентиляцией легких позволяют работать с разными параметрами [1]. Выделяют два основных режима управления искусственной вентиляцией: по объему и давлению.

*Управление по объему* (Volume Controlled Ventilation VCV) (рис. 1) позволяет задавать значения дыхательного объема и минутной вентиляции. Давление в дыхательных путях при этом является производным фактором. Переключение на выдох происходит из-за истечения заданного на вдох времени или из-за подачи установленного объема.

*Управление по давлению* (Pressure controlled ventilation PCV) (рис. 2) позволяет задавать величину давления. Дыхательный объем не задается и контролируется средствами измерения. Переключение на выдох осуществляется из-за истечения заданного на вдох времени или из-за достижения заданного давления. Методика используется потому, что повышение максимального давления вдоха  $P_{\max}$  может представлять для пациента опасность.

Необходимо отметить, что для большинства методик вентиляции на практике применяется положительное давление в конце выдоха (Positive

end expiratory pressure РЕЕР или ПДКВ). Иногда, вследствие повышенного сопротивления дыхательных путей и(или) сокращения длительности выдоха вследствие установки большой частоты вентиляции и увеличения относительной длительности вдоха ПДКВ возникает вопреки желанию оператора. Более того, оно может достаточно возрасти внутри легких, но остаться незаметным в точке измерения давления, т.е. на входе в дыхательные пути. Эта ситуация, распознаваемая по кривой скорости газа, называется авто-ПДКВ.

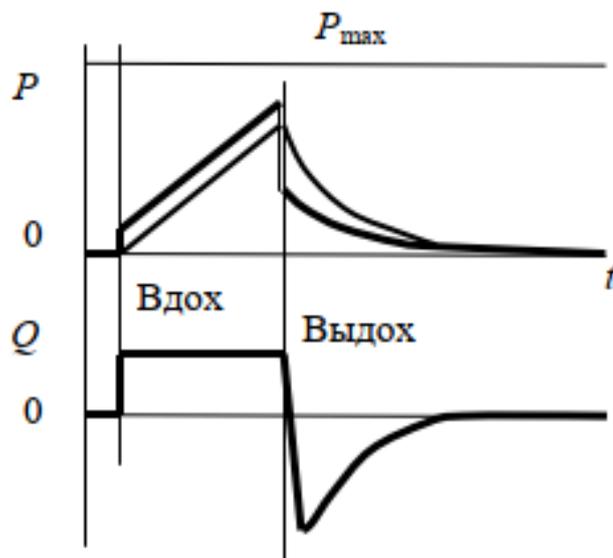


Рис. 1. Вентиляция, управляемая по объему (VCV)

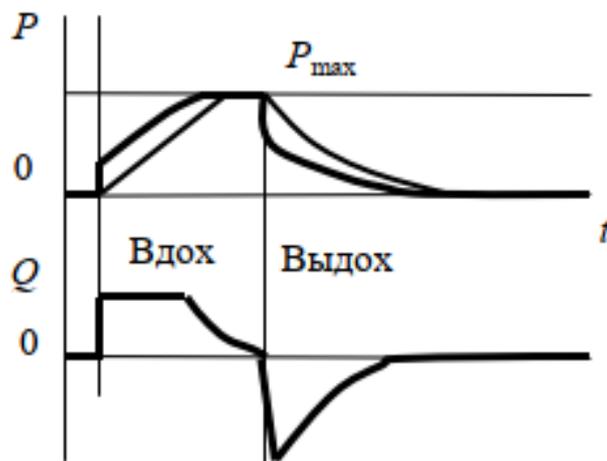


Рис. 2. Вентиляция, управляемая по давлению (PCV)

В последнее время произошел резкий скачок в повышении эффективности ИВЛ [2]. Рассмотренные в статье основные подходы к выбору режимов вентиляции легких позволяют качественно и эффективно использовать ИВЛ в клинической практике.

## Библиографический список

1. Фролов, С. В. Наркозно-дыхательная аппаратура : учебное пособие / С. В. Фролов, А. Ю. Куликов, В. М. Строев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 96 с.
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.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

**Е. П. Евстигнеева**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: elizavetaevst44@gmail.com)

Компьютерная томография – это вид рентгенологического исследования. Но отличается тем, что из имеющейся серии изображений можно построить трехмерное изображение или получить срезы, сделанные в произвольных плоскостях, отличных от плоскости исходного сканирования.

Перспективы использования компьютерной томографии связаны с совершенствованием аппаратной части КТ-сканера, разработкой новых конструкций, например, КТ-сканеров с двумя рентгеновскими трубками, а также развитие программного обеспечения, позволяющего проводить исследования на функциональном уровне. Очевидно, что будущие разработки должны определяться не столько прогрессом в технической области, сколько реальными потребностями в клиническом применении КТ и той пользой, которую можно будет ожидать от внедрения новых технологий томографии. Это одна из важных причин по которой нельзя развитие КТ свести просто к механическому удвоению числа срезов каждые пять лет.

Будущее КТ можно анализировать с разных точек зрения – общемедицинской, радиологической, экономической, физической или технической. Прямое сравнение КТ с МРТ и ПЭТ свидетельствует о существенно большей рентабельности КТ. Как и в компьютерной индустрии цены на КТ снижаются, а рабочие характеристики томографов постоянно улучшаются. Потребность новых разработок в КТ возникает вместе с новыми требованиями к диагностике в связи с появлением новых областей применения этого метода в медицине.

Из современной клинической практики следует по крайней мере 2 общепризнанные задачи для разработчиков КТ:

1. Повышение временного разрешения при исследованиях сердца;
2. Увеличение охвата в продольном направлении (по оси Z) при исследованиях перфузии, например, головного мозга или миокарда.

На данный момент существует четыре перспективных направления в развитие компьютерной томографии:

Снижение лучевой нагрузки. Увеличение беспокойства по поводу высоких уровней лучевой нагрузки стимулировало производителей сосредоточиться на производстве технологий снижения дозы. Например, технология Philips, примененная в сканере Ingenuity позволяет снизить нагрузку на 80% по сравнению с традиционными методами.

Гибридные сканеры. Гибридные сканеры подразумевают комбинирование КТ с ПЭТ или ОФЭКТ. Таким образом, ПЭТ/КТ сканер предлагает точную пространственную локализацию функциональных изменений, а также их функциональной оценки. В результате около 10% установленных в мире КТ сканеров являются гибридными системами.

КТ с двумя источниками энергии. Такие сканеры используют два источника энергии – высокомоощный и маломощный. Данные, полученные при помощи маломощного источника, имеют высокую контрастность и высокий уровень шума. Данные с высокомоощного источника имеет низкий уровень шума, который снижает контраст, следовательно, для получения изображений требуется меньшее число сканирований.

Мультидетекторные системы. В таких системах используется многомерный массив детекторов вместо линейного массива, как у обычных КТ. Это дает возможность получать большее количество срезов, и таким образом повышает скорость получения изображения. Данный метод позволяет увеличить качество изображения при увеличении скорости сканирования.

### **Библиографический список**

1. 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.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

3. 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. 3. – С. 123 – 128.

4. 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.

5. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

6. 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.

7. Фролова, Т. А., Разработка информационной модели на примере гематологических анализаторов / Т. А. Фролова, А. Н. Севодина // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 283–284.

## **НОВЫЕ НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ БИОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

**В. В. Еськов, В. В. Григоренко, А. Кухарева**

БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»,

Сургут, Россия

(e-mail: grigv\_84@mail.ru)

При разработке биотехнических устройств и систем управления биопроцессами возникает острая необходимость в идентификации главных диагностических признаков из всех переменных  $x_i(t)$ . Эти все параметры  $x_i(t)$  образуют вектор состояния биосистемы  $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ . Такой вектор  $x(t)$  в  $m$  – мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) представлен точкой (в данный момент времени  $t$ ) или фазовой траекторией (при регистрации биосистемы на интервале времени  $\Delta t$ ). Возникает проблема описания такой фазовой траектории в ФПС. До настоящего времени задача минимизации размерно-

сти  $m$  такого ФПС не имела общего решения во всей теории динамических систем (ТДС) и различных стохастических приближениях. Это задача системного синтеза. Отметим, что в ТДС биосистему можно описывать одной точкой  $x(t)$  в ФПС, а в стохастике нужны выборки, где разработаны правила (законы) сравнения выборок, по которым мы можем судить о неизменности биосистемы (стационарности) или об изменениях.

Более 20-ти лет назад был открыт эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ), который ограничил такой подход для биосистем [1]. Этот ЭЕЗ доказал гипотезу W. Weaver [2] о специфике биосистем и показал низкую эффективность применения особых методов в статистике при изучении состояния биосистем. В ЭЕЗ фактически доказано отсутствие статистической устойчивости любых параметров  $x_i(t)$  любой биосистемы. ЭЕЗ доказывает потерю эргодичности систем третьего типа СТТ (по W. Weaver). Это означает, что мы не можем повторить любую выборку любой биосистемы, но при этом СТТ находится в неизменном состоянии. Статистика не может описывать не эргодичные системы [1]. Если все статистические функции непрерывно и хаотически изменяются (со временем), то такую систему нельзя описывать в рамках статистики, а нахождение главных динамических признаков  $x_i^*$  будет иметь разовый характер (только для данной выборки на данном интервале  $\Delta t_1$ ). Напомним, что задача нахождения главных диагностических признаков  $x_i^*$  и минимизация размерности ФПС (переход от  $m$  к  $n$ , где  $n < m$ ) называется системным синтезом (СС). Этот СС в рамках детерминистской (ТДС) и стохастической науки (ДСН) не реализуется.

Возникает проблема управления сложными биосистемами, которые могут иметь порядок  $m > 3000$  (системы Форестера). Как выбрать из множества  $x_i(t)$  главные диагностические признаки  $x_i^*$ , как минимизировать размерность  $x(t)$  для ФПС? Решение такой проблемы мы нашли в вычислительных системах на базе искусственных нейронных сетей (ИНС). В этом случае мы использовали новые свойства реальных нейронных сетей мозга (НСМ), которые были открыты в ходе изучения ЭЕЗ на примере НСМ [1].

Детальное изучение параметров электроэнцефалограмм (ЭЭГ) показало, что выборки ЭЭГ не могут совпадать статистически (ЭЕЗ). Это и означает непрерывный хаос в работе НСМ. Но при этом НСМ непрерывно генерирует биопотенциалы  $x_i(t)$  в виде ЭЭГ. Общеизвестно, что мертвый мозг показывает покой в своей активности. Это означает, что  $dx/dt = 0$  и  $x_i(t) = \text{const}$ . В общем случае НСМ реверберирует и  $dx/dt \neq 0$  (постоянно). Это базовое свойство НСМ и при этом имеем статистический хаос (потерю эргодичности выборок ЭЭГ) [1].

В итоге мы имеем два фундаментальных свойства НСМ, которые сейчас используются в работе ИНС (хаос и непрерывные реверберации ( $dx/dt \neq 0$ )). Сейчас мы ввели в работу ИНС хаос и многократные повторные настройки (аналог реверберации) и получили разделение выборок диагностических признаков. До этого статистика не обнаруживала каких-либо различий в выборках (нами это трактуется как неопределенность 1-го типа). В итоге мы имеем не только различия в состояниях биосистем, но и после итераций ИНС (повторных настроек ИНС) мы получаем выборки весов  $W_i$  диагностических признаков  $x_i$ . Эти выборки обычно содержат число  $k \geq 100$  или даже  $k \geq 1000$  значений  $W_i$  и их можно ранжировать (их средние веса  $\langle W_i \rangle$ ) и мы получаем системный синтез. Можно выделить главные признаки  $x_i^*$  (для них обычно  $\langle W_i \rangle \gg 0,5$ ) и решаем задачу СС. Подчеркнем, что в рамках ДСН эта задача не может быть решена. Статистика будет показывать для каждой новой выборки свои величины значимости  $x_i(t)$ . В итоге мы решаем задачи СС с помощью ИНС в двух особых режимах (хаос и реверберации). С этими параметрами порядка можно уже работать в системах управления СТТ.

### Библиографический список

1. Еськов, В. М. Complexity: хаос гомеостатических систем / В. М. Еськов, В. А. Галкин, О. Е. Филатова ; под ред. Г. С. Розенберга. – Самара : Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
2. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – V. 36. – P. 536 – 544.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДАТЧИКОВ МАССЫ ТЕЛА В ИНКУБАТОРАХ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

**Н. Р. Журавлев**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: rust682003@gmail.com)

Инкубаторы новорожденных представляют собой специальное медицинское оборудование, которое используется для обеспечения оптимальных условий для развития новорожденных, особенно для тех, которые родились преждевременно или с недостаточным весом. Использование инкубаторов может повысить шансы выживания младенцев и улучшить их здоровье. Инкубаторы новорожденных – это специальные медицинские устройства, которые предназначены для обеспечения новорожденных оптимальными условиями для разви-

тия. Они используются для лечения недоношенных, недоразвитых и больных новорожденных. Инкубаторы обеспечивают оптимальные условия для поддержания тепла, влажности, концентрации кислорода и других факторов.

Датчик веса является одним из важнейших компонентов инкубатора новорожденных. Он позволяет медицинским работникам контролировать изменение веса новорожденных и на основании этого корректировать дозы питательных смесей и лекарств. Также датчик веса может использоваться для контроля за потерей жидкости и для определения других физиологических параметров новорожденных. Перспективы развития темы инкубаторов новорожденных связаны с развитием новых технологий и материалов, которые позволят создавать более эффективные и удобные устройства. Также возможно улучшение программного обеспечения для контроля и регулирования параметров инкубации новорожденных. Новые разработки в области датчиков и других датчиков технологий могут способствовать созданию более точных и удобных устройств.

Некоторые из последних разработок в области инкубаторов новорожденных включают в себя создание инкубаторов с закрытыми системами, которые обеспечивают более высокую гигиеничность и предотвращают распространение инфекций. Также были созданы портативные инкубаторы, которые позволяют новорожденным получать оптимальные условия для развития в течение перевозки в другие медицинские учреждения или в условиях катастрофических ситуаций. Существуют исследования, направленные на создание инкубаторов новорожденных, которые используют технологии искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматического контроля и регулирования условий инкубации. Это может значительно упростить процесс ухода за новорожденными и повысить качество медицинской помощи.

Перспективы развития:

1) Автоматический мониторинг: Программное обеспечение для датчиков веса может предоставлять автоматический мониторинг веса младенца, позволяя медицинскому персоналу получать более быстрый и точный доступ к информации о весе младенца. Это также позволяет своевременно обнаруживать любые изменения в весе и принимать необходимые меры.

2) Автоматизация кормления: Программное обеспечение для датчиков веса может использоваться для автоматического регулирования количества питания и частоты кормления в зависимости от веса и потребностей младенца. Это может помочь медицинскому персоналу оптимизировать кормление младенца и предотвратить недостаток или избыток питания.

3) Автоматический мониторинг роста: Программное обеспечение для датчиков веса может использоваться для автоматического мониторинга роста младенца, позволяя медицинскому персоналу отслеживать рост младенца и выявлять любые проблемы в росте.

4) Улучшенная точность: Программное обеспечение для датчиков веса может повысить точность измерений веса младенца, что может быть критически важно для определения правильной дозировки лекарств и мониторинга здоровья младенца.

5) Удобство использования: Программное обеспечение может упростить процесс измерения веса младенца, облегчая работу медицинского персонала и уменьшая возможность ошибок при измерении.

6) Возможность сохранения и анализа данных: Программное обеспечение может предоставлять возможность сохранения и анализа данных о весе младенца, что позволяет медицинскому персоналу отслеживать изменения в весе и росте младенца, определять тенденции и выявлять любые проблемы.

Однако, необходимо продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы сделать инкубаторы новорожденных еще более эффективными и доступными для большего числа младенцев.

### **Библиографический список**

1. 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.

2. 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.

3. 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. 3. – С. 123 – 128.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ CAD<sub>e</sub>

Г. П. Ильин, Д. Д. Окулов, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: gregilyn@mail.ru)

К настоящему моменту одним из наиболее важных направлений диагностики является анализ разнообразных медицинских изображений. Большинство современных диагностических систем визуализации – КТ, МРТ, УЗИ – используют цифровые методы формирования и обработки получаемых изображений. Подобное представление данных открывает широкий спектр возможностей повышения информативности исследований и точности диагностики, снижая влияние человеческого фактора. Такие системы врачебной диагностики (англ. CAD – computer-aided diagnostics) входят в более широкий спектр систем ППВР (система поддержки принятия врачебных решений).

CAD-системы подразделяются на две группы: системы автоматизированного обнаружения (CAD<sub>e</sub>) и системы автоматизированной диагностики (CAD<sub>x</sub>). Подобные алгоритмы имеют ряд серьезных минусов: поскольку разные медицинские изображения для различных патологий требуют специфичной обработки и фильтрации, создание унифицированных CAD-систем сильно затруднено. Кроме того, часто подобные системы не способны эффективно работать с изображениями, на которых наблюдается несколько патологических паттернов. Развитие технологий машинного обучения делает перспективным разработку полностью автоматизированной интеллектуальной CAD-системы, совмещающей обнаружение и предварительный анализ, позволяющей выявлять разнообразные патологические паттерны.

Суть работы подобной программы заключается в следующем: на выборке изображений (например, КТ) определенной анатомической области создается эталонный образец, являющийся набором усредненных характеристик (распределение пикселей на изображении, расположение кластеров пикселей), представляющих здоровых пациентов определенных возрастных групп, пола. Изображения сегментируются с использованием метода k-средних (для определенного случая подбирается оптимальное количество k-центроид), после чего из выделившихся кластеров берется «опорный», характеристики элементов которого (в данном случае, взаимное расположение пикселей и их интенсив-

ность) позволяют наиболее точно определить исследуемую область на изображении, принцип его построения (рентген, ультразвук, ЯМР). Такой алгоритм, построенный на принципе глубокого обучения, будет способен выполнить две диагностические задачи: соотнести изображение в известной программе анатомической областью и выявить аномалию на изображении. Создавая выборки для интересующих исследуемых зон, можно добиться необходимой универсальности программы.

### **Библиографический список**

1. Diagnostic Performance of AI for Cancers Registered in A Mammography Screening Program: A Retrospective Analysis / Y. I. Kizildag, Y. O. Koyluoglu, M. E. Seker et al. // *Technol Cancer Res Treat.* – 2022. – V. 21. – DOI: 10.1177/15330338221075172
2. Stand-alone artificial intelligence for breast Cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists / Rodriguez-Ruiz A., Lång K., Gubern-Merida A. et al. // *J Natl Cancer Inst.* – 2019. – V. 111, No. 9. – P. 916 – 922. – DOI: 10.1093/jnci/djy222
3. Applying data-driven imaging biomarker in mammography for breast cancer screening: preliminary study / Kim E.-K., Kim H.-E., Han K. et al. // *Sci Rep.* – 2018. – V. 8. – No. 1. – DOI: 10.1038/s41598-018-21215-1
4. Хомидов, М. Э. Методы обработки биомедицинских сигналов и изображений / М. Э. Хомидов, Э. А. Гоипов // *Universum: технические науки : электрон. науч. журн.* – 2020. – № 8(77). – URL : <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10636>
5. Эффективность алгоритмов машинного обучения сверточной нейронной сети для обнаружения патологических изменений на магнитно-резонансных томограммах головного мозга / Ю. Д. Агафонова, А. В. Гайдель, П. М. Зельтер, А. В. Капишников // *Компьютерная оптика.* – 2020. – Т. 44, № 2. – С. 266 – 273. – DOI:10.18287/2412-6179-СО-671

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В НЕОНАТАЛЬНЫХ ИНКУБАТОРАХ

А. А. Коробов, К. С. Савинова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: korobov1991@mail.ru)

Как известно, современный инкубатор для новорожденных – объект, обладающий нелинейностью, нестационарностью, стохастичностью и многосвязностью. Сложность внутренней структуры неонатального инкубатора заключается в необходимости строгого контроля взаимосвязанных параметров жизнеобеспечения недоношенного – в особенности, уровня температуры и влажности. Необходимый уровень значений вышеописанных параметров достигается, чаще всего, за счет аппаратных средств, базирующихся на традиционных методах управления.

Однако классические методы управления не всегда пригодны и не могут гарантировать высокого качества контроля параметров сложной многосвязной системой управления – неонатальным инкубатором. Для решения этой проблемы реализуется ряд подходов, основанных на видах нейросетевого управления.

Авторами предлагается способ нейросетевого управления, применяемый для управления влажностью и температурой внутри инкубатора, основанный на градиентном методе [1 – 3].

В общем виде предложенная структура системы управления инкубатором для новорожденных, основанная на градиентном методе управления, представлена на рис. 1.

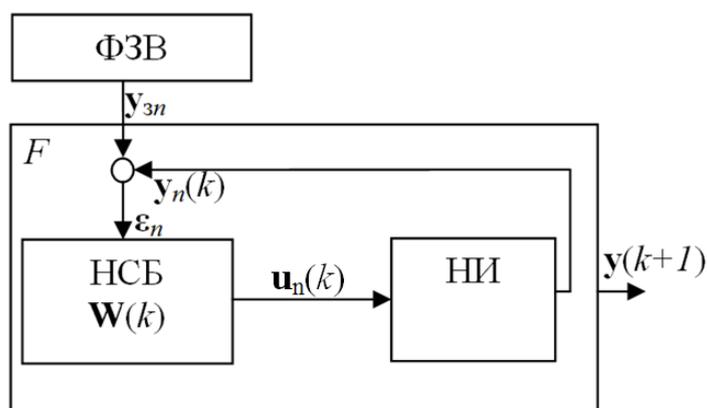


Рис. 1. Структурная схема управление динамической системой – инкубатором:  
ФЗВ – формирование задающих воздействий; НСБ – нейросетевой блок;  
НИ – неонатальный инкубатор

На рисунке 1 структурная схема представлена в виде динамической модели:

$$\mathbf{y}(k+1) = F(\mathbf{y}(k), \mathbf{W}(k)),$$

где  $\mathbf{W}(k)$  – вектор управляющих координат;  $k$  – шаг процесса;  $\mathbf{y}(k)$  – множество значений выхода динамической системы,  $\mathbf{y}_{\text{зн}}$  – множество значений задающего воздействия, формируемые в блоке формирования задающих воздействий;  $\boldsymbol{\varepsilon}(k)$  – вектор рассогласования вектора управляемых координат и вектора задающих воздействий.

Задача нейросетевого блока заключается в формировании вектора выходных управляющих параметров  $\mathbf{u}(k)$ , основанных на значениях  $\mathbf{W}(k)$  и  $\boldsymbol{\varepsilon}(k)$ , с применением алгоритма нейросетевого управления [1 – 3].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

### **Библиографический список**

1. Combined Method of Neurocontrol for Nonlinear Non-Stationary Object / Frolov S. V., Sindeev S. V., Korobov A. A., Potlov A. Yu. // 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2020. – P. 582 – 585.

2. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41 – 48.

3. Двухэтапная процедура синтеза управления нелинейными нестационарными объектами с использованием многослойного персептрона / С. В. Фролов, С. В. Синдеев, А. А. Коробов и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – № 8(3).

## **ЭЛЕКТРОАКОПУНКТУРНЫЙ СТИМУЛЯТОР**

**В. В. Крапивина**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [krapivina0202@gmail.com](mailto:krapivina0202@gmail.com))

Электроакупунктурный стимулятор – это аппарат для проведения фракционной мезотерапии (микронидлинга). Аппарат имеет одноразовый сменный картридж, в котором может быть от 12 до 48 иглоочек из хирургической стали, и совершает до 2000 проколов в минуту. Иглы способны менять длину и совершать колебательные движения. Глубина проникновения от 0,25 до 2,5 мм.

Принцип действия фракционной мезотерапии основан на механическом повреждении кожи с последующей регенеративной реакцией. Тончайшие иглы создают сразу же закрывающиеся микротравмы, что приводит к стимулированию работы фибробластов, высвобождению факторов роста и пролиферации клеток в виде неколлагенеза и неангиогенеза. Вновь образованные молодые волокна коллагена, эластина и капилляры встраиваются в дерму без образования фиброза, так как закрытие микротравмы происходит в течение нескольких минут и рубцевания соединительной ткани не происходит.

В ходе работы была рассмотрена функциональная схема электроакупунктурного стимулятора и по ней разработана принципиальная схема устройства в САПР Multisim (рис. 1).

Разработанная принципиальная схема электроакупунктурного стимулятора изображена на рис. 2.

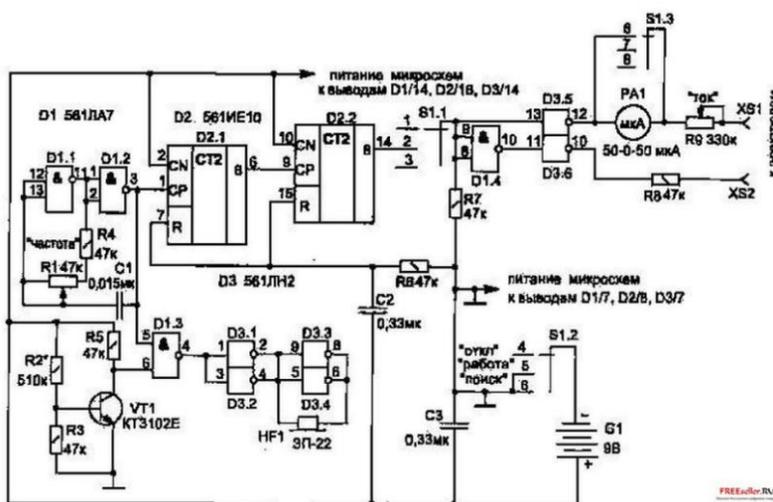


Рис. 1. Схема электроакупунктурного стимулятора

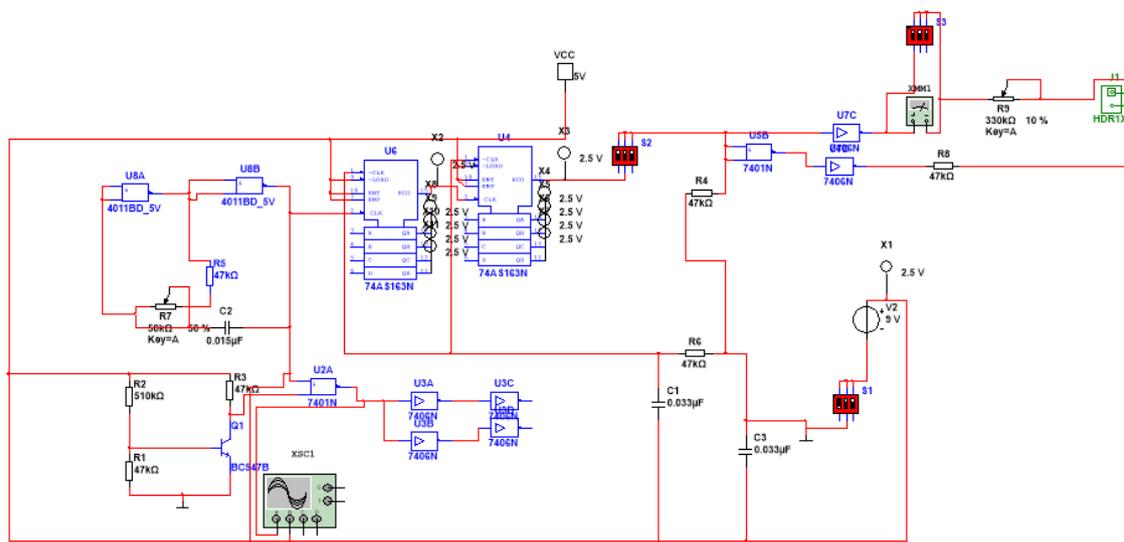


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

В настоящее время традиционное использование в медицине иглотерапии с успехом может заменить электрический стимулятор биологически активных точек. Этот простой прибор поможет самостоятельно лечить различные заболевания. Особенно он будет полезен при болезнях, дающих аллергическую реакцию в случае лечения химическими препаратами.

### **Библиографический список**

1. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.

2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

3. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

5. 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.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИОМЫ МАТКИ РАЗЛИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ НА МИКРОЦИРКУЛЯЦИЮ КРОВИ ЭНДОМЕТРИЯ**

**В. Ю. Крутикова<sup>1</sup>, Н. И. Поленов<sup>2</sup>, К. А. Закураева<sup>2</sup>, Е. В. Потапова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия  
(e-mail: krutikowa@bk.ru, potapova\_ev\_ogu@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт акушерства,  
гинекологии и репродуктологии имени Д. О. Отта», Санкт-Петербург, Россия  
(e-mail: polenovdoc@mail.ru, kareenz@yandex.ru)

Миома матки (ММ) является одним из наиболее распространенных доброкачественных новообразований женской репродуктивной системы с частотой возникновения 70...80%. Актуальным в практической гинекологии является поиск объективных критериев выполнения миомэктомий у пациенток, планирующих беременность.

В работе приведены результаты изучения влияния ММ различной локализации на микроциркуляцию крови эндометрия. Исследования проводились с помощью специально разработанной волоконно-оптической системы, включающей в себя диагностический комплекс «ЛАКК-М», реализующий методы лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС). Для регистрации оптических сигналов использовался лапароскопический оптоволоконный зонд диаметром 3 мм, который вводился в полость малого таза через инструментальный канал. Экспериментальные исследования проводились в качестве дополнительной диагностической процедуры в рамках плановой операции и были одобрены этическим комитетом НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д. О. Отта (протокол заседания № 110 от 10 июня 2021 г.). Точка исследования выбиралась для каждой женщины индивидуально, исходя из удобства выполнения основной гинекологической операции.

В зависимости от локализации МУ согласно классификации FIGO (The International Federation of Gynecology and Obstetrics), были сформированы 2 группы: I группа – 10 пациенток с множественной ММ (количество узлов от 2 до 4) и интрамурально- субмукозной локализацией одного миоматозного узла (2,3 тип по FIGO) с наибольшим диаметром самого крупного узла в пределах от 4-х до 6-ти см. Средний возраст пациенток составил –  $39 \pm 4$  года; II группа – 10 пациенток с интрамурально-субсерозными и интрамуральными узлами (тип 4-6 по FIGO) с наибольшим диаметром самого крупного узла от 4 до 6 см, средний возраст больных – ( $36 \pm 6$  лет). Количество МУ варьировалось от 2-х до 4-х. Исследования проводились на 8 – 11 день менструального цикла. Сигналы ЛДФ и ФС (возбуждение на длине волны 365 нм) регистрировались в ткани эндометрия.

Обработка полученных данных показала статистически значимое снижение показателя микроциркуляции в тканях эндометрия в I группе по сравнению со II группой (3,6 [2,0 – 5,3] пф. ед. vs 7,6 [6,0 – 8,6] пф. ед. соответственно). Отмечается тенденция к снижению амплитуд колебаний во всех диапазонах регуляции микроциркуляторного русла эндометрия. При анализе данных ФС отмечается увеличение сигнала у женщин I группы по сравнению с женщинами II группы: 0,45 [0,29 – 0,47] отн. ед. vs 0,26 [0,23 – 0,34] отн. ед. Известно, что в пролиферативную фазу менструального цикла (во время которой обследованы все пациентки) в эндометрии обильно присутствует коллаген VI типа [1]. Увеличение флуоресценции может быть связано с аномальным накоплением коллагена во внеклеточном матриксе или с накоплением НАДН, обусловленным недостаточностью кровообращения и начальной гипоксией [2].

Представленные исследования демонстрируют, что ММ 5–6-го типа (FIGO) не влияют на микроциркуляцию в эндометрии так, как это наблюдается в группе с ММ 2–3-го типа (FIGO). Полученная диагностическая информация может лечь в основу разработки показаний к проведению хирургического лечения ММ.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-15-00325).*

### **Библиографический список**

1. Aplin, J. D. An immunohistochemical study of human endometrial extracellular matrix during the menstrual cycle and first trimester of pregnancy / J. D. Aplin, A. K. Charlton, S. Ayad // Cell and Tissue Research. – 1988. – № 253(1). – P. 231–240.
2. Mayevsky, A. Mitochondrial function in vivo evaluated by NADH fluorescence : from animal models to human studies / A. Mayevsky, G. G. Rogatsky // American Journal of Physiology-Cell Physiology. – 2006. – № 292(2). – P. 615 – 640.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ**

**Н. Н. Крушатина**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: ninakrushatina89@gmail.com)

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – это неинвазивный метод, используемый для измерения и регистрации электрической активности головного мозга. Технология ЭЭГ существует уже более ста лет, но недавние достижения в области вычислительной мощности, хранения данных и машинного обучения привели к значительному повышению ее полезности и потенциала.

Одна из наиболее многообещающих перспектив для ЭЭГ находится в области интерфейсов мозг-компьютер (BCIS). BCIS – это устройства, которые позволяют людям взаимодействовать с компьютерами или другими электронными устройствами, используя свою мозговую активность. ЭЭГ является особенно привлекательным методом для BCIS, поскольку она неинвазивна, портативна и может обеспечивать высокое временное разрешение (т.е. возмож-

ность отслеживать изменения мозговой активности в режиме реального времени). Исследователи уже разработали BCI, которые могут позволить людям управлять роботизированными руками, печатать на компьютере и даже играть в видеоигры, используя свою мозговую активность. Потенциальные области применения такой технологии многочисленны и могут значительно улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями или двигательными нарушениями [1 – 6].

Еще одна многообещающая перспектива для ЭЭГ – в области психического здоровья. ЭЭГ уже давно используется в качестве диагностического инструмента при неврологических расстройствах, таких как эпилепсия и нарушения сна. Однако недавние исследования показали, что ЭЭГ также может быть использована для диагностики и мониторинга психических расстройств, таких как депрессия и тревога. В частности, исследования показали, что изменения в паттернах ЭЭГ могут быть использованы для прогнозирования реакции на лечение у пациентов с депрессией, что позволяет предположить, что ЭЭГ может быть использована в качестве инструмента персонализированной медицины в области психического здоровья.

Технология ЭЭГ также используется для изучения мозга способами, которые ранее были невозможны. Например, исследователи используют ЭЭГ для изучения нейронной основы сознания и того, как мозг обрабатывает информацию. ЭЭГ также используется для изучения воздействия психоделических препаратов на мозг, что может иметь важные последствия для лечения психических расстройств, таких как депрессия и зависимость.

Несмотря на эти многообещающие перспективы, существуют также некоторые проблемы, которые необходимо решить, чтобы ЭЭГ полностью раскрыла свой потенциал. Одной из серьезных проблем является проблема качества сигнала. На сигналы ЭЭГ может влиять ряд факторов, включая артефакты движения, шум и помехи от других источников. Исследователи работают над разработкой алгоритмов для улучшения качества сигнала, но в этой области еще многое предстоит сделать.

Другой проблемой является проблема индивидуальной изменчивости. Сигналы ЭЭГ могут сильно различаться у разных людей, что затрудняет разработку универсального подхода к анализу ЭЭГ. Исследователи работают над разработкой персонализированных подходов к анализу ЭЭГ, но это сложный и отнимающий много времени процесс.

В заключение можно сказать, что технология ЭЭГ обладает огромным потенциалом для широкого спектра применений, включая интерфейсы мозг-

компьютер, психическое здоровье и неврологию. Несмотря на некоторые проблемы, продолжающиеся исследования и разработки в этой области предполагают, что ЭЭГ будет продолжать играть важную роль в продвижении нашего понимания работы мозга и улучшении здоровья и благополучия человека.

### Библиографический список

1. 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.

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. 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. 3. – С. 123 – 128.

4. 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.

5. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

6. 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.

7. Фролова, Т. А., Разработка информационной модели на примере гематологических анализаторов / Т. А. Фролова, А. Н. Севодина // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 283–284.

## ВЫБОРОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОЦЕССА РИТМА СЕРДЦА

А. А. Кузнецов

Владимирский государственный университет  
им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, Владимир, Россия  
(e-mail: artemi-k@mail.ru)

Разнообразие внешних условий предопределяет разнообразие информационных форм их сопряжений с организмом человека, и назначает реакционное разнообразие режимов подстройки ритма сердца в широком диапазоне психоэмоциональных ФСО. Сохранение реакционной способности работы сердца в норме в режимах условной обратимости ритма, задает пределы параметрических диапазонов. Это обстоятельство создает проблему получения и адекватной трактовки результатов исследований применением метода сопоставлений и аналогий. Загромождение данных при индивидуальности реализаций сигналов делает этот метод малоэффективным и бессмысленным. Положение исправляется применением эталонной ритмограммы. При удачном приближении к некоей универсальной ритмограмме, приняв ее за эталон, все реализации реальных ритмов можно было бы сравнивать с ней. Эталон, по определению обязан удовлетворять всем статистическим признакам реализаций ритмов сердца здоровых молодых людей, отвечая универсальным формам реакционных сопряжений с внешними характерными динамическими признаками внешней среды и длинноволновым (интегральным) признакам.

Идеальному ритму удовлетворяет конечный цифровой ряд, созданный генерацией случайных чисел по нормальному закону. Если генерацию проводить по заданным величинам двух первых моментов реальной ритмограммы: математического ожидания (среднего  $\langle R-R \rangle$ ), стандартного отклонения ( $\sigma$ ) и шага дискретизации ( $\Delta x = 1$  мс), то в результате получим «виртуальную ритмограмму» с заданным распределением и минимальными значениями коэффициентов асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$ .

Виртуальные ритмограммы представляют идеальный ритм сердца, т.е. ритм, при котором текущие отклонения от среднего (наиболее вероятного) значения представляют виртуальный аналог системного процесса его поиска с разной схемой упорядочивания.

По данным  $\langle R-R \rangle$ ,  $\sigma$  ритмограмм трех юношей, рассмотренных в первой статье, и общему значению  $\Delta x = 1$  мс во встроенном программном обеспечении

*Excel* были сгенерированы 3 цифровых ряда (1г – 3г) случайных чисел под нормальный закон распределения. Размер рядов был выровнен на 20 минут числом отсчетов  $n$ .

При заданном исходном значении  $\langle R-R \rangle$  генератор случайных чисел формирует «по встроенному алгоритму» и «в рамках»  $\sigma$  поле текущих отклонений по единому тренду – нормализации итогового распределения. Именно это и позволяет трактовать используемый в генераторе алгоритм как поиск достоверности средне-выборочного значения и его соответствия наиболее вероятному значению. При этом все величины моментов меняются при наборе выборки очень незначительно. Так исходная величина  $\langle R-R \rangle$  имеет максимальную вариабельность, не превышающую 1% за первые 2, 3 и 5 минут у цифровых рядов 1г, 2г и 3г, соответственно. Вариабельность  $\sigma$  растет с ростом ее величины, но не превышает 10% у цифрового ряда 3г первые 10 минут. При этом уже почти заметно, что «встроенный алгоритм» генератора случайных чисел настроен на режим – автоколебательный. Для коэффициента асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$  этот режим проявляется ожидаемо более заметно в ограниченных рамках значений, т.к. эти параметры обратно пропорциональны  $\sigma^3$  и  $\sigma^4$ , соответственно. Это же указывает и на ожидаемую более сильную зависимость  $E(\sigma)$  при начальной вариабельности  $\sigma(n)$ .

Цифровой ряд, полученный генерацией случайных чисел около заданного среднего значения, с заданной величиной Стандартного отклонения и шагом дискретизации был назван выборочной реализацией виртуального процесса (ВРВП) ритма сердца. Он обретает в той или иной мере заданные «эталонные» признаки по сравнению с выборочными реализациями реальных процессов (ВРРП), стремящимися также приблизиться к нормальному распределению собственных величин моментов. Иными словами, если при обработке данных используется статистический метод, то это требует знания закона и функции распределения вероятностей. Если эти закон и функция не только известны, но и совпадают у двух цифровых рядов, то их следует считать «статистическими аналогами» и применять в сопоставлении одинаковый метод анализа.

## ПЕРЕХОДНЫЙ РЕЖИМ НОРМАЛИЗАЦИИ РИТМА СЕРДЦА

А. А. Кузнецов

Владимирский государственный университет  
им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, Владимир, Россия  
(e-mail: artemi-k@mail.ru)

В применении к ритму сердца здорового человека основной и первой задачей статистического анализа ритмограмм до-нозологических состояний является определение формы функций распределения случайных событий в виде последовательности  $R-R$  интервалов ритмограмм. Так по данным группы из 32 молодых здоровых людей 18 – 20 лет выбраны 3 ритмограммы трех юношей (клиентов) с отличием по признаку стационарного функционального состояния организма (ФСО): тренированный (1) и нетренированный (2) юноша в состоянии покоя стоя и юноша (3), находящийся в психическом и физическом возбуждении. Для ритмограмм всех троих был исследован процесс нормализации ритма по динамике четырех моментов при переходе из данного состояния в состояние покоя сидя.

Было обнаружено, что для молодых здоровых людей выход далеко от стационарного состояния «разрешенных рамках» адаптации, приводит к прогнозируемому запуску самопроизвольного обратимого процесса нормализации ритма. При высокой физиологической осмысленности действия самонастройки ритма по четырем моментам нормального распределения и в рамках системно-параметрического поиска нормального закона распределения разная параметрическая скорость оптимального перехода в стационарное состояние сопряжена с попеременным отставанием (сдвигом) и обязует переходу иметь нелинейный волновой механизм при отсутствии внешней регуляции.

Системно-параметрический характер поиска оптимального пути перехода в стационарное состояние (начала отсчета) сопряжения по всем четырем моментам объясняет нелинейный волновой характер формирования системно-параметрического стационарного состояния. Разные механизмы параметрического восстановления по параметрам асимметрии  $A$ , эксцесса  $E$  и по параметрам средне-выборочного значения  $R-R$  интервала и стандартного отклонения  $\sigma$  проходят с разной скоростью, набирая запаздывание (сдвиг) относительно друг друга, что приводит к повторному поиску оптимального сопряжения, и далее, к результирующему автоколебательному характеру поиска. Таким образом, параметрическая реакция нормального распределения ритмограмм на резкое изменение условий выхода из комбинированного функционального состояния

имеет характер «подстройки» с длинноволновым автоколебательным механизмом поиска оптимального пути нормализации ритма, придавая признак обратимости процессу нормализации ритма сердца. В классическом понимании это означает прохождение обратного алгоритма через те же промежуточные «энергетические» состояния. Но для ритмограммы при заданном шаге дискретизации промежуточные значения могут быть иными. Рост времени нормализации ритма сердца складывается из суммарных интервалов времен относительных задержек или сдвигов динамики параметров при поиске оптимального сопряжения. Здесь с одной стороны, об обратимости по какому-то признаку можно говорить только «по факту», с другой стороны, имеем приближение к границам адаптации. Выход за эти пределы ведет к невозврату и смене стационарности на промежуточных неравновесных процессах.

Переход из состояния «покоя стоя» в состояние «покоя сидя» означает физическое расслабление и в этой части ослабление изменений ФСО, что фиксируется качественно одинаковой динамикой формирования выборочных значений по всем четырем моментам распределений ритмограмм. Среднее значение  $\langle R-R \rangle$  для всех 32 обследуемых сначала падает, а затем растет. Так же ведет себя и значение  $\sigma$ . Разница лишь в том, что для клиента (3) этот переход при исходных малых значениях величин слабо выражен по амплитуде, во времени и скорости изменения.

Вполне резонно предположить:

1. При уменьшении исходных средне-выборочных значений  $\langle R-R \rangle$  и  $\sigma$  реакционная способность ритма на изменение ФСО человека падает.

2. Восстановление уровня сопряжения ФСО до заданного уровня физиологического состояния организма является длительной процедурой, особенно для нетренированного человека.

3. Установление тесного статистического вплоть до функционального сопряжения первых двух моментов распределения: значений средне-выборочного и стандартного отклонения.

4. Нормализация ритма по первым двум параметрам имеет релаксационный характер, по вторым – нелинейный волновой.

## РАДИОГЕНОМИКА В МРТ-ДИАГНОСТИКЕ

**А. В. Кузнецова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: irinka.dro@yandex.ru)

*Радиогеномика* – это быстро развивающаяся область, целью которой является изучение взаимосвязи между генетическими вариациями и реакцией на радиацию. В последние годы эта область приобрела значительный интерес в связи с расширением использования диагностических инструментов на основе радиации таких, как магнитно-резонансная томография (МРТ), которые стали важнейшим инструментом медицинской визуализации. Понимание геномных факторов, влияющих на реакцию на облучение, может помочь оптимизировать использование МРТ и повысить точность диагностики и результаты лечения [1 – 7].

Различия в генетическом составе могут влиять на реакцию на МРТ и другие методы диагностической визуализации. Например, некоторые пациенты могут быть более чувствительны к радиационному облучению, чем другие, из-за генетических вариаций, которые влияют на механизмы репарации ДНК. У других могут быть генетические вариации, которые влияют на то, как их организм поглощает и метаболизирует контрастные вещества, используемые при МРТ.

Радиогеномика направлена на выявление этих генетических вариаций и понимание того, как они влияют на реакцию на радиацию. Эта область обладает потенциалом для повышения точности диагностической визуализации и минимизации рисков, связанных с радиационным облучением. Понимая геномные факторы, влияющие на реакцию на облучение, клиницисты могут лучше адаптировать МРТ и другие методы диагностической визуализации к индивидуальным пациентам.

Одним из примеров актуальности радиогеномики в МРТ-диагностике является визуализация рака. МРТ является важнейшим инструментом для диагностики и мониторинга рака, но ее эффективность может быть ограничена у некоторых пациентов из-за генетических вариаций, влияющих на реакцию на облучение. Например, некоторые опухоли могут быть более чувствительными к радиации, чем другие, из-за различий в механизмах репарации ДНК. При диагностике рака радиогеномика может помочь выявить специфические генетические мутации, которые связаны с определенными фенотипами визуализации такими, как размер опухоли, локализация и агрессивность. Выявляя

эти генетические вариации, врачи могут лучше адаптировать лучевую терапию к индивидуальным особенностям пациентов и улучшить результаты лечения.

Еще одной областью, в которой радиогеномика может улучшить МРТ-диагностику, является выявление сердечно-сосудистых заболеваний, таких как атеросклероз. Радиогеномика может помочь повысить точность МРТ в выявлении и прогнозировании атеросклероза путем выявления генетических биомаркеров, которые связаны с развитием и прогрессированием заболевания. Например, недавние исследования показали, что генетические мутации в гене PCSK9 связаны с повышенным риском развития атеросклероза и могут быть использованы для прогнозирования вероятности прогрессирования заболевания.

Радиогеномика является многообещающей областью исследований, которая может повысить точность МРТ-диагностики. Идентифицируя генетические биомаркеры, которые связаны с определенными фенотипами визуализации, врачи могут разрабатывать более персонализированные и эффективные планы лечения широкого спектра заболеваний, включая рак, сердечно-сосудистые заболевания и неврологические расстройства. Поскольку эта область продолжает развиваться, и проводится все больше исследований, можно ожидать еще большего улучшения результатов лечения пациентов и качества медицинской помощи.

### **Библиографический список**

1. 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.
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. 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. 3. – С. 123 – 128.
4. 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.

5. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

6. 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.

7. Фролова, Т. А., Разработка информационной модели на примере гематологических анализаторов / Т. А. Фролова, А. Н. Севодина // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 283–284.

## **АРМ ВРАЧА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Р. А. Куликов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: i@roman-kulikov.ru)

В настоящее время появляется все больше кабинетов УЗИ диагностики, как в частных, так и в государственных учреждениях. Чтобы повысить скорость формирования протокола исследования врач УЗИ диагностики может воспользоваться готовыми шаблонами для каждого органа, где уже заранее будут заготовлены ключевые слова и предложения, расположенные в нужном порядке [1]. Врач вводит данные пациента, личные данные, используемые датчики и другую необходимую информацию. Затем на ультразвуковом сканере исследует пациента и получает набор ультразвуковых изображений, выполненных для конкретного органа и представляющих собой набор изображений, анализирует изображения и выбирает необходимые описательные признаки органа.

Выбор признаков происходит через интерактивный протокол исследования, где врач имеет возможность либо выбрать существующие признаки, либо добавить свои, а также внести дополнительные примечания для конкретного пациента. Признаки органа, заключения, а также нормы размеров для органа хранятся в базе данных, куда затем и сохраняются готовые протоколы пациента. После выбора необходимых описательных признаков, и ввода размеров органа, если это необходимо, все введенные данные получает предсказываю-

шая модель, которая позволяет на основе полученных данных рекомендовать заключение.

Для рекомендации заключения используется модель для машинного обучения с учителем [2]. В данном типе модели корректный результат модели явно обозначен для определенных входных данных. Это означает, что при считывании данных у алгоритма уже есть правильный ответ. Поэтому вместо поисков ответа такая модель стремится найти связи, чтобы в дальнейшем, при введении необозначенных данных, получался правильный прогноз.

В качестве входных данных для модели рекомендации заключения на основе машинного обучения используются выбранные врачом описательные признаки органа. Для каждого органа разработан свой набор признаков. Например, для органа печени будут признаки: расположение, размеры, контуры, формы, стенки, содержимое, образования при их наличии. Признаки могут быть описательными или числовыми, например, различные размеры органа, или измерения образований. Выходными данными будет диагноз исследования, который модель будет выбирать из заранее заготовленных диагнозов для каждого конкретного органа.

Для обучения модели предлагается использовать сбор данных с выполняемых врачами исследованиях, при их согласии. При каждом выполнении исследования мы можем собирать обезличенные данные об обследовании пациента, тесты получать набор признаков, выбранных и введенных врачом и конечный диагноз, который внес врач. Большой объем полученных данных будет позволять в течении времени ставить более точные диагнозы.

Брюшная полость. Акушерство, гинек. Моче-половая система. Суставы и мягкие ткани. Поверхностный эпит. Кардиология, сосуды. Доп. протоколы. Меню. [ ] X

Исследование внутренних органов + мочеви. система № 9

Информация о пациенте  
ФИО: \_\_\_\_\_ Дата рождения: \_\_\_\_\_ Пол: М [v] Новый пациент

Исследование  
Почки Мочевой пузырь Предстательная железа Дополнительно Заключение  
Печень Желчный пузырь Желчевыводящие пути Поджелудочная железа Селезенка

Акустический доступ: удовлетворительный. [v] Печень (текст органа) [v] Норма

Расположена обычн: края острые, с четкими ровными контурами, в размерах не увеличена.

[v] Размеры: КВР/ККР ККР левой доли мм. КВР правой доли мм.

Эхогенность обычна Эхоструктура однород, мелкозернистая.

[ ] очаговые образования [ ] наличие образования

Сосудистый рисунок печени не изменен, за счет ветвей воротной вены.

Диаметр воротной вены мм.

[v] Нижняя полая вена мм, печеночная вена мм.

Исследование внутренних органов и мочевой системы № 9

ФИО, г. рожд., пол: М, номер карты:  
Дата исследования: 19.04.2023 г, время: 20:50  
УЗ система: Ультразвуковая система, датчик: Выберите датчик

ПЕЧЕНЬ  
-> Акустический доступ удовлетворительный. <- Расположена обычно, края острые, с четкими ровными контурами, в размерах не увеличена. Размеры: ККР левой доли мм. КВР правой доли мм. Эхогенность обычная. Эхоструктура однородная, мелкозернистая. Сосудистый рисунок печени не изменен. Диаметр воротной вены мм (норма 15 мм). Нижняя полая вена мм, печеночная вена мм.

ЖЕЛЧНЫЙ ПУЗЫРЬ  
Визуализируется отчетливо. Расположен обычно, в размерах не увеличен, мм, с четкими ровными контурами, форма обычная, стенки не утолщены. Содержимое однородное.

ЖЕЛЧЕВЫВОДЯЩИЕ ПУТИ  
Акустический доступ к желчевыводящим путям удовлетворительный. Общий желчный проток визуализируется на всем протяжении, не расширен. В просвете желчевыводящих путей очаговых образований и конкрементов не выявлены. Внутрипеченочные желчные протоки не расширены.

ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА  
Акустический доступ удовлетворительный. Расположена обычно.

Врач: Демо врач [v] Авторасчет размеров (мочевой + предстат.) Очистить Сформировать протокол

Рис. 1. АРМ врача УЗИ для формирования протокола

Система является рекомендательной, и в случае ее ошибки врач сможет изменить заключение. В общем виде интерфейс интерактивного шаблона с признаками представлен на рис. 1.

### **Библиографический список**

1. Система поддержки принятия врачебных решений для формирования протокола ультразвуковых исследований / С. В. Фролов, В. В. Дубровин, А. Ю. Куликов, Р. А. Куликов // Врач и информационные технологии. – 2019. – С. 64 – 72.

2. Гусев, А. В. Основные рекомендации к созданию и развитию информационных систем в здравоохранении на базе искусственного интеллекта / А. В. Гусев, М. А. Плисс // Врач и информационные технологии. – 2018. – № 3. – С. 45 – 60.

## **ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА. УМНОЕ КОЛЕНО**

**В. О. Лычагина**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)

Хронические суставные патологии практически не поддаются лечению, более того, они прогрессируют, не оставляя человеку права на здоровое существование. С современными протезами после периода адаптации к новым ощущениям и «прикрепленным» возможностям тела можно вернуться к полноценной жизни.

Популярность протезирования суставов связана с фактической безальтернативностью предлагаемых решений. Эндопротезирование травматологии возвращает пациенту двигательные способности в тех случаях, когда возможности медикаментозной терапии и восстановительной хирургии оказываются исчерпанными.

На рынке сегодня представлено более 150 типов эндопротезов коленного сустава, изготавливаемых несколькими производителями. В рейтинге компаний, которые занимаются эндопротезированием первое место занимает компания Zimmer Biomet.

Американская компания Zimmer Biomet занимается производством эндопротезов на протяжении почти 100 лет. На сегодняшний день она выпускает

целый ряд имплантов, которые подойдут для пациентов любого возраста и пола. Продукцию данного производителя с успехом используют для выполнения однополюсного, малоинвазивного и тотального эндопротезирования.

На ежегодном собрании AAOS 2023 Zimmer Biomet представила свою новейшую разработку «умное» колено Persona IQ. Persona IQ – это первый и единственный в мире интеллектуальный коленный имплантат. Имплант позволяет врачам и медицинским бригадам собирать кинематические данные для конкретного пациента, включая функциональный диапазон движений в колене, количество шагов, пройденное расстояние, частоту, длину шага и среднюю скорость ходьбы, доступные удаленно через платформу tumobility.

«Умное» колено Persona IQ подбирается персонально под каждого человека. Широкий выбор размеров и форм компонентов позволяет оптимизировать их подгонку и балансировку мягких тканей. Бедренная кость, большеберцовая кость и надколенник изготавливаются независимо друг от друга и могут быть разрезаны в любой последовательности, используя принцип размерной резекции (удаление достаточного количества кости для ее замены протезом). При дальнейшей установке могут понадобиться корректирующие разрезы.

Сложности процессов организма вносят корректирующие ограничения в применение эндопротезов. Нейрохирурги в сотрудничестве с инженерами пытаются решить проблему. Исследователи стремятся обеспечить максимальную приживляемость протезов. В практической медицине используются инновационные достижения, но внедрение эффективных решений для широкого применения осложнено, и происходит замедленными темпами.



**Рис. 1.** «Умное» колено Persona IQ

## 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, 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. 3. – С. 123 – 128.
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.

## АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УМНОЙ ТЕПЛИЦЫ

**В. О. Лычагина, Т. А. Фролова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)

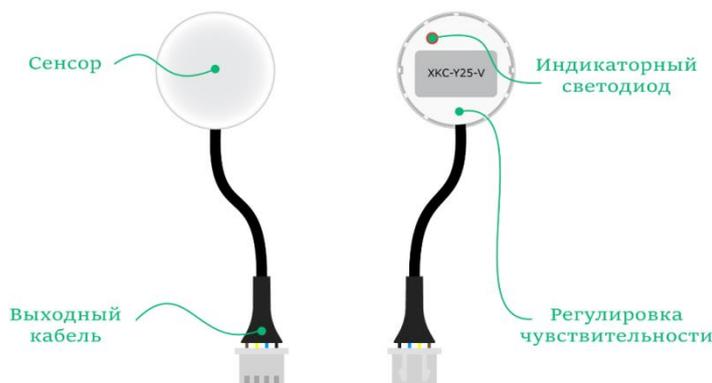
Образование и развитие неисправностей в различных биотехнических системах объясняется действием существующих закономерностей. Неисправности появляются в результате постоянного или внезапного снижения физико-механических свойств материала деталей, скачков напряжения и других причин, вызывающих разрушение деталей или выведение их из строя [1, 2].

Бывают состояния, когда все детали исправны, но система не функционирует по тем или иным причинам, так называемые критические состояния.

В умной теплице существует несколько критических состояний.

К примеру, одним из критических состояний является прекращение работы системы капельного автополива, за счет того, что закончилась вода в емкости. Система капельного полива работает с помощью мембранного насоса, к которому прикреплены два шланга. Мембранный насос – предназначен для перекачивания различных жидкостей. Жидкости всасываются в центральный патрубок и выходят через крайний. Когда вода в емкости заканчивается, насос не прекращает свою работу, что может повлечь за собой перебой и поломки в системе автополива.

Для того чтобы найти выход из данного критического состояния, важно правильно подобрать датчик, который будет контролировать уровень жидкости в емкости. Таким датчиком может служить бесконтактный датчик уровня жидкости ХКС-Y25-V (рис. 1).



**Рис. 1. Бесконтактный датчик уровня жидкости ХКС-Y25**

Бесконтактный датчик уровня жидкости ХКС-Y25-V – это простой и надежный способ защитить различные емкости от переполнения и контролировать нужный уровень воды.

Датчик выполнен на емкостном чувствительном элементе, который реагирует на изменение диэлектрической проницаемости. Это свойство позволяет сигнализатору уровня обнаруживать жидкость через различные не металлические препятствия: пластик, стекло, керамика. Максимальная толщина стенки препятствия и соответственно дистанция чувствительности сенсора составляет 12 мм. Датчик не имеет движущихся частей, что продлевает срок службы сенсора. Вся электроника залита компаундом, который обеспечивает защиту класса IP67, что гарантирует работу в пыльной среде и допускает кратковременное погружения в воду.

Для того чтобы оповестить пользователя о критическом состоянии, на телефон пользователя приходит смс с предупреждением, к примеру, о том, что уровень жидкости в емкости является критическим.

Большим достоинством является связь умной теплицы с телефоном, так как узнать о состоянии теплицы можно, даже находясь от нее на расстоянии. В умной теплице это реализуется с помощью платы расширения GSM/GPRS Shield A9, которая дает возможность устройству на Arduino использовать мобильную связь для отправки/получения SMS.

Таким образом, система автоматизированного управления теплицей позволяет оставлять теплицу с растениями без присмотра на неопределенный срок, оповещая пользователя о критических ситуациях.

## Библиографический список

1. 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.
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.

## ПРОБЛЕМАТИКА ШУМОПОДАВЛЕНИЯ В ЗВУКОВЫХ СИГНАЛАХ С ТОНИЧЕСКИМ ТИПОМ ЗАИКАНИЯ

**А. В. Медведева, А. А. Нечай**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: nechai2212@gmail.com)

Несмотря на индивидуальные особенности каждого отдельного пациента с заиканием, специалистам удалось выделить три основные формы:

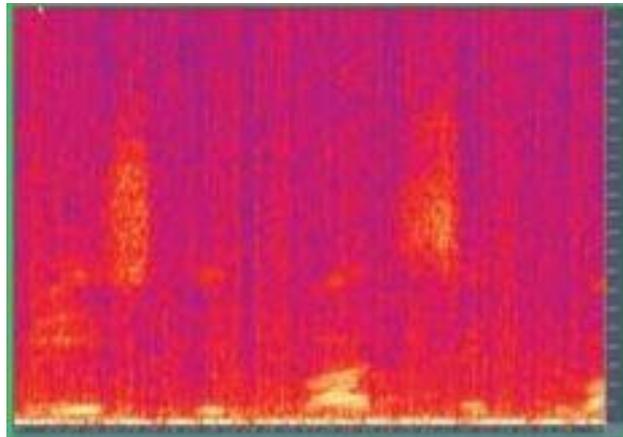
1. Тоническое (характерны длительные паузы в словах и растягивания гласных звуков).
2. Клоническое (невозможность проговаривать отдельные буквы или целые слоги).
3. Комбинированное (сочетает в себе симптомы двух предыдущих видов).

Спектрограмма клонического типа заикания будет иметь значимые по яркости яркие пики в небольшом количестве. Распознать данный тип заикания визуально довольно просто даже при условии наличия шумов в исследуемом сигнале.

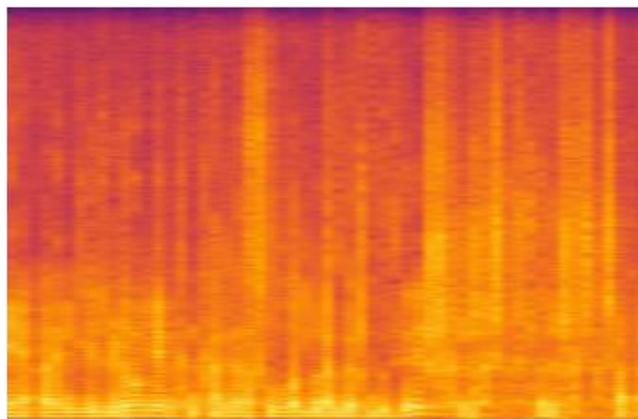
Тонический же тип более сложный с точки зрения анализа спектрограммы. Слог или отдельный звук могут быть растянуты на продолжительный период, что с точки зрения рисунка будет крайне схоже с белым шумом или же сильно зашумленным сигналом. Соответственно, наличие дефектов на записи способно значительно усложнить дальнейший анализ.

В рамках данной статьи комбинированный тип заикания рассматриваться не будет, так как ключевая сложность его анализа будет заключаться в той же патологии тонической формы.

На рисунке 1 представлена спектрограмма зашумленного сигнала, а на рис. 2 – спектрограмма аудиозаписи с тоническим типом заикания на гласный звук.



**Рис. 1.** Спектрограмма сигнала с коричневым шумом



**Рис. 2.** Спектрограмма записи с тоническим заиканием

Отсюда можно сделать вывод, что для заикания тонического типа классические методы шумоподавления не подходят. Единственный вариант избавления от шумов – применение методик адаптивного шумоподавления.

### **Библиографический список**

1. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. Айфичер. – М. : Вильямс, 2016. – 992 с.
2. Кравченко, В. Ф. Адаптивная цифровая обработка многомерных сигналов. На английском языке / В. Ф. Кравченко. – М. : Физматлит, 2009. – 360 с.
3. Попов, О. В. Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания / О. В. Попов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2012. – 341 с.

## ИНКУБАТОРЫ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

**А. С. Мовсесян**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: ognafdahest@gmail.com)

Инкубаторы, также известные как неонатальные инкубаторы, представляют собой медицинские устройства, которые обеспечивают контролируемую среду для недоношенных или больных новорожденных. Инкубаторы обычно используются в больницах и отделениях интенсивной терапии новорожденных (NICU) для поддержки новорожденных, нуждающихся в дополнительной медицинской помощи, например, тех, кто родился недоношенным или с определенными заболеваниями.

На протяжении многих лет инкубаторы зарекомендовали себя как спасательные устройства для новорожденных, обеспечивающие им безопасную и контролируемую среду во время их развития. С развитием технологий и медицинских исследований перспективы инкубаторов для новорожденных улучшаются с каждым днем [1 – 6].

Одним из наиболее значительных преимуществ инкубаторов для новорожденных является их способность обеспечивать стабильную и контролируемую среду для недоношенных детей. Недоношенные дети подвергаются более высокому риску развития осложнений со здоровьем, поскольку их органы и системы организма развиты не полностью. Инкубаторы помогают регулировать температуру, влажность и уровень кислорода, которые имеют решающее значение для роста и развития новорожденных.

Инкубаторы также позволяют внимательно следить за жизненно важными показателями ребенка, такими как частота сердечных сокращений, дыхания и уровень кислорода. Эта информация помогает медицинским работникам своевременно выявлять любые потенциальные проблемы со здоровьем и принимать соответствующие меры.

В последние годы в неонатальных инкубаторах произошло несколько технологических достижений. Например, в настоящее время существуют инкубаторы, которые используют неинвазивные методы для мониторинга жизненно важных показателей ребенка, что снижает необходимость в инвазивных процедурах мониторинга. Существуют также инкубаторы, имитирующие звуки и движения матки, что может помочь успокоить недоношенных детей и улучшить их развитие.

Более того, использование инкубаторов вышло за рамки традиционных больничных условий. В настоящее время существуют мобильные инкубаторы, которые могут использоваться в машинах скорой помощи, вертолетах и других транспортных средствах для оказания новорожденным медицинской помощи во время транспортировки в больницы или другие медицинские учреждения.

Несмотря на многочисленные преимущества инкубаторов для новорожденных, существуют также некоторые проблемы, которые необходимо решить. Одной из наиболее серьезных проблем является стоимость инкубаторов. Инкубаторы могут быть дорогостоящими в приобретении и обслуживании, что делает их недоступными в некоторых частях мира, где медицинские ресурсы ограничены.

Еще одна проблема заключается в том, что длительное использование инкубатора может привести к задержке развития новорожденных. Исследования показали, что длительное использование инкубаторов может задержать развитие некоторых двигательных и когнитивных навыков. Однако это можно смягчить с помощью регулярных оценок развития и соответствующих вмешательств.

В заключение можно сказать, что перспективы инкубаторов для новорожденных радужны, учитывая постоянный технологический прогресс и усовершенствования в медицинских исследованиях. Инкубаторы продолжают играть важнейшую роль в оказании медицинской помощи недоношенным или больным новорожденным, и их преимущества намного перевешивают потенциальные проблемы. При постоянных инвестициях и развитии инкубаторы могут спасти бесчисленное множество жизней новорожденных и улучшить состояние здоровья недоношенных и больных детей.

### **Библиографический список**

1. 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.

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. 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. 3. – С. 123 – 128.

4. 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.

5. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

6. 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.

7. Фролова, Т. А., Разработка информационной модели на примере гематологических анализаторов / Т. А. Фролова, А. Н. Севодина // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2020. – С. 283–284.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ИВЛ**

**Н. Р. Моргунов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: morgunov68ru@gmail.com)

Искусственная вентиляция легких является важным компонентом современной медицинской помощи, играющим жизненно важную роль в ведении пациентов с дыхательной недостаточностью. На протяжении многих лет многочисленные достижения в области технологии искусственной вентиляции легких привели к разработке устройств искусственной вентиляции легких. Эти устройства используются для дополнения или замены нормального дыхательного газообмена пациента, чтобы улучшить насыщение кислородом и уменьшить нагрузку на дыхание [1 – 3]. Существует два основных типа аппаратов искусственной вентиляции легких: неинвазивный и инвазивный метод.

Неинвазивные устройства портативны, просты в применении и обеспечивают низкий уровень газообмена. К таким устройствам относятся назальные канюли, маски для лица и устройства типа шлема. Каждое устройство требует,

чтобы в дыхательные пути пациента подавалось определенное положительное давление, чтобы дополнить его нормальное дыхание.

**Назальная канюля.** Назальные канюли легкие, ненавязчивые и простые в использовании. Они обеспечивают низкий приток кислорода к дыхательным путям пациента, обеспечивая удобный и эффективный способ проведения кислородной терапии.

**Маски для лица.** Маски для лица могут обеспечить больший приток кислорода, чем назальные канюли, но являются более навязчивыми и требуют большей степени сотрудничества пациента. Эти устройства могут быть установлены на лице пациента и обеспечивать более концентрированный приток кислорода в дыхательные пути.

**Устройства типа шлема.** Устройства типа шлема предназначены для полного закрывания головы пациента, обеспечивая высокий приток кислорода в дыхательные пути. Эти устройства обычно используются в случаях тяжелой дыхательной недостаточности, когда требуется большая степень насыщения кислородом.

**Инвазивные устройства** более сложны и для их установки требуется инвазивная хирургия. Эти устройства обычно используются в случаях прогрессирующей дыхательной недостаточности, когда необходим более надежный источник кислорода.

**Экстракорпоральная мембранная оксигенация.** Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО) – это усовершенствованная форма искусственной вентиляции легких, при которой используется внешний насос и мембрана для обеспечения высокого притока кислорода к пациенту. Это устройство обычно используется в случаях тяжелой дыхательной недостаточности, когда требуется большая степень насыщения кислородом.

Производители аппаратов искусственной вентиляции легких – это известные российские, европейские и американские компании. Ключевыми производителями аппаратов ИВЛ в России являются: Уральский приборостроительный завод, ООО «Тритон-ЭлектроникС», Научно-производственный комплекс «Оптима», ЗАО «Медпром», ООО «ТМТ» и др.

Однако, на территорию РФ ввозится большое количество аппаратов ИВЛ зарубежного производства. Основными зарубежными производителями являются: компания Dräger, Philips, General Electric, Chirana Venar.

Перспективы развития аппаратов ИВЛ. Будет продолжаться работа аппаратов без подачи извне сжатого воздуха и использование сжатого кислорода только для оксигенации вдыхаемого воздуха. Для аппаратов наиболее высокого

класса будет преимущественно использоваться более гибкая схема с управляемыми клапанами в линиях вдоха и выдоха. В ней найдут применение электромагнитные устройства, позволяющие управлять не только временными характеристиками, но и расходом газа.

По-прежнему будет применяться микропроцессорное управление с использованием современной элементной базы и обеспечиваться разборность дыхательного контура. Еще большее внимание будет уделено упрощению управления аппаратами, в том числе путем использования автоматической стабилизации заданных оператором характеристик.

Особенно быстро будет развиваться оснащение аппаратов встроенными и придаваемыми мониторами с измерением показателей давления и объемных характеристик ИВЛ и с сигнализацией о выходе основных характеристик вентиляции из заданного диапазона. В аппаратах высокого класса, по-видимому, станет обязательным вывод информации, в том числе функциональных кривых на экран.

Перспективные технологические решения:

- новые технологии триггирования (электроимпульсное воздействие на диафрагму, дыхательный центр);
- технологии, сочетающие конвективную и ВЧ ИВЛ;
- создание и внедрение новых технологий морфофункционального мониторинга в режиме реального времени (легкие, сердце, мозг, диафрагма);
- автоматизация процесса оптимизации АИВЛ на основе физиологического контроля по принципу обратной связи.

### **Библиографический список**

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

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.

## СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ИНКУБАТОРОВ

А. В. Негуляева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: bmt@nnn.tstu.ru)

Инкубатор медицинский – устройство для выхаживания недоношенных детей, представляющее собой камеру, в которой поддерживаются заданные температура, влажность и газовый состав воздуха. С помощью современных инкубаторов можно создать идеальный микроклимат и защитить новорожденного от пока враждебной ему среды. Сегодня все инкубаторы строятся по единой принципиальной схеме: металлический или пластиковый корпус, установленный на каталке и электрооборудование.

На рисунке 1 представлена конструкция инкубатора Servocuna SM-401 América.

Основной частью инкубатора является бокс-модуль, в котором располагается ребенок. Также в модуле есть 12 портов-отверстий под дополнительное оборудование, трубки и капельницы. Модуль установлен на подвижной тележке с подъемным устройством и регулировкой наклона.

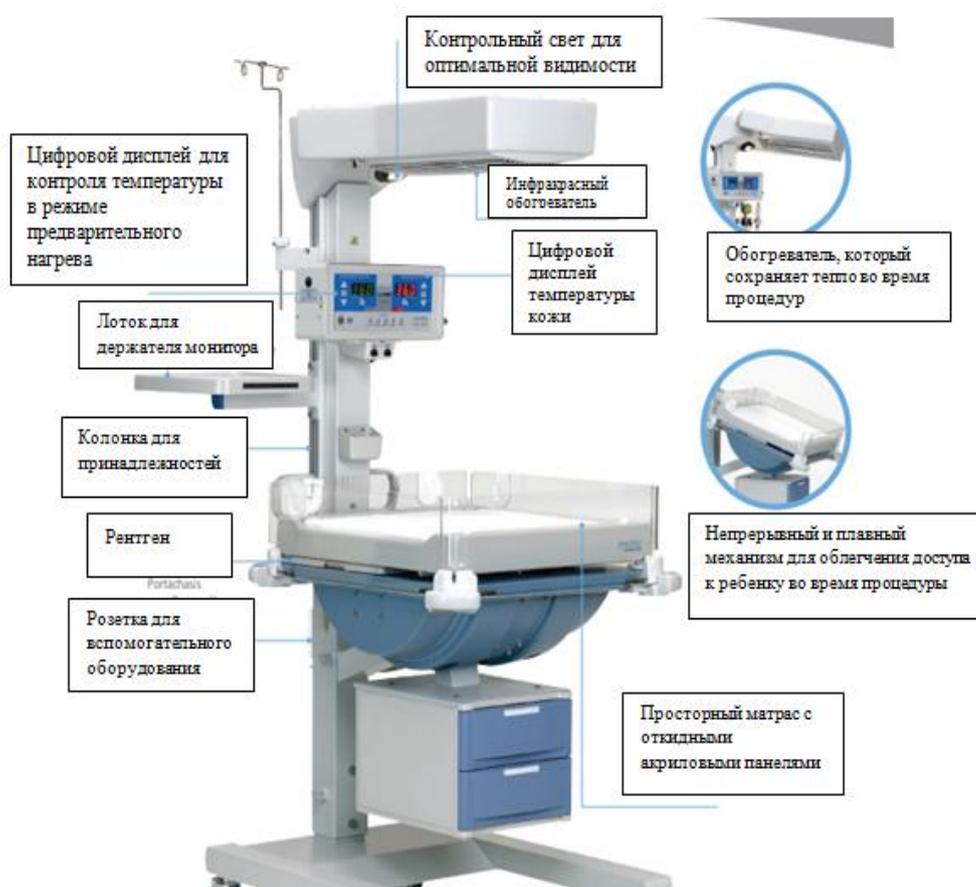


Рис. 1. Строение инкубатора Servocuna SM-401 América

Самая важная функция инкубатора – поддерживать правильный теплообмен новорожденного. Для этого в модуле создается оптимальная термонейтральная среда. Выбор режима регулирования температуры (по воздуху или по коже) зависит от состояния ребенка. Инкубатор Servocuna SM-401 América имеет три режима работы. Он оснащен нагревательным модулем с системой объемного бокового поворота, обеспечивающая свободный доступ рентгеновского оборудования и позволяющая продолжать обогрев пациента и(или) лечение фототерапией. Нагреватель выполнен из нержавеющей стали. Также Servocuna SM-401 имеет дополнительную систему матрасов с подогревом, которая идеально подходит для тех ситуаций, когда требуется дополнительная тепловая поддержка.

Другими важными показателями являются уровень влажности и циркуляция воздуха внутри модуля. Все эти параметры поддерживаются с помощью сервоконтроля – автоматической системы слежения и регулировки.

К новорожденному присоединены различные датчики, контролирующие дыхание, сердцебиение, температуру и другие функции организма. Servocuna SM-401 оснащен сменными высокоточными датчиками с точностью  $\pm 0,1$  °С. В случае необходимости подключается аппарат искусственной вентиляции легких. Если у ребенка не сформирован глотательный рефлекс, питание поступает по специальному зонду. При критическом изменении важных параметров срабатывает сигнализация. Инкубатор Servocuna SM-401 América имеет полную систему акустической и визуальной сигнализации.

Дисплей отражает в виде графиков изменения параметров во времени, а результаты мониторинга можно сохранять на срок до 7 суток, что очень удобно для анализа.

Также опционально устанавливаются встроенные весы, которые дают возможность взвешивать малыша прямо в инкубаторе.

### **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.

# ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО И НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА К ШУМОПОДАВЛЕНИЮ В ЗВУКОВЫХ СИГНАЛАХ

А. А. Нечай, А. В. Медведева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: nechai2212@gmail.com)

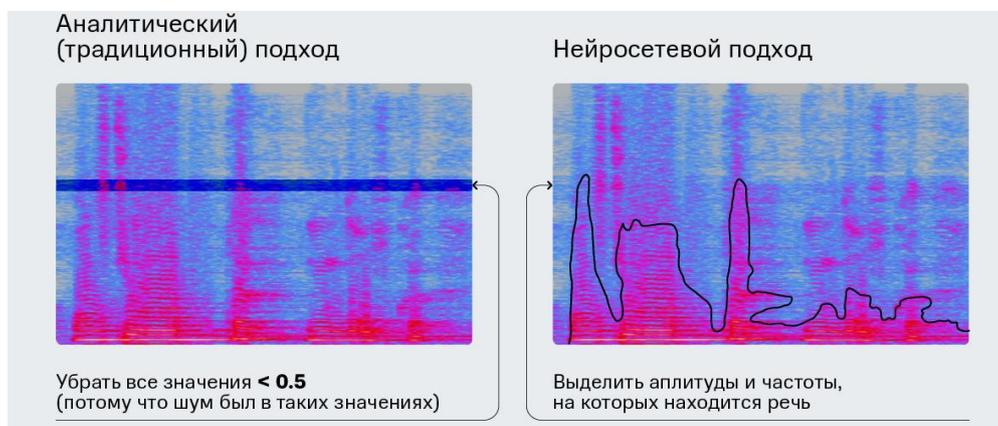
По характеру проявления выделяют четыре основных класса шумов в звуковых сигналах: стационарные, колеблющиеся, прерывистые и импульсные. Различаются они преимущественно продолжительностью действия и степенью искажения полезного сигнала. В виду того, что приведенные типы шумов значительно различаются по своему характеру, требуются различные типы методов шумоподавления для их эффективного устранения.

Для устранения стационарных и колеблющихся шумов, достаточно применения относительно простых аналитических методов, в то время как для более сложных к фильтрации и менее предсказуемых прерывистых и импульсных шумов требуется применение нейросетевых методов шумоподавления. Сравнительный пример действия таких методов представлен на рис. 1.

Для простейших аналитических методов характерно применение спектральных порогов, отсекающих любые звуки ниже заданного порога громкости, что позволяет удалить большинство фоновых шумов. Более продвинутые методы работают на основе моделирования распределения чистой речи через расчет спектральной плотности мощности сигнала.

Нейросетевые методы шумоподавления в зависимости от принципа реализации можно разделить на несколько категорий:

- 1) на основе масок;
- 2) генеративные методы.



**Рис. 1. Сравнение аналитического и нейросетевого подходов  
в обработке спектрограмм звукового сигнала**

В первом случае нейросеть обучена определенному набору масок, которые подбираются методом предсказания случайных процессов и накладываются на фактический сигнал. Вторым вариантом базируется на предсказании каждого последующего элемента сигнала для каждого источника.

Как правило, масочные методы работают в сочетании с прямым и обратным преобразованием Фурье. Однако, важно понимать, что для получения высокой точности шумоподавления таким методом требуется достаточно большое количество вычислений, что приводит к снижению быстродействия и, как следствие, сложностей при фильтрации шумов в режиме реального времени.

Еще одним недостатком маскирования спектрограмм является то, что спектрограмма чистого сигнала и зашумленного могут несколько отличаться, что приводит к частичному сохранению шумов в отфильтрованных сигналах.

### **Библиографический список**

1. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. Айфичер. – М. : Вильямс, 2016. – 992 с.
2. Кравченко, В. Ф. Адаптивная цифровая обработка многомерных сигналов. На английском языке / В. Ф. Кравченко. – М. : Физматлит, 2009. – 360 с
3. Попов, О. В Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания / О. В Попов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2012. – 341 с.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

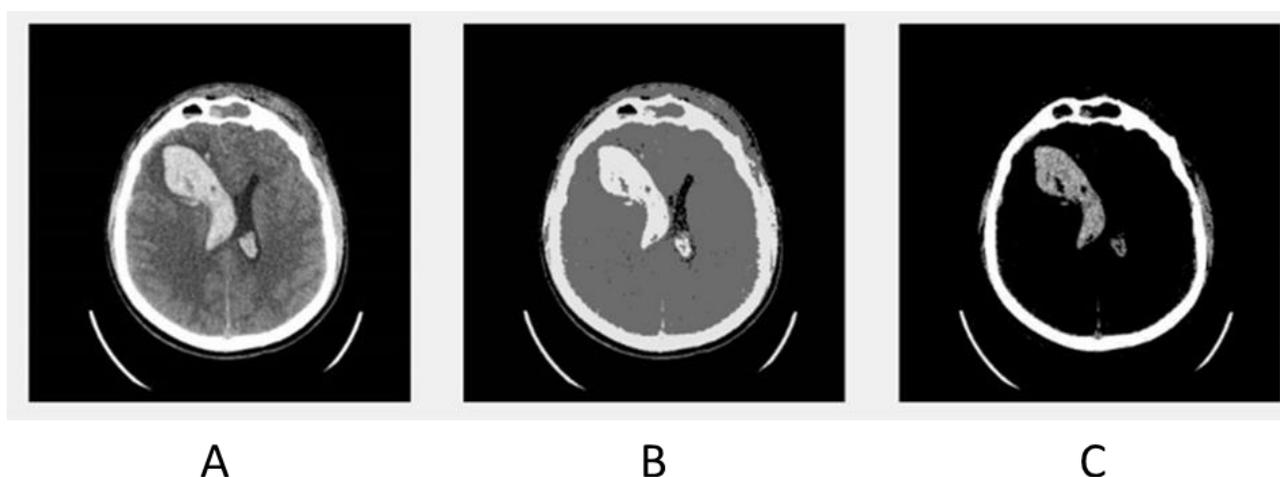
**Д. Д. Окулов, Г. П. Ильин, В. В. Дубровин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: okul\_d@yandex1.ru)

Необходимым этапом в создании диагностической системы на основе принципов глубокого обучения является процесс выделения патологического паттерна – определенного сегмента изображения несущего аналитическую ценность. Имея выборку из «здоровых» изображений, можно выявить аномалию на тестируемом изображении. При этом сам процесс определения наличия какого-либо отклонения можно сделать автоматическим, значительно сокращая время рутинной ручной работы специалиста.

При загрузке тестового образца происходит его сегментация с использованием метода  $k$ -средних, после чего характеристики изображения (соотношения пикселей сегментов изображения, их интенсивность) сравниваются с эталонными характеристиками (сравнение происходит отдельно по соответствующим кластерам). В случае, если в одном из кластеров замечено отклонение от усредненного «здорового» значения по определенной характеристике, например, значение соотношения количества пикселей в кластере к общему количеству пикселей в изображении, то данный кластер выводится для обработки и анализа. Этапы процесса определения кластера с аномалией приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Результат выделения кластера с аномалией на примере КТ-скана внутримозгового кровоизлияния:**

А – исходное тестируемое изображение; В – сегментированное изображение для  $k = 3$ ;  
С – выделенный «опорный» слой высокого подавления излучения с аномалией

Далее проводится дополнительная кластеризация, которая позволяет выделить сам патологический паттерн. Из массива пикселей, входящих в «аномальный» кластер, формируется результирующее изображение, на котором выделенные пиксели образуют специфичный патологический паттерн. Данное изображение может быть зашумлено, что может потребовать дополнительной пост-обработки, после чего его можно использовать для обучения интеллектуальной диагностической системы (например, на основе нейросети). Подобный алгоритм, при работе с большими массивами данных, значительно облегчает дальнейший процесс создания САDe-системы, ускоряя процесс выделения информации, а настройка параметров сегментации и предобработки позволяет использовать изображения различных систем визуализации (МРТ, КТ, рентгенография).

## Библиографический список

1. Diagnostic Performance of AI for Cancers Registered in A Mammography Screening Program: A Retrospective Analysis / Kizildag Y. I., Koyluoglu Y. O., Seker M. E. et al. // Technol Cancer Res Treat. – 2022. – V. 21.
2. Stand-alone artificial intelligence for breast Cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists / Rodriguez-Ruiz A., Lång K., Gubern-Merida A. et al. // J Natl Cancer Inst. – 2019. – V. 111, No. 9. – P. 916 – 922.
3. Applying data-driven imaging biomarker in mammography for breast cancer screening: preliminary study / Kim E.-K., Kim H.-E., Han K. et al. // Sci Rep. – 2018. – V. 8, No. 1.
4. Хомидов, М. Э. Методы обработки биомедицинских сигналов и изображений [Электронный ресурс] / М. Э. Хомидов, Э. А. Гоипов // Universum. Технические науки. – 2020. – № 8(77). – URL : <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10636>
5. Эффективность алгоритмов машинного обучения сверточной нейронной сети для обнаружения патологических изменений на магнитнорезонансных томограммах головного мозга / Ю. Д. Агафонова, А. В. Гайдель, П. М. Зельтер, А. В. Капишников // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 2. – С. 266 – 273.

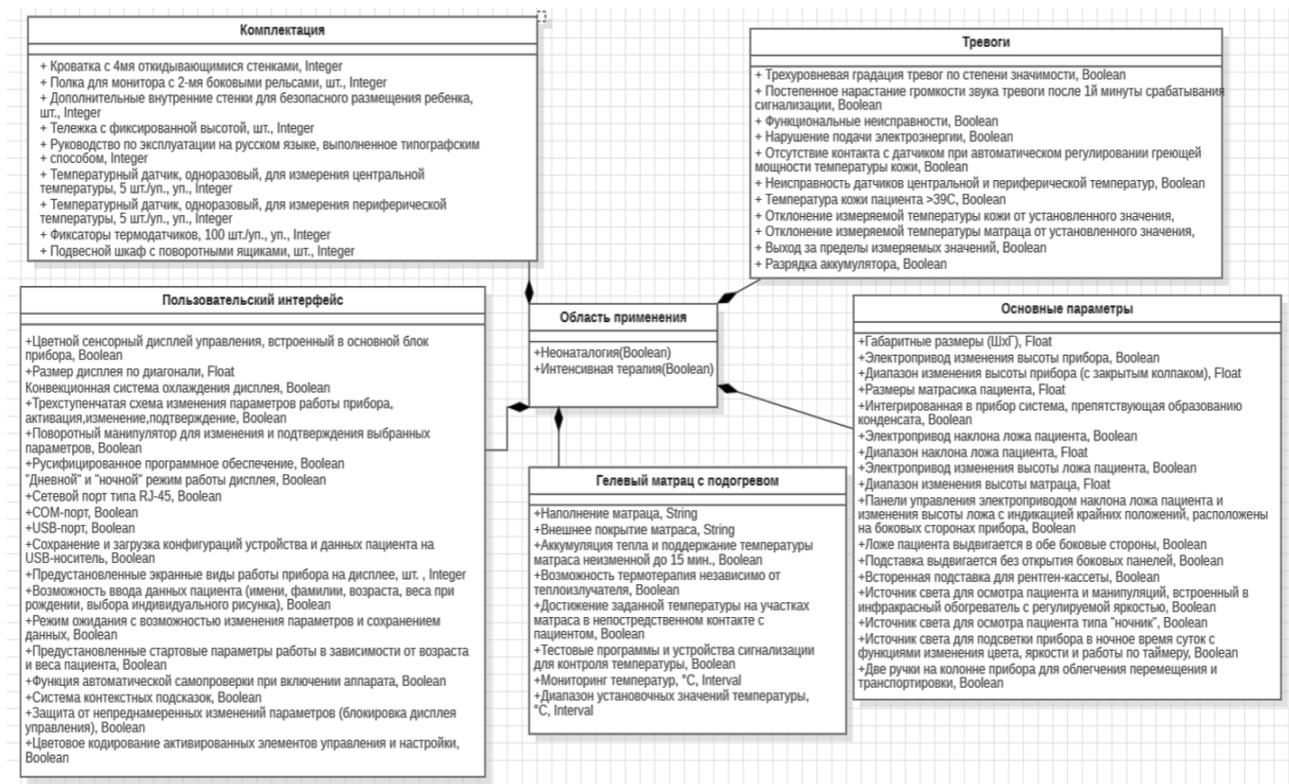
## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

**Л. А. Орехова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [ljuba.orehova@yandex.ru](mailto:ljuba.orehova@yandex.ru))

Кувез (франц. *souveuse* инкубатор) – аппарат, позволяющий сохранить постоянную температуру тела. К. применяют для выхаживания недоношенных детей с низким весом и признаками незрелости, а также новорожденных грудных детей с гипотрофией, пневмонией, сердечно-сосудистой недостаточностью, находящихся в тяжелом состоянии.

Информационная модель инкубатора была разработана на основе рассмотрения 20 технических заданий на закупку инкубаторов для новорожденных. Информационная модель разрабатывалась для области применения инкубаторов для новорожденных в неонатологии и интенсивной терапии. В отношении композиции с классом «Область применения» состоят классы «Комплектация», «Тревоги», «Пользовательский интерфейс», «Гелевый матрас с подогревом», «Основные параметры» (рис. 1). В каждом классе были рассмотрены атрибуты типов Integer, Boolean, Float, String, Interval.



**Рис. 1. Информационная модель инкубатора**

Также был проведен патентный анализ, в результате которого, выявлены инновации в сфере неонатологического оборудования.

Целью инновации «Инкубатор для новорожденных, содержащий систему контроля с микропроцессорным мониторирующим управлением параметрами работы инкубатора» является дополнительно введенная система дистанционного видеомониторинга физического состояния пациента, находящегося в инкубаторе, которая связана с источником питания.

Целью инновации «Устройство для поддержания постоянной температуры тела и выхаживания новорожденного ребенка с экстремально низкой массой тела» является поддержание постоянной температуры тела новорожденного ребенка и создает оптимальные условия для выхаживания ребенка с экстремально низкой массой тела за счет исключения непосредственного контакта кожи новорожденного с материалом пеленки и возможного ее механического повреждения и обеспечения равномерного распределения тепла по всему телу ребенка.

Цель инновации «Устройство для фототерапии новорожденных» заключается в обеспечении максимальной безопасности проведения дополнительных, кроме облучения, процедур, связанных с инфузионными и реанимационными манипуляциями.

Цель инновации «Инкубатор-реанимационная система для новорожденных детей. Трансформер и способ его трансформации» является повышение

эксплуатационных свойств инкубатора-реанимационной системы для новорожденных детей.

Целью инновации «Система аварийной сигнализации, реализованная в инкубаторе, инкубаторе-реанимационной системе трансформере и открытой реанимационной системе» является создание надежной и простой в исполнении световой системы аварийной сигнализации с расширением ее функциональных возможностей для неонатального оборудования.

Цель инновации «Реанимационный комплекс для новорожденных» заключается в повышении интенсивности отвода теплоты от вторых спаев термоэлектрической батареи и улучшение надежности работы неонатологического комплекса.

### **Библиографический список**

1. 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.
2. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

## **МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОКАРДИГРАФИИ**

**Л. А. Орехова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: ljuba.orehova@yandex.ru)

Современный этап развития информационных технологий характеризуется массовым применением систем, использующих различные алгоритмы обработки, анализа и интерпретации сигналов, в частности электрокардиограммы (ЭКГ). Классический подход в электрокардиологии состоит в использовании различных методик анализа временных зависимостей амплитуды кардиосигнала: стандартное ЭКГ-измерение – измерение частоты сердечных сокращений, дисперсия реполяризации и т.д. Однако существующие методы анализа во временной и спектральной области не всегда достаточны для описания всех особенностей ЭКГ-сигналов и не позволяют в полной мере выявить его характерные черты.

Наиболее значимыми параметрами электрокардиограммы являются форма и амплитуда QRS – комплекса, а также волн Р и Т. В настоящее время существует множество методик выделения QRS – комплексов, которые по используемому подходу можно разделить на три основные группы:

- алгоритмы анализа ЭКГ во временной области;
- алгоритмы частотно – временной области;
- алгоритмы классификации элементов ЭКГ.

Алгоритмы первой группы базируются на применение к входному сигналу, кроме процедур линейной фильтрации, некоторого нелинейного преобразования. Алгоритмы второй группы основаны на применении после ряда процедур предварительной обработки ЭКГ различных частотно – временных преобразований. Алгоритмы третьей группы используют методы машинного обучения.

#### 1. Методы анализа ЭКГ во временной области.

Большая часть этих алгоритмов определяют *R*-пики в конкретной точке, если первая или вторая производные сигнала в этой точке больше некоторого порогового значения. При этом исходят из предположения, что *R*-пики характеризуются большой амплитудой, а входной сигнал меняется довольно быстро. Такие алгоритмы подходят для обнаружения *R*-пиков в реальном времени, но чувствительны к шумам. Альтернативным подходом является применение согласованной фильтрации или подсчет числа пересечений нуля.

Пан и Томпкинс предложили алгоритм, основанный на анализе наклона и ширины QRS – комплексов. Он состоит из следующей последовательности фильтров и методов: фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, оператор производной, возведение в квадрат, интегрирование, пороговая процедура поиска.

#### 2. Методы анализа ЭКГ в спектральной области.

Представление сигналов в частотной области необходимо для анализа их особенностей, незаметных во временном представлении.

Преобразование Фурье является математической временной, которая связывает временной сигнал с его представлением в частотной области. Однако ограничением данного метода является невозможность определения точной локализации конкретной частотной составляющей во времени.

Вейвлет-преобразование – это многоуровневый эффективный анализ для исследования сигналов, содержащих высокочастотные компоненты короткой длительности и протяженные низкочастотные компоненты. Эта особенность делает его оптимально подходящим для изучений электрокардосигналов.

## Библиографический список

1. 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.
2. 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.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
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.
5. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КОМБИНИРОВАННОГО АППАРАТА ФИЗИОТЕРАПИИ

**Д. В. Панькин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: pankin112@bk.ru)

Информационная модель аппарата, представленная в виде информации, описывающей существенные для данного рассмотрения параметры аппарата, предназначена для наглядного отображения ключевых взаимосвязей и свойств аппарата. Создание такой информационной модели необходимо, так как современная физиотерапия располагает огромным количеством весьма разнообразных по физической природе, физиологическому и лечебному действию способам применения методов. Использование их постоянно расширяется, и сегодня трудно назвать заболевание, при котором физиотерапевтические методы не могли бы быть применены с пользой для больных. Если вначале лечебные физические факторы использовались только с целью долечивания больных с хроническими заболеваниями, то сейчас область их применения значительно шире. Основными направлениями, где применяются аппараты физиотерапии в настоящее время являются:

- лечебное (собственно физиотерапия);
- реабилитационное;
- профилактическое.

С лечебными целями физические факторы используются преимущественно при подостром и хроническом течении болезней, в меньшей степени – в острой стадии заболеваний терапевтического и хирургического профиля. В последние годы благодаря развитию и совершенствованию внутриорганных физиотерапевтических методик, а также резонансных и биоуправляемых вариантов воздействия физиотерапия все шире стала применяться и при неотложных ситуациях.

Всего для создания модели было рассмотрено 10 технических заданий на закупку аппаратов низкочастотной, ультразвуковой и комбинированной физиотерапии, на основании которых была разработана информационная модель аппарата комбинированной физиотерапии на языке UML, представленная на рис. 1 модель аппарат комбинированной физиотерапии представляет собой медицинское оборудование.

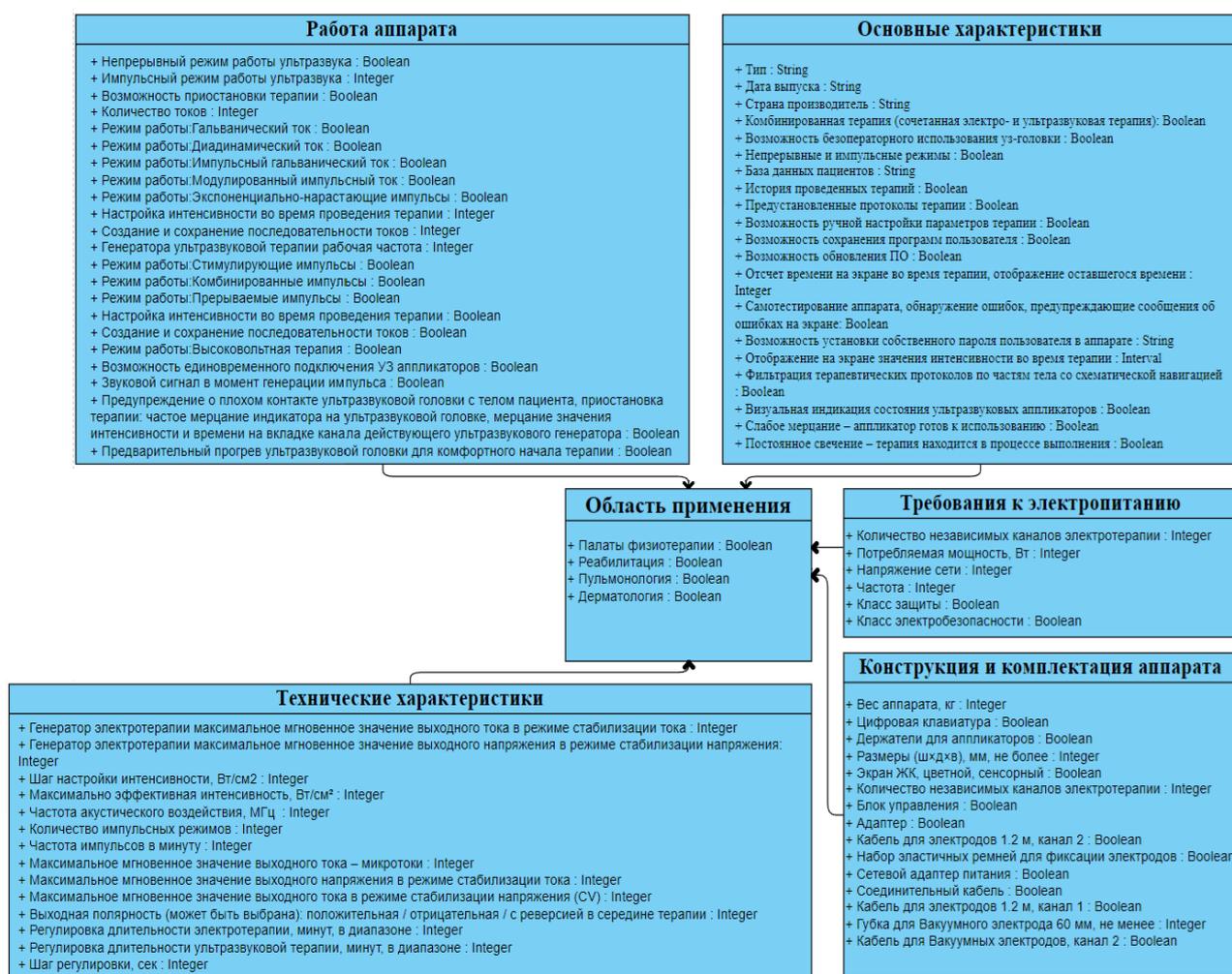


Рис. 1. Диаграмма классов: «Аппараты комбинированной физиотерапии»

Класс «Область применения» включает в себя атрибуты, имеющие тип Boolean, – «Палаты физиотерапии», «Реабилитация», «Пульмонология», «Дерматология».

Таким образом, сформулирована необходимость разработки информационной модели аппарата комбинированной физиотерапии. Дано разъяснение понятия информационного моделирования и информационной модели.

Представлена построенная информационной модели аппарата комбинированной физиотерапии на основе метода объектно-ориентированной декомпозиции, представляющую собой иерархическую связанную систему классов.

### **Библиографический список**

1. Система поддержки принятия врачебных решений для формирования протокола ультразвуковых исследований / С. В. Фролов, В. В. Дубровин, А. Ю. Куликов, Р. А. Куликов // Врач и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 64 – 72.

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. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

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.

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНО-ТКАНЕВЫХ СИСТЕМ ШОРТ-ТРЕКИСТОВ

**В. Е. Паршакова<sup>1</sup>, Ю. И. Локтионова<sup>1</sup>, Е. В. Жарких<sup>1</sup>,  
Ф. Б. Литвин<sup>2</sup>, Т. М. Брук<sup>2</sup>, Н. С. Менькова<sup>3</sup>, А. В. Дунаев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ОГУ имени И. С. Тургенева, Орел, Россия

<sup>2</sup>Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, Россия

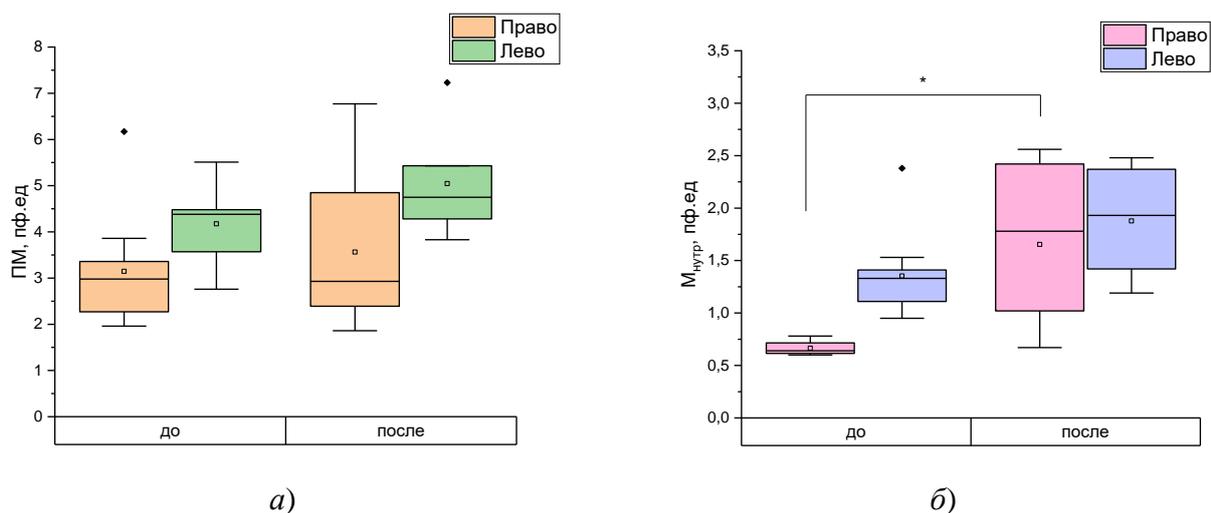
<sup>3</sup>Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск, Россия  
(e-mail: v.parshakova@oreluniver.ru)

Для достижения высоких результатов в профессиональном спорте необходима оптимизация тренировочного процесса с учетом контроля функционального состояния спортсменов. Это позволит определять уровень физической работоспособности и выявлять возможные нарушения, которые могут привести к травмам или заболеваниям. Однако в настоящее время отсутствует объективный контроль функционального состояния организма, включая параметры микроциркуляторного кровотока как перед, так и после тренировок. Поэтому целью данного исследования явилась оценка параметров микроциркуляторно-тканевой системы (МТС) у шорт-трекистов до физической нагрузки и после нее.

Для оценки состояния МТС использовались носимые анализаторы «ЛАЗМА-ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва), реализующие лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ) и флуоресцентную спектроскопию (ФС). Методы основаны на регистрации флуоресценции биомаркера окислительного метаболизма – кофермента НАДН (метод ФС), а также на зондировании ткани светом и анализе отраженного от эритроцитов излучения (метод ЛДФ) [1]. Метод ЛДФ также позволяет оценить работы механизмов регуляции кровотока в микроциркуляторном русле – эндотелиальные, нейрогенные, миогенные, дыхательные и сердечные осцилляции [2].

Исследование проводилось на 13 шорт-трекистах мужского пола, средний возраст которых  $20 \pm 2$  года. Измерения длились 7 мин и включали 2 этапа: до физической нагрузки и после нее. Во время измерений спортсмены располагались в положении лежа, анализаторы закреплялись на внешней стороне предплечий и на внутренней стороне голени симметрично справа и слева.

После физической нагрузки у добровольцев отмечается тенденция на увеличение показателя микроциркуляции (ПМ, рис. 1, а), что говорит об увеличении интенсивности кровотока. Также после физической нагрузки наблюдается статистически значимое увеличение нутритивного кровотока ( $M_{\text{нутр}}$ , рис. 1, б), что свидетельствует об увеличении питания клеток биологических тканей.



**Рис. 1. Значения показателя перфузии в области рук (а) и нутритивного кровотока в области голени (б):**

\* – статистически значимые отличия параметров подтверждены тестом Манна-Уитни ( $p < 0,05$ )

Показатель окислительного метаболизма, прямо пропорциональный  $M_{\text{нутр}}$  и обратно пропорциональный двум нормированным амплитудам флуоресценции НАДН, имеет тенденцию на увеличение после физической нагрузки, что говорит о более эффективной работе системы доставки и утилизации питательных веществ к клеткам биотканей после физической нагрузки.

Таким образом, в результате анализа полученных данных отмечены изменения в микроциркуляторно-тканевых системах шорт-трекистов, являющиеся ответом организма на физическую нагрузку. Дальнейшие исследования с использованием методов ЛДФ и ФС позволят определить оптимальное время для восстановления каждого спортсмена перед последующей тренировкой, а также позволят оптимизировать подготовку к соревнованиям.

*Паршакова В. Е., Локтионова Ю. И., Жарких Е. В. благодарят РНФ проект № 23-25-00522 за финансовую поддержку.*

### **Библиографический список**

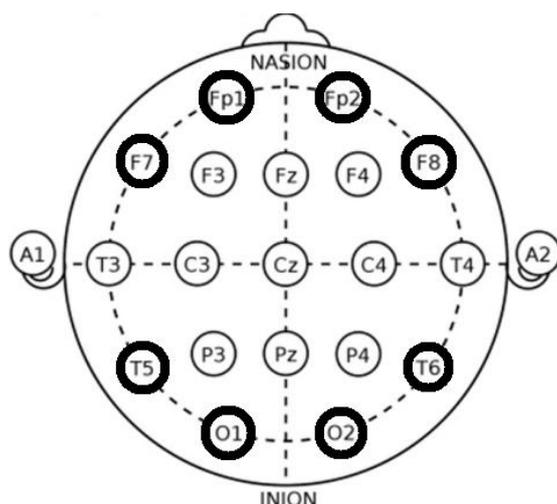
1. Дунаев, А. В. Мультимодальная оптическая диагностика микроциркуляторно-тканевых систем организма человека : монография / А. В. Дунаев. – Старый Оскол : ТНТ, 2022. – 440 с.
2. Крупаткин, А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – 2-е изд. – М. : ЛЕНАНД, 2016. – 496 с.

## ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ВО ФРОНТАЛЬНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ

**И. Э. Петров, П. А. Палатов, А. В. Непрокин, А. В. Горбунов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: mr.ip.petr.68@mail.ru, palatov.pavel01@gmail.com, alexhome16@mail.ru,  
alexey.gorbunov@mail.ru)

Представления о возникновении и развитии заболеваний, особенностях течения последних, а также технических условиях энцефалографии в современном мире нуждаются в улучшенной регистрации биоэлектрических паттернов фронтальной локализации [1]. Традиционная система «10–20» подразумевает использование 21 электрода для фронтальной локализации, в то время как новая схема «9ЭЭГ» предлагает применение 9 электродов вместо 21. Эти электроды располагаются симметрично относительно сагиттальной линии головы: F7, Fp1, Fp2, F8, T6, O2, O1, T5 и последний электрод – референтный (рис. 1).



**Рис. 1. Размещение электродов для электроэнцефалограммы.  
Жирным выделены электроды, использующиеся в схеме «9ЭЭГ»**

Использование данной схемы возможно, поскольку все остальные незадействованные электроды хоть и дают расширенный результат, но этот результат для исследования фронтальной части головы не представляет особой важности и мало востребован, поскольку содержит большое количество частотно-амплитудных характеристик. Кроме того, сравнение результатов, полученных с применением данных схем, показало, что были выявлены практически одинаковые биоэлектрические паттерны: сглаживание ритмов ЭЭГ, дезорганизация-сглаженность зональных различий, сниженная активация реакции билатерально синхронных вспыхивающе-волновых комплексов, состоящих из волн низкой ам-

плитуды и пик-острой волны [2, 3]. Помимо этого, схема «9ЭЭГ» дает более быстрый и настолько же эффективный результат при определении процесса во фронтальной локализации, что позволяет упростить технологию электроэнцефалограммы, сделать более доступным регистрацию и анализ биоэлектрических паттернов фронтальной локализации. В совокупности это делает электроэнцефалографию более дешевой, широкодоступной и возможной даже в походных условиях и в транспорте.

### **Библиографический список**

1. Горбунов, А. В. Оптимизационная электроэнцефалографическая система для регистрации паттернов фронтальной локализации / А. В. Горбунов // Физика. – 2019. – URL : [https://www.researchgate.net/publication/334904074\\_Optimization\\_electroencephalography\\_system\\_for\\_the\\_registration\\_of\\_the\\_frontal\\_localization\\_patterns](https://www.researchgate.net/publication/334904074_Optimization_electroencephalography_system_for_the_registration_of_the_frontal_localization_patterns) (дата обращения: 18.03.2023).

2. Беляев, О. В. Рекомендации экспертного совета по нейрофизиологии Российской Противозлептической Лиги по проведению рутинной ЭЭГ / О. В. Беляев, Д. В. Самыгин – Текст: электронный // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. – 2016. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/rekomendatsii-ekspertnogo-soveta-po-neyrofizologii-rossiyskoy-protivoepilepticheskoy-ligi-po-provedeniyu-rutinnoy-eeg> (дата обращения: 18.03.2023).

3. Нейрофизиологические корреляты депрессивных расстройств / И. С. Кожевникова, А. В. Грибанов, М. Н. Панков и др. // Экология человека. – 2017. – URL : [https://journals.eco-vector.com/1728-0869/article/view/16739/ru\\_RU](https://journals.eco-vector.com/1728-0869/article/view/16739/ru_RU) (дата обращения: 18.03.2023).

## **СКРИНИНГ – КОНТРОЛЬ ГЛАУКОМЫ ГЛАЗА**

**О. А. Попова, Д. П. Залунин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: [tstu@admin.tstu.ru](mailto:tstu@admin.tstu.ru))

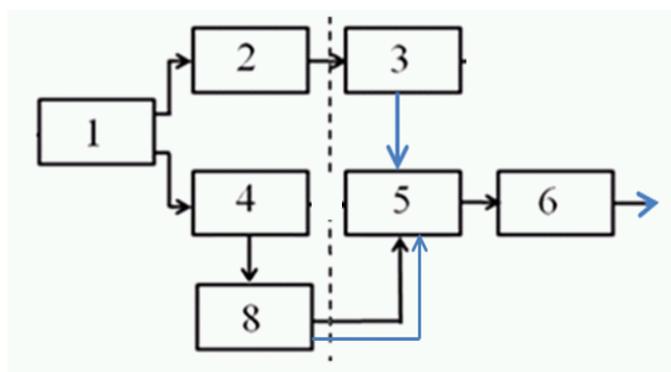
Рекомендуется обязательная проверка зрения у щенков, котят, а также всех животных старше 6 лет хотя бы раз в год. Но существующая система контроля требует больших временных затрат и потому не может охватить большое количество животных. Также для питомников актуальной является проблема выявления глаукомы на ранних стадиях, что позволит им произвести более раннюю отбраковку премиум животных.

Для ветеринарной клиники разрабатывается система скрининг-контроля, которая в отличие от альтернативы будет производить раннюю дистанционную диагностику без прямого участия медперсонала, что исключит неадекватную реакцию животных на проведение осмотра.

Наш пользователь – ветеринарные клиники, работающие с частными лицами и питомниками – хотят проводить скрининг состояния глаз при осмотре животных. При опросе офтальмологов частных ветеринарных клиник подтвердилось, что проблема обследования агрессивных животных существует.

Сейчас в питомнике выращивают элитных животных. Покупатель через некоторое время обнаруживает резкую потерю зрения у питомца. В клинике врач диагностирует позднюю стадию глаукомы. Через несколько месяцев полная потеря зрения. С помощью системы скрининг-контроля проводится быстрый осмотр всех питомцев. Происходит обнаружение животных с подозрением на глаукому, их отправляют на полное обследование к врачу.

Опрос показал, что традиционно услугами ветеринаров пользуются владельцы кошек и собак – 46 и 45% соответственно. Большинство владельцев домашних животных (почти 40%) обращаются к специалистам раз в год, порядка 33% прибегают к помощи ветеринара раз в полгода, 17% – раз в три месяца, 5% респондентов заявили, что не нуждаются в услугах ветеринаров. Профилактический осмотр офтальмологами составляет 6% от всех обращений.



**Рис. 1:**

1 – объект; 2 – фотокамера; 3 – блок фиксации момента поворота головы животного в сторону системы; 4 – ИК – камера; 5 – блок выделения информативного кадра; 6 – блок обработки и визуализации; 8 – блок формирования областей глаз

Наша система скрининг – контроля глаукомы глаз включает в себя ИК-камеру и фотокамеру, причем их поле зрения одинаково направленно, отличается тем, что выход фотокамеры соединен со входом блока фиксации момента поворота головы животного в сторону системы. Ее логический выход с первым входом блока выделения информативного кадра, его второй и третий входы со-

единены, соответственно, с первым видео и вторым логическим выходами блока формирования областей глаз, вход которого соединен с выходом ИК-камеры. При этом выход блока выделения информативного кадра соединен со входом блока обработки и визуализации, на котором отображаются результаты скрининг-контроля.

В заключение хочется сказать, что наш продукт отличается от других простотой использования и наименьшим стрессом для животных.

### **Библиографический список**

1. Волков В. В. Глаукома открытоугольная / В. В. Волков. – М. : Медицинское информационное агентство, 2008. – 352 с.
2. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов, В. А. Князь и др. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
3. Строев, В. М. Многоспектральный оптический метод формирования и обработки изображений низкоконтрастных подкожных образований при априорной неопределенности параметров кожи / В. М. Строев, Г. Ф. Альмас // Инженерный вестник Дона. Технические науки. – 2013. – № 4.

## **РИСКИ ИНКУБАЦИОННОЙ ТЕРАПИИ**

**А. Ю. Потлов, Д. В. Павлов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: pavlodani117@gmail.ru)

Инкубатор для новорожденных – это специальное медицинское оборудование, которое предназначено для обеспечения искусственной среды, максимально приближенной к оптимальным условиям существования новорожденного ребенка в материнской утробе.

Одним из главных преимуществ инкубаторов для новорожденных является возможность предотвращения многих осложнений, связанных с преждевременным или недоношенным рождением ребенка. В частности, инкубаторы могут обеспечить улучшенные условия для развития легких, центральной нервной системы, кожи и других органов.

Однако, инкубаторная терапия также может иметь некоторые риски и недостатки, включая возможные проблемы с температурой, дыханием и другими физиологическими функциями ребенка. Также многие инкубаторы оснащены системами оксигенотерапии и встроенными рентгеновскими аппаратами,

что может повлечь за собой дополнительные риски для здоровья новорожденных.

Рассмотрим риски инкубаторной терапии в плане температуры, оксигенотерапии, встроенного рентгена и инфекций.

**Риск перегрева.** Одним из главных рисков инкубаторной терапии является перегрев, который может привести к серьезным осложнениям, таким как неврологические проблемы, судороги, остановка сердца и другие. Чрезмерная температура может также привести к дезориентации и отрицательно сказаться на дыхательных функциях ребенка. В связи с этим, необходимо строго контролировать температуру в инкубаторе, чтобы избежать перегрева. Для того, чтобы снизить риски, связанные с температурой в инкубаторе, необходимо строго контролировать ее значение и поддерживать в оптимальных пределах. Встроенные датчики температуры и системы регулировки температуры могут существенно снизить вероятность перегрева или охлаждения ребенка.

**Риск кислородной токсичности.** Во время инкубаторной терапии может применяться оксигенотерапия, что может привести к риску кислородной токсичности. Это может привести к ослаблению легких, нарушению дыхательных функций и даже к смерти. В связи с этим, необходимо контролировать уровень кислорода в инкубаторе и использовать его только по медицинским показаниям.

Оксигенотерапия может привести к серьезным осложнениям, таким как ретинопатия недоношенных, и для минимизации этих рисков необходимо строго контролировать уровень кислорода в крови ребенка. Для этого используются системы пульсовой оксиметрии, которые могут быстро определить уровень кислорода и дать сигнал о необходимости коррекции оксигенотерапии.

**Риск радиационного воздействия.** Некоторые инкубаторы для новорожденных могут быть оснащены встроенным рентгеном, который используется для диагностики легких и других проблем. Однако, это может привести к риску радиационного воздействия на ребенка, который может быть особенно опасен для его здоровья в таком раннем возрасте. В связи с этим, необходимо строго контролировать частоту использования рентгена и использовать его только по медицинским показаниям.

Встроенные рентгеновские аппараты могут помочь в диагностике заболеваний, которые могут быть связаны с рисками инкубаторной терапии. Однако, повторяющиеся рентгеновские исследования также могут привести к излучению, которое может повлиять на здоровье ребенка. Для того, чтобы снизить эти риски, необходимо использовать рентген только при необходимости, а также снижать дозу излучения.

В целом, снижение рисков инкубаторной терапии можно достичь благодаря использованию новых технологий и оборудования, таких как интеллектуальные системы контроля температуры и оксигенации, а также минимизации использования рентгеновских исследований.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

### **Библиографический список**

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОНИТОРИНГА В ИНКУБАТОРАХ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ**

**А. Ю. Потлов, А. С. Плющев**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: [plyushchev.90@mail.ru](mailto:plyushchev.90@mail.ru))

Инкубатор для новорожденных – это специальное медицинское оборудование, предназначенное для поддержания теплового режима и оптимальной влажности окружающей среды, необходимых для выживания и нормального развития ребенка в первые дни жизни.

Неонатальный мониторинг является неотъемлемой частью ухода за новорожденными, особенно в условиях инкубаторов. Это связано с тем, что младенцы, находящиеся в инкубаторе, часто нуждаются в постоянном наблюдении за своим состоянием, чтобы предотвратить возможные осложнения.

Наиболее распространенными методами неонатального мониторинга в инкубаторах являются электрокардиография (ЭКГ), интенсивная пневмография, пульсовая оксиметрия, парциальное давление кислорода в артериальной крови (PaO<sub>2</sub>).

Дальнейшее развитие методов мониторинга неонатальной медицины будет направлено на устранение этих недостатков и повышение надежности и точности мониторинга. Например, развитие новых методов мониторинга, таких как фотоплетизмография, может помочь улучшить точность пульсовой

оксиметрии и других методов мониторинга, путем измерения изменений в кровеносных сосудах.

Также, использование технологий искусственного интеллекта может помочь в раннем обнаружении возможных проблем, путем анализа множества данных и определения связей между различными показателями мониторинга и возможными проблемами.

В целом, неонатальный мониторинг является важным элементом ухода за новорожденными в инкубаторах, который позволяет контролировать и предотвращать возможные осложнения. Однако, для повышения эффективности мониторинга необходимо продолжать исследования и разработки новых методов, чтобы улучшить надежность и точность мониторинга.

Фотоплетизмография (PPG) – метод неинвазивного измерения сердечного ритма и уровня насыщения крови кислородом, который основан на использовании оптических датчиков для обнаружения изменений в объеме крови, заполняющей капилляры в тканях.

В контексте инкубаторов для новорожденных, фотоплетизмография может быть использована для непрерывного мониторинга сердечного ритма и уровня насыщения крови кислородом у младенцев, находящихся в инкубаторе. Это позволяет оперативно обнаруживать изменения в состоянии младенца, связанные с гипоксией (недостаток кислорода), аспирацией или другими серьезными проблемами, требующими медицинского вмешательства.

Датчики фотоплетизмографии состоят из светодиодов, которые излучают инфракрасный свет на кожу младенца, и фотодетекторов, которые регистрируют отраженный свет. Когда кровь заполняет капилляры в тканях, она поглощает большую часть инфракрасного света, который возвращается к фотодетекторам с меньшей интенсивностью. Эти изменения в интенсивности света регистрируются и анализируются специальными алгоритмами, которые позволяют определить частоту сердечных сокращений и уровень насыщения крови кислородом.

Преимущества использования фотоплетизмографии в инкубаторах для новорожденных включают низкую инвазивность, отсутствие необходимости в подключении проводов или датчиков к младенцу, а также возможность непрерывного мониторинга в режиме реального времени. Кроме того, фотоплетизмография может быть интегрирована в другие системы мониторинга, такие как системы контроля за дыханием, для обеспечения более полного и точного мониторинга состояния младенца.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

## Библиографический список

1. 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.
2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ДЛЯ НЕОНАТАЛЬНОГО ИНКУБАТОРА

**К. С. Савинова, А. А. Коробов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: savinova.k94@mail.ru)

Преждевременные роды являются главной причиной младенческой смертности и инвалидности во всем мире. Недоношенным детям важно обеспечить поддержание параметров микроклимата, похожих на внутриутробную среду. В первые дни жизни суточные потери влажности и тепла у недоношенных новорожденных могут достигать до 20% от массы тела. Такие потери можно уменьшить, увеличив влажность воздуха внутри неонатального инкубатора. Испарительный обмен кожи между новорожденным и окружающей средой прямо пропорционален разности парциальных давлений водяных паров между кожей новорожденного и воздухом.

Регулятор влажности в неонатальных инкубаторах предназначен для управления уровнем влажности в диапазоне от 40 до 90%. Существует несколько подходов к реализации механизма управления уровнем влажности внутри неонатального инкубатора. Влажность создается за счет обдува контейнера с водой нагретым воздухом, благодаря чему воздух увлажняется. Контроль влажности осуществляется путем закрытия и открытия дефлекторной пластины над контейнером. Для увлажнения воздуха следует использовать только дистиллированную воду, чтобы избежать коррозионного повреждения инкубатора. Емкость резервуара для воды должна быть не менее 1 л. Влажность измеряется гигрометром с цифровым дисплеем или циферблатным индикатором [1].

Наиболее распространенной является пассивная система увлажнения, при которой влажность создается путем испарения воды за счет подачи напряжения

на нагревательный элемент и последующую прокачку увлажненного воздуха за счет работы вентилятора с изменяемой напряжением скоростью работы. Однако эта система не может достичь высокого уровня влажности при низких температурах, поэтому в ряде инкубаторов применяется ультразвуковой увлажнитель, преобразующий жидкость в аэрозоль и управляемый изменением мощности.

Преимуществом ультразвукового увлажнителя является то, что добиться высокого уровня влажности можно при низких температурах, в отличие от пассивной системы. Также удобство заключается в том, что ультразвуковым увлажнителем можно управлять дистанционно [2].

На основе вышеуказанных систем увлажнения в неонатальных инкубаторах мы предлагаем новый метод градиентного нейросетевого управления многосвязным, нелинейным, нестационарным, стохастическим объектом, подробное описание которого приведено в работах [3, 4].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

### **Библиографический список**

1. Alduwaish S. Automated Humidity Control System for Neonatal Incubator // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – 2071(1):012029. – 8 p.
2. Zermani M. A., Feki E., Mami A. Application of Genetic Algorithms in identification and control of a new system humidification inside a newborn incubator // International Conference on Communications, Computing and Control Applications (CCCA), Hammamet, Tunisia. – 2011. – P. 1 – 6.
3. Frolov S. V., Sindeev S. V., Korobov A. A., Potlov A. Yu. Combined Method of Neurocontrol for Nonlinear Non-Stationary Object // 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2020. – P. 582 – 585.
4. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41 – 48.

## ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. А. Семьянинова<sup>1</sup>, И. Э. Родионова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: [semyaninova2000@mail.ru](mailto:semyaninova2000@mail.ru))

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО,

Санкт-Петербург, Россия

(e-mail: [rodionovairr@yandex.ru](mailto:rodionovairr@yandex.ru))

Одним из главных направлений в медицине для эффективного лечения больных и функционирования работников и оборудования является обеспечение защиты этого самого оборудования.

Любые проблемы с питанием могут повлечь за собой опасность

жизни и здоровья как пациентам, так и работникам. Особенно это касается ситуаций вроде технических аварий, последствий непогоды и стихийных бедствий, которые часто вредят энергетической системе. Оказавшись в таких ситуациях, больницы не могут выполнять свои обязанности в полном объеме.

В таких случаях питание больниц от двух разных, независимых друг от друга источников не обеспечивает должного решения проблемы.

Переход с отключившегося источника энергии на другой может занять некоторое время по ряду причин, или возникнет потребность в ручном запуске. Очевидным решением является наличие генераторов и источников бесперебойного питания (ИБП) в медицинских учреждениях. ИБП является необходимым условием для обеспечения надежности и безопасности работы медицинского оборудования.

Однако не во всех больницах все оборудование будет запитано от ИБП. Бывают случаи, когда источники приобретаются только после технических или аварийных сбоев энергии [1].

К преимуществам ИБП, используемых в медицине, можно отнести минимизацию габаритов, наличие хорошего регулирования напряжения за счет трансформатора и пропускного канала (байпаса), что способствует более медленному износу медицинского оборудования за счет хорошего входного сигнала.

Выбор ИБП должен осуществляться с учетом всех требований и характеристик конкретного оборудования, таким образом, можно снизить вероятность сбоев в его работе и обеспечить стабильное электропитание. Существует три вида ИБП [2]:

– Резервные. Не стабилизируют входящее напряжение. При отключении питания они начинают работать от аккумуляторов, и не защищают от помех.

– Линейно-интерактивные. Не могут сгладить перепады напряжения, но защищают технику от импульсных скачков тока за счет встроенного трансформатора.

– Онлайн (с двойным преобразованием). Обеспечивают стабильный сигнал 220/230 вольт и сразу же реагируют на переключение либо отключение от сети, благодаря технологии двойного преобразования, выявляет другие неисправности и продолжает работать далее. Таким образом, перечисленные параметры составляют основное преимущество перед двумя другими видами ИБП и делает этот вид более эффективным.

Основное применение такие ИБП нашли в системах ультразвуковой диагностики, искусственной вентиляции легких, электрокардиографии (мощность до 10 кВА), а также в магнитно-резонансной томографии, ангиографии и рентгенографии (мощность от 10 до 20 кВА).

В целях избежания возможных повреждений оборудования (перегрев, перегрузка, неправильное подключение, неисправная работа аккумуляторов и других деталей), а также продления срока ИБП, обязательно проведение регулярных проверок и тестирования.

К недостаткам онлайн ИБП можно отнести дороговизну, высокое тепловыделение, шумовыделение, низкий коэффициент полезного действия и сложность реализации схемы.

Несмотря на это, онлайн ИБП представляют собой высокоэффективный инструмент защиты медицинского оборудования и могут применяться в приборах разного назначения.

### **Библиографический список**

1. Филиппов, Н. В. Использование источников бесперебойного питания в устройствах медицинского назначения / Н. В. Филиппов // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 1. – 10 с.

2. Источники бесперебойного и автономного электроснабжения / Е. А. Денисенко, М. М. Тарасов, А. А. Кривошей, А. В. Бондарчук // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 115. – С. 1337 – 1349.

## ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ

**Е. В. Сеченева**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Ekaterina48\_48\_secheneva@mail.ru)

Лазерная технология имеет важное место в современной медицине, она используется для лечения широкого спектра заболеваний. Лазеры применяются в медицине уже более 60 лет, и за это время они доказали свою эффективность и безопасность. Лазерная терапия включает использование мощных естественных световых источников для производства узконаправленного света, который используется для различных медицинских процедур [1 – 4]. Существует множество лазерных систем, используемых в медицине, каждая из которых предназначена для определенного типа лечения.

Можно классифицировать лазеры по типу рабочего вещества (активного тела):

- газовые (на атомах и ионах инертных и других газов, паров металлов, эксимерных молекулах и т.д.);
- жидкостные (в основном, на растворах органических соединений);
- твердотельные (прежде всего, на иттрий-алюминиевом гранате, сапфире с титаном, стекле с неодимом и т.д. и в том числе полупроводниковые).

По режиму работы:

- непрерывного, либо квазинепрерывного действия;
- импульсного, в том числе импульсно-периодического действия.

По способу накачки:

- газоразрядные, т.е. возбуждение активной среды осуществляется в газовом разряде. Это один из наиболее широко используемых типов накачки. Практически все газовые лазеры используют этот тип накачки как основной;

- лазеры с оптической накачкой. Этот тип накачки используется, преимущественно при накачке твердотельных лазеров;
- лазеры с пучковой накачкой (электронами и тяжелыми частицами);
- химические, т.е. такие, в которых накачка осуществляется в процессе химической реакции.

Одним из наиболее часто применяемых типов лазеров в медицине являются твердотельные лазеры, которые широко используются для лечения различных заболеваний глаза. Например, они могут быть использованы для коррекции зрения при катаракте или глаукоме. Кроме того, твердотельные лазеры

могут использоваться для удаления некоторых видов рака. В современной косметологии лазеры применяются для эпиляции, омоложения, лифтинга, удаления сосудов, лечения акне, пигментных нарушений, удаления папиллом.

Другим примером лазерной технологии, применяемой в медицине, являются лазерные системы, используемые для устранения варикозного расширения вен. Эта методика особенно эффективна, когда она применяется на ранних стадиях заболевания. Лазерное лечение варикоза гарантирует более быстрое заживление ран и сокращение времени восстановления после операции.

Для онкологических заболеваний лазерная терапия может использоваться вместо хирургической интервенции или в комбинации с другими методами лечения. Она может использоваться для удаления злокачественных опухолей, сокращения объемов тканей, для лечения рака кожи и других видов рака.

Лазерную технологию также можно использовать для лечения заболеваний зубов, например, для удаления зубных отложений и изменения формы зуба. Лазерная коагуляция используется для остановки кровотечений в деснах и малых кровеносных сосудах. Процедуры лазерной стоматологии более безболезненны и могут принести большую пользу по сравнению с традиционными методами лечения.

Преимущества использования лазерной терапии в медицине включают меньшую травматичность, (одно из наиболее важных преимуществ лазерной терапии, по сравнению с традиционными методами лечения), быстрое заживление ран, а также меньшую кровопотерю.

Однако некоторые недостатки использования лазерной терапии в медицине включают возможность ожогов, инфекций и других побочных эффектов.

В заключение, лазерные системы широко применяются в медицине для лечения различных заболеваний, и это позволяет увеличить эффективность процедур лечения. Лазерные системы могут использоваться для получения более точной диагностики при лечении общих заболеваний, к примеру, диагностика болезни Альцгеймера. Будущие возможности лазерных систем в медицине также могут включать использование лазеров для удаления опухолей и тканевых исследований.

### **Библиографический список**

1. 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.

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. 3. – С. 123 – 128.

3. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

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.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛА РЕОЭНЦЕФАЛОГРАФА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИЙ**

**Д. Е. Судаков**

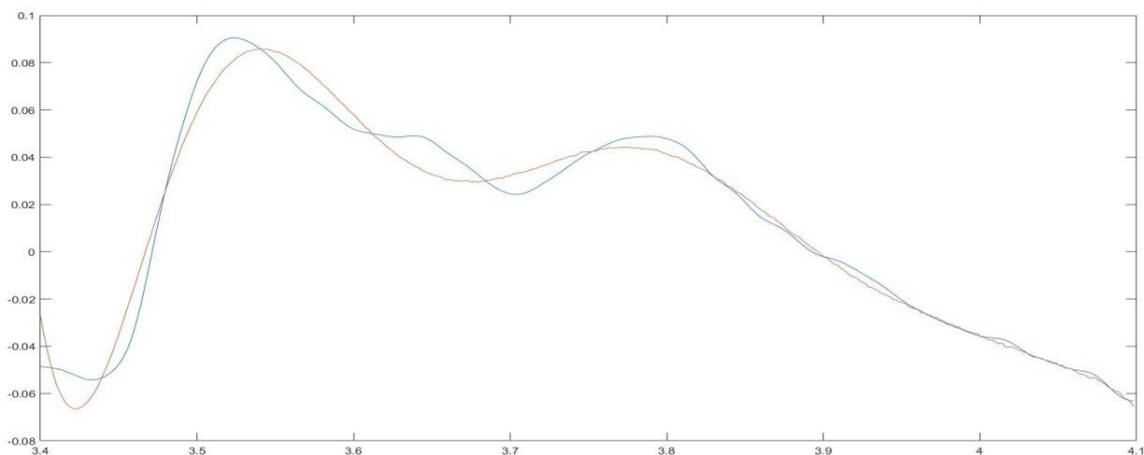
Тамбовский государственный технический университет Тамбов, Россия  
(e-mail: sudakov.dima1702@yandex.ru)

Реоэнцефалография (РЭГ) является не инвазивным методом исследования системного и регионарного кровообращения, который основан на регистрации изменений импеданса биологического объекта при его сканировании переменным током высокой частоты.

Существует множество различных методик обработки РЭГ. Для оценки надежности и эффективности этих методов в различных клинических условиях, а также выбора наиболее оптимального и подходящего алгоритма решения поставленных задач необходимы реальные сигналы РЭГ с различными характеристиками. Данная задача может быть решена созданием математической модели способной с достаточной реалистичностью заменять собой сигналы с необходимыми клиническими данными [1].

Для моделирования сигнала РЭГ используем методы аппроксимации – заменой одних математических объектов другими, которые имеют характеристики схожие с изначальными, но являются более простыми и, как следствие, удобными в работе.

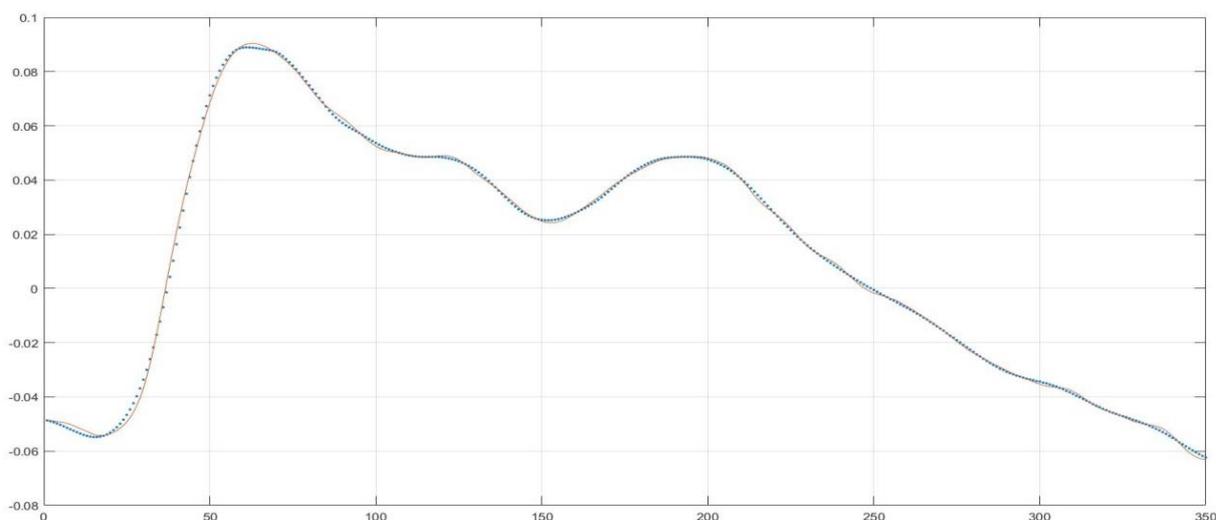
Один из самых распространенных методов аппроксимации – метод наименьших квадратов (МНК), основанный на минимизации суммы квадратов некоторых функций от искомым переменных. На рисунке 1 отражен результат аппроксимации (синий сигнал – исходный, красный полученный МНК).



**Рис. 1. Метод наименьших квадратов**

МНК удобен и прост в реализации, однако для работы с сложным биологическим сигналом, которым является РЭГ, метод оказался недостаточно гибким [2].

Для правильной аппроксимации сигнала РЭГ используем вейвлет-преобразование с применением базовой функции Добеши 4-го порядка и построим график (рис. 2).



**Рис. 2. Аппроксимация с использованием вейвлет-преобразования**

Подбор подходящей базовой функции позволяет получить сигнал, достоверно воспроизводящий характеристики оригинального биологического сигнала, что наглядно отражено на рис. 2.

Еще одним фактором применения вейвлет-преобразования является возможность разложить сигнала на низко- и высокочастотную составляющие, что позволяет отдельно рассматривать глобальные изменения сигнала и его локальные особенности.

## 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. – 2015. – № 4. – С. 139 – 145.
2. Судаков, Д. Е. Применение электроэнцефалографии в комплексах диагностики и терапии сердечно-сосудистой системы / Д. Е. Судаков, А. А. Коробов // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы. – 2020. – С. 451.
3. Арбузов, С. М. Применение методов вейвлет-анализа в электроэнцефалографии / С. М. Арбузов, А. Б. Степанов. – СПб. : Линк. – 2009. – 104 с.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАММ

**Д. Е. Судаков**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [sudakov.dima1702@yandex.ru](mailto:sudakov.dima1702@yandex.ru))

В математическом моделировании важной областью знаний является аппроксимация, которая позволяет исследовать количественные и качественные свойства объекта используя для этого более простые и удобные в изучении объекты близкие по свойствам к оригиналу. Данный научный метод может быть успешно применен в исследовании сложных биологических сигналов, к которым относится и реоэнцефалография (РЭГ).

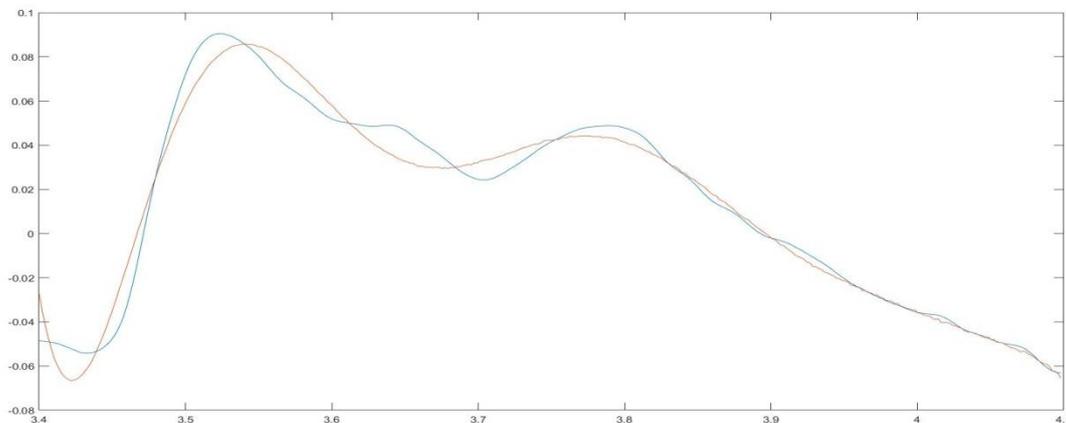
РЭГ это метод изучения мозгового кровотока путем выявления изменений электрического сопротивления содержимого черепа, обусловленного в основном объемными колебаниями кровенаполнения и отчасти состоянием скорости кровотока в мозговых и экстракраниальных сосудах при прохождении через него переменного тока высокой частоты [1].

Для аппроксимации РЭГ воспользуемся методом наименьших квадратов (рис. 1).

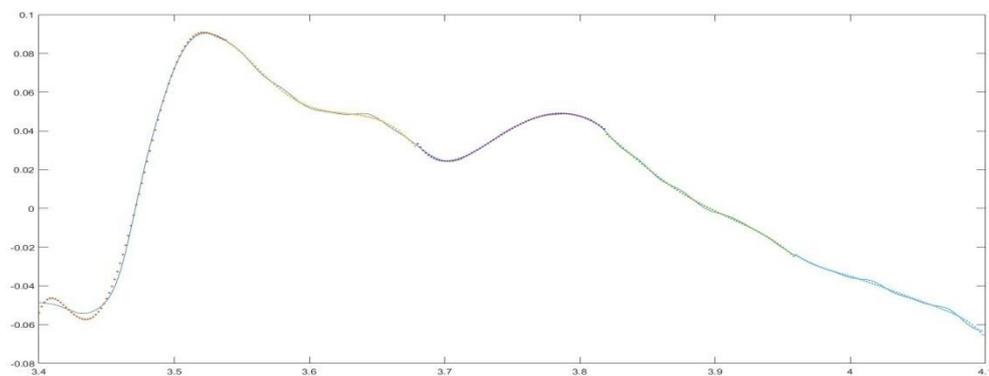
Результат аппроксимации методом наименьших квадратов имеет слишком значительные отклонения от оригинала. Для повышения качества аппроксимации попробуем разбить исходный сигнал на участки и аппроксимировать их отдельно (рис. 2).

Результат аппроксимации с разделением сигнала улучшается, однако на сложных участках все еще имеются весомые расхождения.

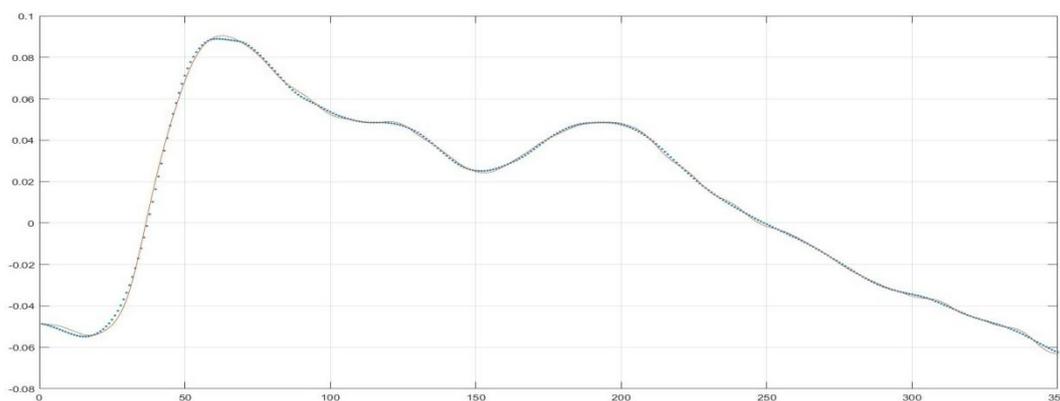
Следующим используем аппроксимацию с применением вейвлет-преобразования функцией Добеши 4 порядка (рис. 3) [2].



**Рис. 1. Метод наименьших квадратов**



**Рис. 2. Метод наименьших квадратов с разделением сигнала**



**Рис. 3. Аппроксимация с использованием вейвлет-преобразования**

Среднеквадратичное отклонение при аппроксимации с применением вейвлет-преобразования 0.0000012398, в то время как при использовании метода наименьших квадратов посчитаем 0.008, что наглядно отражает эффективность метода.

## 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. – 2015. – № 4. – С. 139 – 145.
2. Судаков, Д. Е. Применение электроэнцефалографии в комплексах диагностики и терапии сердечно-сосудистой системы / Д. Е. Судаков, А. А. Коробов // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы. – 2020. – С. 451.

## АНТОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНКУБАТОРОВ

**Н. О. Тадевосян**

Тамбовский государственный технически университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: noriktadevosan1@gmail.com)

Современные инкубаторы во многих аспектах ушли далеко вперед своих предшественников как в аппаратном, так и в программном аспектах. Более продвинутое программное обеспечение (ПО) и аппаратная часть позволяют медицинскому персоналу проводить более тонкую и в тоже время простую настройку неонатального инкубатора, тем самым повышая качество нахождения ребенка в нем.

Целью работы является показать на примере инкубатора «TS2 Термокот», который производился в 1990 годах в Австралии, будет показан, каким было его техническое устройства, и каким оно стало в современных инкубаторах, таких как Caleo от компании «Drager».

Год выпуска данного аппарата говорит в первую очередь о том, что его ПО сделано на языке программирования Ассемблер так как он является одним из основных что использовался в микроконтроллерах того времени. Аппаратная часть «TS2 Термокот» была несовершенна и имела батарею для поддержания сохранности настроек которые сбрасывались если напряжение отсутствовало в течение более 60 минут из-за чего часто приходилось проводить регулировку его систем, а в частности системы поддержания температуры.

В документации к данному аппарату описывается 2 режима работы – режим ожидания и оперативный режим.

Режим ожидания запускается сразу при включении инкубатора с кнопки на панели управления и характеризуется следующими факторами: температура двух нагревателей контролируется с помощью датчиков нагревателя. Вентилятор не работает, и циркуляция воздуха внутри инкубатора осуществляется только за счет конвекции. Настройка температуры нагревателя не производится, и цифровой дисплей в этом режиме не загорается. Все тесты по оценке аварийных состояний по-прежнему активны. В режиме ожидания нежелательно нахождение ребенка внутри инкубатора, так как система вентиляции воздуха в данном режиме не работает, и регулировка температуры будет производиться не должным образом.

Оперативный режим запускается нажатием дополнительной кнопки включения на передней панели. В данном режиме ПО протестирует все дисплеи и системы, после чего запускается вентилятор и на дисплеях будет указываться температура внутри инкубатора. В данном режиме уже можно использовать инкубатор по назначению.

В целом аппаратная и программная часть данного аппарата и не предназначена для проведения тонкой настройки температуры и влажности. Оно могло информировать о критических ошибках. Например, перепад напряжения, низкое напряжение, перегрев или неисправность подачи воздуха. Информирование осуществлялось посредством звукового сигнала, что не самый надежный способ (Современный стандарт – это передача тревожного сигнала на пост медсестры).

Данный аппарат имел преимущества в своем временном отрезке, однако по современным меркам он технически и морально устарел. Техническое совершенство современных инкубаторов, таких как «Caleo» заключается в более мощной вычислительной базе, более точные исполнительные механизмы и совершенные датчики. К тому же современные инкубаторы разрабатываются с возможностью совместимостью с разными датчиками (пульсоксиметр, датчик кардиосигнала и т.д.). Как правило, современные датчики работают по стандарту «Human interface device (HID)» (имеют максимальную совместимость и не требуют дополнительной настройки).

Подводя итог, можно сказать хоть развитие программного обеспечения хоть и идет полным ходом, но работает по одному принципу, а именно выдавать данные о ребенке медицинскому персоналу и поддерживать оптимальную для ребенка среду. Следует отметить, что тенденция развитие современных инкубаторов соответствует тенденциям развития информационных технологий и электронных компонентов.

## 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. 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. 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.

## СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ МУЗЫКАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

С. Ю. Тверская

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

(e-mail: tverskaya\_sofya@mail.ru)

Человек постоянно взаимодействует с окружающим миром и под его действием подвержен различным стрессовым ситуациям. Существует множество способов коррекции и восстановления эмоционального состояния человека. В настоящее время становится больше музыкальных методов восстановления эмоционального состояния человека.

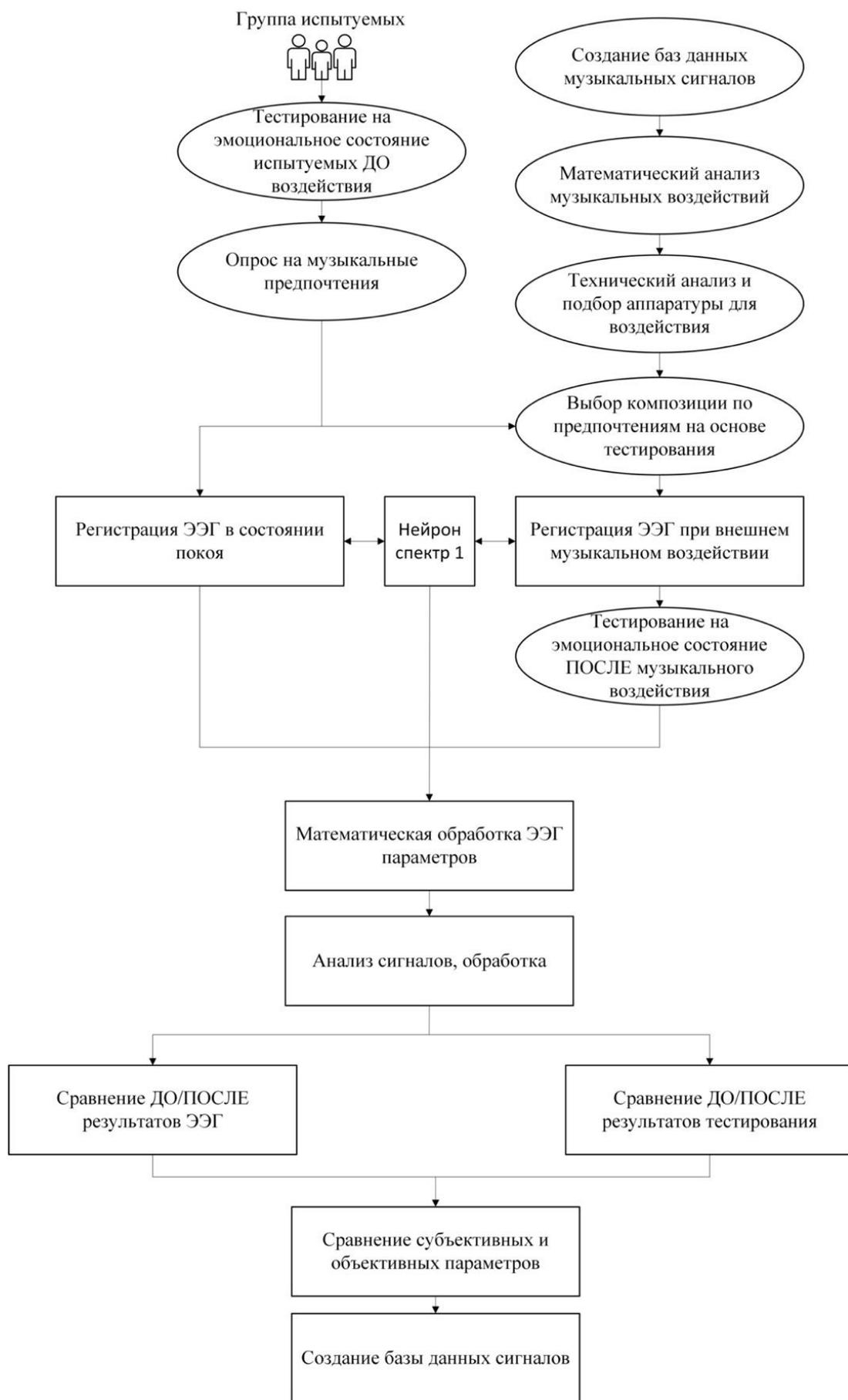
Система оценки эмоционального состояния человека с помощью музыкальных воздействий (рис. 1) включает в себя:

1. Формирование базы данных музыкальных воздействий, разработка оригинальной (авторской) музыкально-технической классификации.

2. Подбор аппаратуры для проведения эксперимента, воспроизведения музыкальных композиций.

3. Формирование и классификация группы испытуемых из числа школьников (подростков) и студентов Пензенского Государственного университета, условно здоровых, без психических отклонений, в количестве не менее 200 чел.

4. Разработка вопросника (анкетирования) на основе существующих, для выявления музыкальных предпочтений испытуемых.



**Рис. 1. Система оценки эмоционального состояния человека с помощью музыкальных воздействий**

5. Разработка тестирования на основе существующих, для субъективной оценки эмоционального состояния испытуемых ДО/ПОСЛЕ воздействия.

6. Проведение исследований. Формирование базы данных ЭЭГ сигналов испытуемых ДО/ПОСЛЕ/ВО ВРЕМЯ применения внешнего музыкального воздействия.

7. Корреляционные исследования данных различных испытуемых в период внешнего музыкального воздействия, при различных музыкальных жанрах. Выявление информативно-значимых параметров изменений электрической активности головного мозга.

8. Обработка полученных данных ЭЭГ с помощью математических методов.

9. Сравнение полученных результатов анализа ЭЭГ сигналов и результатов тестирования (субъективные и объективные параметры).

10. Создание базы данных сигналов.

В работе предложена система, позволяющая оценивать эмоции человека при воздействии различных музыкальных жанров путем вычисления результатов измерений и цифровой обработки ЭЭГ.

## **РЕГУЛИРОВКА УРОВНЯ КИСЛОРОДА В ИНКУБАТОРАХ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ**

**Е. Н. Федотова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: dmitryserega19971895@gmail.com)

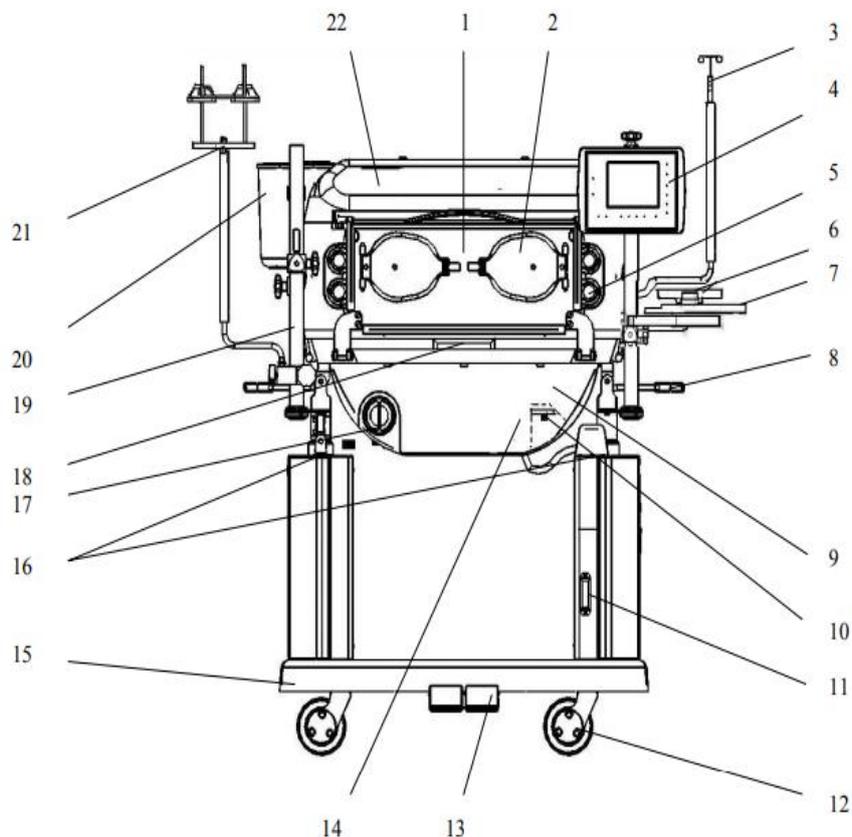
Системы контроля содержания кислорода в инкубаторах для новорожденных работают на основе использования различных датчиков, которые могут измерять уровень кислорода внутри инкубатора. Обычно в инкубаторе есть электронный контроллер, который регулирует и поддерживает заданный уровень кислорода.

Необходимо использовать точные датчики, которые будут контролировать уровень кислорода и при необходимости автоматически включать системы автоматической подачи кислорода, для поддержания стабильной концентрации. Также нужно избегать переизбытка или недостатка кислорода внутри инкубатора, чтобы не навредить здоровью ребенка.

Инкубаторы для новорожденных могут использоваться для лечения болезней, таких как гипоксический ишемический энцефалопатия, бронхиальная астма, гипербилирубинемия и других. В каждом случае необходимо регулиро-

вать уровень кислорода в соответствии с индивидуальными потребностями ребенка.

Также нужно учесть, что системы контроля кислорода в инкубаторе могут работать нестабильно в условиях низкой температуры или повышенной влажности, поэтому важно устанавливать инкубаторы в помещении с определенными климатическими условиями и периодически проверять работоспособность систем контроля.



**Рис. 1. Инкубатор ИДН-03-«УОМЗ», вид спереди:**

- 1* – боковая дверца (2 шт.); *2* – дверцы (4 шт.) для доступа рук в детский отсек;
- 3* – стойка инфузионная; *4* – блок управления и отображения;
- 5* – порт (12 шт.) для ввода медицинских трубок, датчиков и других приспособлений;
- 6* – столик с рычагом; *7* – полка инструментальная; *8* – ручка для передвижения инкубатора;
- 9* – детский модуль, в верхней части расположен детский отсек, в нижней – элементы системы управления; *10* – штуцер для подключения системы регулирования  $O_2$ ;
- 11* – разъем для подключения весов; *12* – колеса (4 шт.) транспортной тележки;
- 13* – педали для регулирования положения детского модуля по высоте (с обеих сторон тележки); *14* – ниппель для соединения с бачком увлажнителя (через трубку);
- 15* – транспортная тележка с механизмом регулирования положения детского модуля по высоте; *16* – механизм регулирования наклона и положения детского модуля по высоте;
- 17* – воздушный фильтр; *18* – ручка для выдвижения поддона; *19* – стойка (до 4-х шт.);
- 20* – бачок увлажнителя; *21* – держатель флаконов; *22* – колпак съемный

В инкубаторе ИДН-03-«УОМЗ» рис. 1 установлен электромагнитный клапан, подсоединенный к входному штуцеру. Также в блоке датчиков установлены два датчика кислорода – в системе автоматического регулирования и в измерительном канале. Регулирование осуществляется по датчику кислорода № 1, измерение – по датчику кислорода № 2. Информация о заданном и измеренном значении концентрации кислорода выводится на экран. Поступающий в систему подачи воздуха кислород нагревается и увлажняется вместе с воздухом.

В целом, использование специальных систем контроля кислорода в инкубаторах для новорожденных помогает обеспечить оптимальные условия для развития ребенка и уменьшить риск возникновения различных заболеваний. Однако, для работы эффективных и безопасных инкубаторов необходимо тщательное контролирование и обслуживание всех компонентов системы контроля.

### **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.

## **НЕОНАТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ**

**С. В. Фролов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: frolova2000@gmail.com)

Поскольку больные новорожденные от природы беспомощные, по сравнению со взрослыми, они нуждаются в тщательном наблюдении и, в связи с характерными для них патофизиологическими качествами, осуществление мониторинга зачастую существенно отличается от мониторинга взрослых пациентов [1 – 4].

Наиболее значимыми диагнозами неонатальных пациентов являются преждевременные роды, нарушение адаптации дыхательной системы к кровообращению, сепсис и врожденные пороки, в частности сердечно-сосудистой системы, Все новорожденные в целом проявляют неустойчивость дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Центральную роль в неонатальном мониторинге играют следующие параметры: одноканальная ЭКГ; дыхание; насыщение O<sub>2</sub>; чрескожные значения газов крови; кровяное давление.

Кроме того, с учетом отдельных случаев температурной нестабильности недоношенных и новорожденных детей также играет значительную роль мониторинг температуры. В связи с этим уход за недоношенными детьми осуществляется в инкубаторах. В отличие от взрослых, для новорожденных присутствует определенный риск, связанный с уровнем кислорода. Как и для взрослых, токсичная дыхательная концентрация кислорода может вызывать воспалительную реакцию в легких, приводя к их хроническому повреждению. Помимо этого, вследствие избыточно высокой дыхательной концентрации кислорода с последующей гипероксией у недоношенных детей возможно проявление дегенерации сетчатки; данный риск присутствует до момента достижения недоношенным ребенком прогнозируемой даты родов. В связи с этим необходим непрерывный мониторинг состояния кислорода.

Помимо того факта, что полное насыщение гемоглобина на 100% может представлять опасность для недоношенного грудного ребенка, дополнительный кислород, растворенный в крови, может восприниматься как токсичный. В связи с этим в случае маленьких недоношенных детей, нуждающихся в повышенной концентрации вдыхаемого кислорода, необходим мониторинг состояния кислорода с применением трансоксодов. Если есть подозрение недо- либо пере- насыщения, следует использовать также более реагирующий пульсовый оксиметр.

Для очень маленьких недоношенных детей с низкой перфузией и очень чувствительной кожей может оказаться невозможным применение чрезкожных датчиков газа (и любых электродов ЭКГ), в этом случае мониторинг осуществляется исключительно с применением пульсовой оксиметрии. У доношенных пациентов при пульсовой оксиметрии артефакты движения могут вызывать ложные тревоги, что обуславливает большую целесообразность применения трансоксодного мониторинга. С другой стороны, для пациентов с повышенной мобильностью жесткие провода трансоксодов и транскарпонов представляют серьезное препятствие.

Если мониторинг необходим в неотложных случаях, его, в принципе, необходимо осуществлять с применением пульсовой оксиметрии благодаря ее доступности вне зависимости от уровня развитости пациента.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

### **Библиографический список**

1. 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.

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. 3. – С. 123 – 128.

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, Т. А. Информационная модель электрокардиографа с учетом инновационных решений / Т. А. Фролова, В. В. Крапивина // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов, 2021. – Вып. III. – С. 145–146.

## **РИСКИ ИНКУБАЦИОННОЙ ТЕРАПИИ**

**С. В. Фролов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: frolova2000@gmail.com)

Инкубаторы используются для стабилизации и поддержания температурного баланса у недоношенных и новорожденных детей. Стабилизация температуры тела новорожденных является актуальной задачей. Необходим строгий контроль температуры. У новорожденных ректальная температура измеряется каждые 2 часа. Если ребенок термостабилен, данный цикл могут увеличить до одного раза в 4 часа. Если ребенок подвергается переохлаждению, это явление называется гипотермией. Если ребенка согревают в инкубаторе при температуре более 37 °С, то это явление называется гипертермией.

В результате повышенной потери жидкости при гипертермии может развиться нарушение водно-солевого баланса у ребенка. Дальнейшие последствия – это гипервентиляция и тахикардия. У термостабильных детей температура кожи отлично коррелирует с температурой тела. Таким образом, использование режима регуляции температуры кожи облегчает выбор показателей подходящей температуры.

Нельзя использовать регуляцию температуры кожи, если дети находятся в состоянии шока, так как в такой ситуации может произойти наступить

гипертермия. Кроме того, регуляция температуры кожи у детей с лихорадкой может применяться лишь с осторожностью, поскольку в этом случае температура кожи выше температуры тела. Сильно недоношенные дети интенсивно потеют, что приводит к большой потере жидкости в течение первых дней их жизни. Следующее исключение относится к пациентам, находящимся в состоянии шока или имеющим повышенную температуру кожной поверхности, вызванной инфекцией. Это может привести к ненадежным данным мониторинга температуры кожи пациента, находящегося в инкубаторе [1 – 5].

Оксигенотерапия может оказаться потенциально очень рискованной мерой при неправильной дозировке  $O_2$ . Поэтому при ее осуществлении необходимо измерить артериальное парциальное давление кислорода у пациента. При проведении оксигенотерапии незаменимым является продолжительное наблюдение за пациентом с помощью пульсоксиметра или чрескожных проб. При недостатке кислорода в крови существует опасность дыхательной недостаточности, которая, в свою очередь, приводит к остановке дыхания. Длительная нехватка  $O_2$  может вызвать церебральные нарушения.

Избыточная доза  $O_2$  у недоношенных детей, рожденных до 39-й недели беременности, может привести к серьезным глаз. Это даже может вызвать отслоение сетчатки.

Кислород – газ, поэтому он ассоциируется со взрывоопасностью и пожароопасностью. По этой причине, из соображений безопасности, на поверхность инкубатора запрещено ставить емкости с легковоспламеняющимися жидкостями и средства дезинфекции.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>*

### **Библиографический список**

1. 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.
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. 3. – С. 123 – 128.

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, Т. А. Информационная модель электрокардиографа с учетом инновационных решений / Т. А. Фролова, В. В. Крапивина // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов, 2021. – Вып. III. – С. 145–146.

## **КАК ФИЗИК СМОГ ПОЛУЧИТЬ ПРЕМИЮ ПО ФИЗИОЛОГИИ**

**Т. А. Фролова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: frolova2000@gmail.com)

Бекеш, которому едва исполнилось две дюжины лет, поступил в новую лабораторию министерства связи Венгрии. И здесь перед Бекеш встала практическая задача, которая и привела его в итоге к Нобелевской премии.

Дело в том, что через Венгрию проходили многие линии телефонной связи. И вот на территории этой страны качество связи резко пропадало. За что ругались на министерство – дескать, мы вам платим за транзит, а у вас сигнал где-то теряется. Бекеш поручили выяснить, где проблема: в микрофонах, линиях связи или в самом телефоне. Оказалось, что проблема – в мембране телефонного аппарата, которая очень несовершенно трансформировала звук в электрический сигнал. Аппараты доработали, а Бекеш задумался о том, как же происходит трансформация звука в электрический сигнал в человеческом организме: ведь то, что звук – это механическое колебание, известно давно. То, что нервный импульс имеет электрическую природу, к моменту работы Бекеш в телефонии тоже было известно уже полвека, с экспериментов Ричарда Катона в 1870-х.

И следующие полтора десятка лет Бекеш занимался изучением устройства и функционирования человеческого уха. Сама по себе анатомия среднего и внутреннего уха была уже известна.

Бекеш вскрывал трубы, тщательно исследовал строение среднего и внутреннего уха – и изучал животных. Он даже придумал новые хирургические инструменты для того, чтобы работать с улиткой (основной составляющей

внутреннего уха), придумал способы сохранять трупный материал, чтобы механические свойства тканей уха не менялись.

Как писал Бекеши, «в те времена было общепризнанным, что механические свойства тканей уха после смерти быстро изменяются, и поэтому практически невозможно изучать эти свойства внутреннего уха человека».

Тогда существовало четыре теории о том, как ухо может воспринимать и различать звуки разной высоты. Первая постулировала, что звук определенной высоты может вызывать колебания только строго определенного участка мембраны; вторая теория гласила, что звук вызывает бегущую по мембране волну; согласно третьей звук должен был отражаться от конца улитки и формировать стоячую волну; четвертая теория моделировала колебания мембраны как единого целого.

Бекеши установил, что верна вторая теория. Волна определенной частоты, бегущая по улитке, вызывает колебания всех участков мембраны, однако один из них вибрирует сильнее остальных. Расположение этого участка зависит от частоты звука: если звук выше, он располагается ближе к овальному окну, «входу» в мембрану, а если ниже – дальше. И от всех участков мембраны отходят нервные волокна, каждое из которых уносит информацию о звуке определенной высоты.

В Гарварде он приступил к настоящему физическому эксперименту – провел моделирование распространения звуков в мембране улитки на ее 30-сантиметровой модели в виде пластиковой трубки. Вместо волосковых клеток кортиева органа, которые преобразуют механические колебания в нервные импульсы, Бекеши пользовался... рукой. Он просто клал ее на трубку.

«Хотя бегущая волна распространялась по всей длине мембраны почти с одинаковой амплитудой, мне казалось, что вибрирует лишь участок мембраны длиной 2–3 сантиметра. Тот простой факт, что хотя в модели колебания захватывают всю руку, но лишь небольшой ее участок кажется вибрирующим, доказывает, что нервное торможение должно играть важную роль в восприятии звука», – писал Бекеши.

Фундаментальное и исчерпывающее исследование венгра, не только принесло ему Нобелевскую премию в 1961 году, но и дало важнейший фундаментальный результат. Точное понимание биомеханики слуха, сделанное всего лишь одним человеком, позволило медикам создавать протезы барабанной перепонки из участков кожи или вен.

## 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. 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.

## МНОГООКОННЫЕ СПЕКТРЫ УОЛША-АДАМАРА В КЛАССИФИКАТОРАХ СНИМКОВ ВИДЕОРЕЯДА

Часиб Хасан Аль-Дарраджи<sup>1</sup>, А. Ю. Сухомлинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет Дияла, Баакубу, Республика Ирак

<sup>2</sup>Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия

(e-mail: SFilist@gmail.com)

Методы анализа и классификация снимков видеоряда являются превалирующим инструментом при диагностике заболеваний по УЗИ снимкам. Проиллюстрируем предлагаемый метод на примере классификации изображений УЗИ поджелудочной железы. Изображение УЗИ разбивается на сегменты заданного размера с размером кратными двум. После этого ЛПР формирует базу данных. Для отнесения сегмента к заданному классу ЛПР использует глобальное изображение. ЛПР отправляет классифицированный сегмент в базу данных, которая и хранит сегмент с соответствующим маркером класса [1 – 4].

В качестве дата сет для полносвязной нейронной сети были использованы спектральные коэффициенты Уолша – Адамара. Коэффициенты Уолша-Адамара были разделены на «хранители» и «вершители». К «хранителям» были отнесены такие коэффициенты, частота появления которых наиболее высока в выборке определенного класса. Для определения «вершителей» необходимо взять две выборки, например, «норма» и «онкология». По каждой выборке определяем матрицу средних значений спектральных коэффициентов по сегменту. Итого имеем две матрицы средних для двух классов. Из двух матриц средних получаем матрицу «вершителей». Каждый элемент матрицы «верши-

телей» определяется как процент разности соответствующих элементов этих матриц. Разность элементов матриц средних по классам нормируется по элементам одной из этих матриц, например, по элементам из матрицы норма, и умножается на 100. К «вершителям» отнесем те элементы, у которых процент разности превысит некоторое пороговое значение. Спектральные коэффициенты, отнесенные к «вершителям» и будут вектором информативных признаков нейронной сети.

Для обучения классификаторов использовалась база данных, содержащие аннотированные сегменты изображений УЗИ с онкологией, панкреатитом и индифферентным классом. Для создания базы данных, было разработано программное обеспечение, позволяющее загружать и разбивать на сегменты изображения УЗИ поджелудочной железы. Программное обеспечение позволяет задавать размеры сегментов любого размера. Однако настройка классификатора требует одинаковых размеров сегментов, поэтому для обучения классификаторов были определены размеры сегментов 16×16, 32×32 и 64×64 пикселя.

Основой вычислительных процедур является программный модуль вычисления преобразования Уолша. В программном обеспечении присутствует режим изменения содержания сегмента.

Проведена экспериментальная апробация программного обеспечения интеллектуальной системы по классификации УЗИ изображений поджелудочной железы по классам «нет области интереса» или «область интереса». При этом в класс «область интереса» входили снимки, классифицируемые как «онкология» или «панкреатит». Эксперименты на контрольных выборках показали диагностическую эффективность по классам «нет области интереса» – «область интереса» не ниже 90%.

### **Библиографический список**

1. Автоматизированная система для классификации снимков видеопотоков / С. А. Филист, М. В. Шевцов, В. А. Белозеров и др. // Изв. Юго-Западного государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 85 – 105.
2. Метод каскадной сегментации рентгенограмм молочной железы / С. А. Филист, А. Р. Дабагов, Р. А. Томакова и др. // Изв. Юго-Западного государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2019. – Т. 9, № 1(30). – С. 49 – 61.
3. Малютина, И. А. Методы и алгоритмы анализа рентгенограмм грудной клетки, использующие локальные окна в задачах обнаружения патологий /

И. А. Малютина, А. А. Кузьмин, О. В. Шаталова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 3(39). – С. 131 – 138.

4. Формирование признакового пространства для задач классификации сложноструктурируемых изображений на основе спектральных окон и нейросетевых структур / К. Д. А. Кассим, А. А. Кузьмин, О. В. Шаталова, Е. А. Алябьев // Изв. Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 4(67). – С. 56 – 68.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКЛОВ В ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ПОМОЩИ ПОСТРОЕНИЯ МАТРИЦЫ ДИСПЕРСИЙ**

**В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: [vitaliy-cha1999@yandex.ru](mailto:vitaliy-cha1999@yandex.ru)).

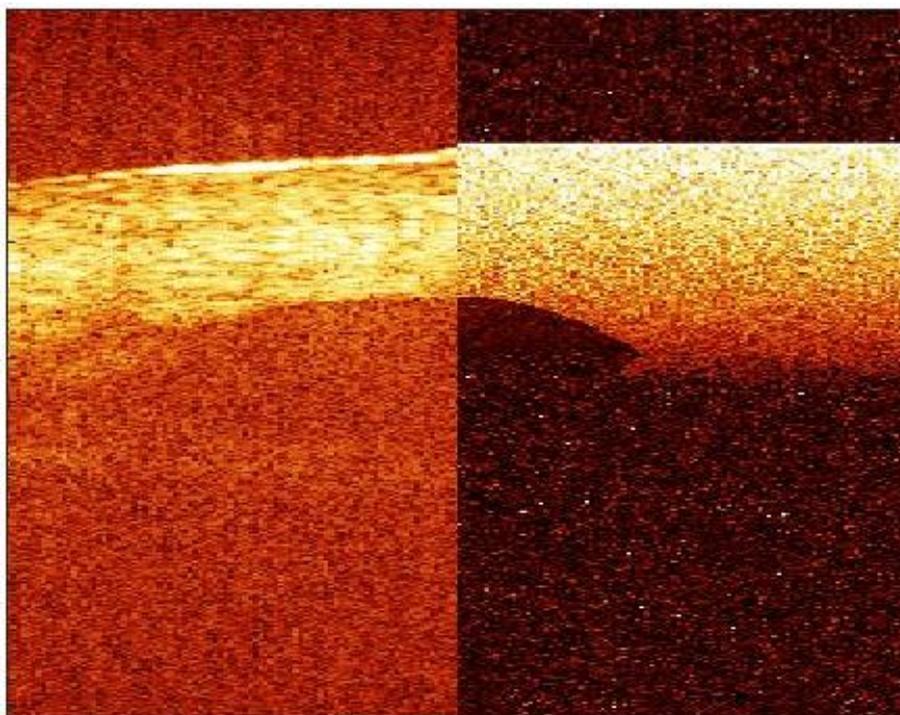
Оптическая когерентная томография (ОКТ) – это неинвазивный метод биомедицинской визуализации, позволяющий получить изображения поперечного сечения биологических тканей с высоким разрешением вплоть до микронного масштаба.

ОКТ стала важным инструментом в клинической диагностике, мониторинге и лечении различных заболеваний, особенно в офтальмологии т.к. ткани, входящие в зрительную систему человека, обладают относительно невысокими коэффициенты рассеяния, поглощения и преломления. В тоже время интерпретация ОКТ-изображений слоев кожи, кровеносных сосудов и других новообразований может быть затруднена в связи наличием спекл-шума, вызванного интерференцией когерентных световых волн, которые обратно рассеиваются от исследуемой ткани. Исследование принципов, лежащих в основе возникновения спекл-шума позволит не только увеличить диагностическую ценность ОКТ-изображений, но и извлекать дополнительную информацию о биологических тканях *in vivo*.

Наиболее часто при моделировании ОКТ-изображений используется метод Монте-Карло, в котором биообъект моделируется как двухмерное пространство с различными оптическими характеристиками с последующим расчетом вероятностей рассеяния, поглощения, отражения и преломления.

Модернизация этого подхода была осуществлена с помощью функции определенной плотности вероятности для первого рассеяния, которое перена-

правляет фотон в направлении положения детектора. Для расчета дальнейшей траектории движения, рассеяния фотонов определяется заранее с некоторой заданной вероятностью и также может направляться к детектору. В качестве распределения вероятностей использовались гамма-распределения, параметры которых получены в результате исследования матрицы дисперсий ОКТ изображений [1, 2]. Полученные результаты моделирования представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Экспериментальный В-скан (2D структурное ОКТ изображение) кровеносного сосуда человека *in vivo* (слева) и результат моделирования структурного ОКТ-изображения (справа)**

Таким образом, моделирование спеклов в ОКТ при помощи построения матрицы дисперсий позволяет получить А и В сканы с высоким соответствием экспериментальным данным, а также на порядок увеличить скорость вычисления. Дальнейшая работа будет связана с развитием описанного метода в контексте моделирования С-сканов ОКТ.

### **Библиографический список**

1. 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.

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.

## **ВАРИАНТ ПОЛНОМАСШТАБНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**И. А. Шаталова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: shatalova@mail.ru)

Цифровая патология и искусственный интеллект (ИИ) вызывают растущий интерес [1 – 4]. Ряд производителей уже интегрировали цифровую визуализацию в рутинный рабочий процесс, полагаясь на алгоритмы искусственного интеллекта для обнаружения различных видов рака и количественной оценки митотической активности. Несмотря на использование визуализации всего предметного стекла (WSI) для оценки тканей, область гематологии отстает. В то время как многие больницы полагаются на ограниченные технологии для автоматизированной оценки периферической крови, цифровой сканер Scorio Labs™ X100 обеспечивает получение динамических изображений больших областей сканирования с высоким разрешением на уровне масляной иммерсии.



**Рис. 1. Внешний вид системы Scorio X100**

Полнофункциональная система Scorio X100 для анализа проб крови – это первое комплексное цифровое решение, которое предлагает полномасштабную визуализацию и систему поддержки принятия решений (DSS) на базе искусственного интеллекта с удаленным подключением через защищенную больничную сеть. Цифровая визуализация захватывает большие области сканирования с 100-кратным увеличением, что позволяет специалистам лаборатории видеть все интересующие области, включая растушеванный край.

Автоматизированный ИИ позволяет классифицировать клетки по категориям, специфичным для линии, с количественной оценкой на основе цитоморфологических признаков. Другие функции искусственного интеллекта включают в себя описание клеток и комментарии, доступные для всех пользователей, генерацию окончательного отчета в формате PDF, экспорт, загрузку в программное обеспечение PowerPath™ с привязкой к соответствующим отчетам проточной цитометрии и биопсии костного мозга и возможность делиться оцифрованными слайдами с клиницистами, лабораторным персоналом и стажерами, используя уникальные веб-ссылки. Изображения можно использовать для лекций и опухолевых досок. Кроме того, для студентов-медиков, резидентов и других преподавателей был создан набор из 80 тематических исследований для PBS.

Цифровая система Scorio Labs X100 представляет собой эффективный и экономичный веб-инструмент для оптимизации клинического рабочего процесса и улучшения оценки PBS. Благодаря последним возможностям искусственного интеллекта для количественной оценки клеток, определения происхождения и создания отчетов мы стремимся продолжать наши усилия по полной интеграции Scorio Labs в наш рутинный ежедневный клинический рабочий процесс для просмотра образцов PBS.

### **Библиографический список**

1. 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.
2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
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.

4. 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.

## РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЕЙ НА БАЗЕ ARDUINO

**И. А. Шаталова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: shatalova@mail.ru)

Для удовлетворения потребностей жителей северных регионов России была разработана автоматизированная «умная» комнатная теплица на базе Arduino. Эта теплица должна выполнять рутинные действия по уходу за растением, которые обычно выполняет человек, конкретно теплица должна поддерживать автоматический полив, проветривание, нагрев, управление светодиодной подсветкой, а также лазерной подсветкой. Лазеры были включены в конструкцию теплицы для увеличения скорости роста растений и улучшения их характеристик от кратковременного лазерного облучения с определенными характеристиками. Общая длительность работы теплицы 5 месяцев.

Рост растения в теплице был разделен на этапы, для которых были определены характеристики окружающей среды, которые необходимо поддерживать постоянными для успешного выращивания. Конкретно это температура воздуха, влажность почвы, влажность воздуха. Для каждого цикла эти характеристики различны, переключение между циклами происходит автоматически. На данный момент были разработаны алгоритмы для выращивания томатов, базилика, а также возможность пользовательской настройки режима работы теплицы (рис. 1).



**Рис. 1. Алгоритмы управления теплицей**

В предустановленных режимах параметры окружающей среды являются фиксированными, пользователю необходимо ввести только день, с которого должен начаться цикл работы. Параметры среды в теплице считываются с датчиков; при изменении параметров запускаются соответствующие механизмы регуляции:

- при падении температуры включается ИК-лампа;
- при падении влажности включается насос;
- при повышении температуры или влажности открывается крышка;
- светодиодная лента включается утром и выключается вечером.

В конкретные часы включается лазерная досветка – утром на определенное в зависимости от стадии цикла время.

В пользовательском режиме необходимо вручную вводить параметры среды. Далее теплица работает по одному циклу с установленными пользователем параметрами (рис. 2). Когда растение достигает нового уровня развития, пользователю необходимо ввести новые параметры среды. В остальном работа теплицы в пользовательском режиме аналогична работе в предустановленном.



Рис. 2. Блок-схема управления теплицей

В настоящее время ведется разработка возможностей отслеживания экстренных ситуаций, таких как: недостаток воды для полива и выключение электроэнергии.

## Библиографический список

1. 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 РЕНГЕНОВСКОГО АППАРАТА

**М. В. Шевчук**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [margaeryshevchuk@yandex.ru](mailto:margaeryshevchuk@yandex.ru))

Современную медицину трудно представить без рентген-диагностики.

Рентгеновский аппарат – это медицинское оборудование, которое используется в различных областях медицины. Устройство необходимо для получения информации о состоянии внутренних органов, которое сложно оценить невооруженным глазом.

В зависимости от цели исследования, применяются разные типы рентгеноаппаратов – ангиографы, флюорографы, маммографы и др. Все эти рентгеноустановки объединяет общий принцип действия. Устройство преобразовывает электроэнергию от обычной электросети в рентгеновское излучение.

Все шире в рентгеновских аппаратах применяют средства цифровой регистрации рентгеновских изображений. В этих случаях видеосигнал телевизионной передающей трубки поступает в аналого-цифровой преобразователь, а с него в электронную память.

Основные преимущества цифровой рентгенотехники заключаются в следующем:

- На цифровых аппаратах пациент и обслуживающий персонал получают меньшие дозовые нагрузки. Потенциально лучевые нагрузки на цифровых аппаратах могут быть уменьшены не менее чем в 10 раз. Исключается экологически нечистая пленочная технология.

- Несмотря на более высокую первоначальную стоимость цифровых аппаратов, суммарные расходы за срок службы оказываются существенно меньше, чем при использовании аппаратов, основанных на пленочной технологии. Экономия складывается из отсутствия затрат на расходные материалы (пленку, фотореактивы), фотолабораторию и ее оборудование, громоздкий пленочный архив, оборудование для просмотра пленок. Увеличивается производительность рентгеновского кабинета.

- Уже все современные цифровые рентгеновские аппараты имеют более широкий динамический диапазон (более 100 дБ) и многие из них более высокую квантовую эффективность ( $\gamma > 0,3$ ).

- Информативность рентгеновских изображений на цифровых аппаратах неуклонно растет. Уже сейчас на ряде цифровых аппаратов имеется возможность получения (кроме теневого изображения) томографических срезов любого сечения исследуемого органа и его объемного изображения.

Применение рентгенодиагностических аппаратов средств вычислительной техники позволяет проводить преобразования изображения: выделение малых контрастов, подчеркивание контуров, фильтрацию. Например, с помощью вычислительной техники осуществляется так называемая субтракционная цифровая ангиография, когда проводят цифровое вычитание двух изображений, полученных в разные фазы введения контрастного вещества в кровеносную систему. При этом одинаковые элементы изображения исчезают, а движение контрастного вещества по сосудам становится отчетливо видимым. При помощи рентгеновского аппарата получают снимок, качество которого определяется тремя основными параметрами: напряжением, подаваемым на рентгеновскую трубку, силой тока и выдержкой. В зависимости от исследуемых анатомических образований и антропометрии пациента эти параметры могут существенно изменяться.

Дальнейшие исследования и улучшения в этой области могут увеличить уровень безопасности и улучшить качество самого обследования.

### **Библиографический список**

1. Proskurin, S. G. Detection of an Absorbing Heterogeneity in a Biological Object During Recording of Scattered Photons / S. G. Proskurin, A. Yu. Potlov, S. V. Frolov // Biomedical Engineering. – 2013. – V. 46(6). – P. 219 – 223.

## **ПРОБЛЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ АКСЕЛЕРОМЕТРА НА КИСТИ**

**М. В. Шевчук, А. В. Кузнецова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: margaeryshevchuk@yandex.ru, irinka.dro@yandex.ru)

Изучение акселерометра на руке имеет большие перспективы для будущей реабилитации. Травмы рук являются распространенным явлением и могут существенно повлиять на способность человека выполнять повседневные

задачи. Например, люди, перенесшие инсульт или черепно-мозговую травму, могут испытывать трудности с движениями рук. Используя акселерометры на руке, врачи и терапевты могут отслеживать прогресс пациентов и соответствующим образом корректировать свои планы лечения.

Так как устройства необходимо располагать непосредственно на теле человека, то основной вопрос заключается в следующем: каким должно быть расположение акселерометра на кисти, чтобы получить корректную информацию о движении человека?

Есть два основных места, где акселерометр может быть размещен на руке: запястье и ладонь. Каждое местоположение имеет свои преимущества и недостатки, и выбор местоположения зависит от конкретного варианта использования.

При размещении на запястье акселерометры могут обнаруживать движения кисти и предплечья. Однако размещение датчика может быть проблематичным, поскольку запястье представляет собой сложный сустав со многими степенями свободы. Это затрудняет точную интерпретацию данных, собираемых датчиком. Кроме того, запястье часто подвержено артефактам движения, которые могут вносить шум в данные.

С другой стороны, размещение акселерометра на ладони может обеспечить более стабильные и точные показания. Ладонь представляет собой относительно плоскую поверхность, что облегчает установку датчика в определенном месте. Стоит отметить, что ладонь в меньшей степени подвержена искажениям при движении, чем запястье.

Однако размещение акселерометра на ладони также имеет свои недостатки. Рука не является жесткой структурой, и движения пальцев рук могут вносить шум в данные. Кроме того, ладонь часто соприкасается с другими поверхностями, такими как стол или стул, что также может вносить шум в данные.

Для правильной работы акселерометра важен правильный выбор места для его установки. Поэтому исследователи провели много работ, чтобы определить наиболее подходящее место для установки акселерометра на кисти.

Нет единого стандарта для размещения акселерометра на кисти. Выбор места установки акселерометра зависит от вопроса исследования и изучаемого движения. Исследователи должны учитывать преимущества и недостатки каждого места размещения, чтобы гарантировать получение наиболее точных и релевантных данных. Кисть, запястье, предплечье, верхняя часть руки, лопатка – все это потенциальные точки размещения акселерометров, и каждая из них предоставляет уникальную информацию о движении верхней конечности.

## Библиографический список

1. Горбунов, А. В. Обработка выходных параметров акселерометра в медико-биологической практике / А. В. Горбунов, А. А. Трубиенко // Вестник ТГУ. – 2014. – Т. 19, Вып. 1. – С. 78 – 80.
2. Марика, Н. Акселерометрическое измерение движений верхних конечностей после инсульта: систематический обзор клинических исследований / Марика Нооркõйв, Хелен Роджерс, Кристофер Прайс // Журнал нейротехники и реабилитации. – 2014. – № 144.
3. Marika Noorkõiv, Helen Rodgers, Christopher Price Accelerometer measurement of upper extremity movement after stroke: a systematic review of clinical studies / Marika Noorkõiv, Helen Rodgers, Christopher Price // Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation. – 2014. – № 144.

## ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОМИДОРОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

**Е. С. Ширкина**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: shirkina\_ek@.ru)

Многие садоводы задаются вопросом, какой источник света использовать при выращивании растений дома. Для решения данного вопроса рассмотрим несколько источников света на примере выращивания помидоров: лампа ДНаТ (Дуговая Натриевая Трубчатая), лампа накаливания и светодиодная лента.

Помидоры – светолюбивые растения, у которых поглощаемая интенсивность светового потока варьируется от 200 до 500 мкмоль/м<sup>2</sup>/с (табл. 1).

Интенсивность светового потока  $I$  на определенных этапах развития томатов различна, поэтому возьмем максимальное значение 500 мкмоль/м<sup>2</sup>/с (прорастание семян). Для определения освещенности для данной интенсивности воспользуемся формулой:

$$E = K_c I, \quad (1)$$

где  $E$  – необходимая освещенность;  $K_c$  – коэффициент преобразования солнечного света;  $I$  – интенсивность светового потока.

Коэффициент преобразования солнечного света  $K_c = 54$ . Освещенность необходимая для помидоров, рассчитанная по формуле (1), составляет 27 000 Люксов. Чтобы проверить эффективность источников освещения,

рассчитаем освещенность каждой лампы для бокса с помидорами 60×60 (см) по формуле:

$$E = \frac{\Phi_{\text{д}} \cdot N \cdot K_{\text{л}}}{Sk}, \quad (2)$$

где  $E$  – освещенность ленты;  $\Phi_{\text{д}}$  – номинальный световой поток одного светодиода;  $N$  – плотность на метр;  $K_{\text{л}}$  – коэффициент преобразования лампы;  $S$  – освещаемая площадь;  $k$  – коэффициент потерь.

Площадь бокса  $S = 0,36 \text{ м}^2$ . Из-за расположения лампы, отражения светового потока от стен и других влияющих факторов, приводящих к ослаблению светового потока, коэффициент потерь  $k = 8$ . В таблице 2 приведены характеристики источников освещения, необходимые для расчетов.

Рассчитанные значения освещенности каждого источника света по формуле (2) приводятся в табл. 3.

По данным расчетам лампа накаливания, как подсветка для выращивания помидоров, неэффективна. Натриевые лампы, в частности GE LU 150, широко используются в качестве досветки растений как в домашнем использовании, так и в агропромышленности. Светодиодные лампы – современное решение вопроса освещения, они являются эффективными и более экономичными по сравнению с другими источниками света.

### 1. Интенсивность, потребляемая помидорами

Период развития	Интенсивность, $I$
Прорастание семян	400...500 мкмоль/м <sup>2</sup> /с
Вегетативный	200...250 мкмоль/м <sup>2</sup> /с
Формирование плодов и плодоношение	300 мкмоль/м <sup>2</sup> /с

### 2. Световые характеристики источников света

Источник освещения	Общий световой поток	Коэффициент преобразования
Лампа натриевая GE LU 150	351 Лм	82
Лампа накаливания 75 Вт	18 Лм	50
Светодиодная лента Epistar ws2812b	1080 Лм	100

### 3. Сравнительная характеристика источников освещения

Источник освещения	Мощность, Вт	Срок службы, ч	Стоимость, руб.	Освещенность, Лк	КПД*, %
Лампа натриевая GE LU 150	150	24 000	500	10 000	37
Лампа накаливания 75 Вт	75	1000	30	313	1,2
Светодиодная лента Epistar ws2812b	18	50 000	460	37 500	139

КПД\* – соотношение освещенности источника к освещенности, необходимой помидорам.

#### 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. 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.

### ПРОБЛЕМА ОСВЕЩЕНИЯ В БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

**Е. С. Ширкина**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: shirkina\_ek@ru)

Актуальной проблемой является тепличное выращивание. На кафедре «Биомедицинская техника» в рамках проектного обучения ведется разработка автоматизированной теплицы. Свет является основным параметром для выращивания растений, он обеспечивает их рост, развитие, размножение и плодоношение. Оптимально подобранное освещение повышает эффективность данной системы. У помидоров определенные требования к освещению, поэтому их взяли для тестирования разрабатываемой биотехнической системы.

В умной теплице в качестве источника освещения предлагается использовать светодиодную ленту Epistar ws2812b с характеристиками, приведенными в табл. 1.

### 1. Характеристики ленты Epistar ws2812b

Наименование параметра	Параметры
Тип диодов	5050
Длина	1 метр
Плотность на метр, $N$	60 диодов/метр
Напряжение	5 В
Мощность	18 Вт
Номинальный световой поток одного диода, $\Phi_d$	18 Лм
Мощность одного диода	0,21 В

Освещенность ленты  $E$  рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{\Phi_d \cdot N \cdot K_l}{Sk}, \quad (1)$$

где  $E$  – освещенность ленты;  $\Phi_d$  – номинальный световой поток одного светодиода;  $N$  – плотность на метр;  $K_l$  – коэффициент преобразования лампы;  $S$  – освещаемая площадь;  $k$  – коэффициент потерь.

Площадь освещения в проектируемой теплице  $S = 0,36 \text{ м}^2$ . Данная лента имеет коэффициент преобразования  $90 < K_l < 100$ . Источник освещения находится на расстоянии 1 м над растением, принимается значение  $K_l = 100$ . Из-за расположения ленты в системе, отражения светового потока от стен и других влияющих факторов, приводящих к ослаблению светового потока, коэффициент потерь принимается  $k = 8$ . Рассчитанная освещенность ленты по формуле (1)  $E = 37\,500$  Люксов.

В таблице 2 приводятся данные по интенсивности освещения томатов.

Интенсивность светового потока  $I$  на определенных этапах развития томатов различна, поэтому возьмем максимальное значение  $500 \text{ мкмоль/м}^2/\text{с}$  (прорастание семян). Для определения освещенности для данной интенсивности воспользуемся формулой:

$$E = K_c I, \quad (2)$$

где  $E$  – необходимая освещенность;  $K_c$  – коэффициент преобразования солнечного света;  $I$  – интенсивность светового потока.

## 2. Интенсивность, потребляемая томатами

Период развития	Интенсивность, $I$
Проращивание семян	400...500 мкмоль/м <sup>2</sup> /с
Вегетативный	200...250 мкмоль/м <sup>2</sup> /с
Формирование плодов и плодоношение	300 мкмоль/м <sup>2</sup> /с

Коэффициент преобразования солнечного света  $K_c = 54$ . Освещенность необходимая для помидоров, рассчитанная по формуле (2), составляет 27 000 Люксов.

Освещенность светодиодной ленты превышает освещенность, необходимую для выращивания помидоров, на 139%. Тем самым подтверждается эффективность данной ленты в биотехнической системе. Необходимое освещение создается регулированием напряжения ленты.

### 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. 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.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСА ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

**Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, А. Ю. Куликов**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: scorpio0751@gmail.com, awetini@gmail.com, andrew20062@mail.ru)

Электрический импульс дефибрилляции оказывает мгновенное воздействие на миокард, синхронизируя процесс возбуждения его волокон. Значение энергии импульса дефибрилляции является ключевым фактором для успешного восстановления сердечного ритма у пациента. Недостаточная энергия может не привести к возобновлению сердечного ритма, в то время как избыточная

энергия способна повредить сердечные ткани. В связи с этим важным этапом проверки (в том числе оперативной) технического состояния является осуществление контроля соответствия энергии импульса дефибриллятора выбранному режиму [1, 2].

Анализ энергии импульса с использованием внутренней нагрузки дефибриллятора является недостаточным, так как не гарантирует правильной работы самого прибора. Данный факт обуславливает использование отдельных вспомогательных устройств.

Стандартный перечень измерительных приборов и оборудования, используемый при проверке аппарата, затрудняет ее проведение в процессе эксплуатации дефибриллятора по причине своих массогабаритных размеров и особенностей питания, а использование измерителей энергии высоковольтных импульсов и специализированных тестеров может позволить себе не каждое медицинское учреждение в силу их высокой стоимости [3].

Разрабатываемое устройство для проверки энергии импульса дефибриллятора (рис. 1) предполагает два варианта исполнения.



Рис. 1. Структурная схема устройства для проверки энергии импульса дефибриллятора

«Базовая» версия для оперативной проверки наличия импульса и выводом информации о соответствии его энергии выбранному режиму дефибрилляции в пределах допустимой погрешности на дисплей («соответствует энергии 200 Дж»).

И «профессиональная» версия с дополнительной возможностью вывода на дисплей графика электрического импульса дефибрилляции и расчетом значений его основных составляющих для более углубленного анализа.

Таким образом, разрабатываемое устройство позволит: производить контроль значения энергии импульса дефибрилляции для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации прибора, отследить момент для своевременного ремонта дефибриллятора, а также сократить финансовые затраты медицинских учреждений.

### **Библиографический список**

1. Медико-технические принципы проектирования внешних электрических дефибрилляторов с биполярной формой импульса / В. А. Востриков, Б. Б. Горбунов, А. Н. Гусев и др. // Изв. высших учебных заведений. Электроника. – 2005. – № 4-5. – С. 173 – 178.

2. 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 «ТГТУ», 2012. – 96 с.

3. Руководство по эксплуатации дефибриллятора-монитора ДКИ–Н–11 «АКСИОН» ЮМГИ.941135.009-13 РЭ / ООО Концерн «Аксион». – Ижевск, 2019.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА У НОВОРОЖДЕННЫХ**

**С. Р. Штыркова**

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия  
(e-mail: [sofiashtyrkova4828@gmail.com](mailto:sofiashtyrkova4828@gmail.com))

Развитие в последние десятилетия реаниматологии и интенсивной терапии способствует снижению перинатальной, ранней неонатальной и младенческой смертности. Гемодинамические нарушения у новорожденных, влияют

на дальнейшее качество жизни пациентов, которые перенесли критические состояния. Клинические проявления нарушений гемодинамики у детей раннего возраста не всегда вовремя распознаются, так как значительно запаздывают и не являются специфичными.

Основными принципами мониторинга гемодинамики являются точность, надежность, комплексность, наличие минимального количества осложнений, практичность и низкая стоимость, а также доступность получаемой информации. Основная задача любого мониторинга анализ показателей в динамике, и проведение интенсивной терапии.

Выделяют два метода определения параметров гемодинамики: инвазивные и неинвазивные.

При инвазивном методе измерения сердечного выброса может быть использован катетер Сван-Ганца или «холодовой индикатор» (5% раствор глюкозы или 0,9% раствор NaCl температуры от 0 до 24 °C). Оценка сердечного выброса инвазивным методом, основана на измерении интенсивности (скорости) потока крови. При введении в кровоток индикатора происходит его разведение кровью. Скорость разведения индикатора будет пропорциональна интенсивности потока и, следовательно, значению сердечного выброса.

Существует ряд технических факторов, влияющих на точность измерения сердечного выброса:

- ошибки в объеме индикатора;
- отклонение температуры;
- отклонение скорости введения индикатора.

К неинвазивным методам гемодинамического мониторинга относятся:

- измерение сердечного выброса с помощью исследования содержания углекислого газа в конце выдоха (монитор NICO);
- пульсоксиметрия;
- измерение артериального давления (аппаратным способом);
- измерение биоимпеданса грудной клетки с помощью специальных электродов в точке сердечного цикла;
- ультразвуковые методики.

Традиционным методом неинвазивного мониторинга состояния пациента является измерение артериального давления с помощью ртутного или мембранного манометра не ранее 1,5 ч после кормления или лечебно-диагностического вмешательства. Обязательным условием является выбор манжетки, соответствующей размерам ручки ребенка.

При измерении сердечного выброса с помощью исследования содержания углекислого газа в конце выдоха, через кожные электроды пропускается переменный ток высокой частоты и малой силы. Изменения вольтажа принимаемых сигналов отражают циклически колеблющийся объем крови. Данная методика пока не рекомендована для принятия клинических решений и требует дальнейшего исследования.

Пульсоксиметрия определяет степень насыщения крови кислородом (сатурация артериальной крови – SpO<sub>2</sub>). Пульсоксиметры кроме сатурации позволяют оценивать гемодинамические показатели: ЧСС и состояние микроциркуляторного русла органов и тканей.

Информативным и доступным методом является доплер-Эхокардиография. Достоинствами метода является возможность одновременной оценки анатомии и функций сердца. Недостатками метода является неточностью в оценке скорости кровотока.

Инвазивный метод отличается точностью, возможностью динамического контроля, но его применение сопровождается рисками, характерными для любого инвазивного метода мониторинга и, соответственно, не всегда оправдано. В связи с этим, для получения важной и достоверной информации особенно актуальна неинвазивность мониторинга.

### **Библиографический список**

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ВСТУПЛЕНИЕ ОТ РЕДАКЦИИ</b> .....	3
<i>Касатонов И. С., Почетнов А. В., Шипилов С. Б.</i> Роль ТГТУ в появлении и развитии Интернета в Тамбовской области .....	5
<b>Секция 1. РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА</b>	
<i>Аистов В. С., Некрылов И. А.</i> Алгоритм оценки координат ТС фазовым методом .....	13
<i>Антонов Е. А., Данилов С. Н.</i> Методика синтеза тестовых траекторий для оценки эффективности следящих систем .....	15
<i>Антонов Е. А.</i> Исследование следящего фильтра с моделью на основе системы дифференциальных уравнений второго порядка .....	17
<i>Бабаев А. К., Хорохорин И. В., Хрипченко А. Е.</i> Исследование влияния смеси узкополосной помехи с белым шумом на канал связи с OFDM модуляцией .....	19
<i>Белов М. В., Завальнов В. В., Нужина И. М.</i> Исследование работы реверсивных термоэлектрических модулей в составе моделей абсолютно-черных тел .....	21
<i>Бурков И. А., Оканевский Е. А., Округин С. А.</i> Расширение зоны уверенного приема в экосистемах IoT .....	24
<i>Васильев Д. Д., Усищева Д. А., Цыганова О. С.</i> Аналитическая визуальная модель для расчета и моделирования линейной непрерывной излучающей системы .....	26
<i>Ващенко С. С., Корягин В. А.</i> Имитатор радиотехнических сигналов для средств комплексного технического контроля .....	28
<i>Гарев А. А., Помещиков В. В., Полкунов К. А.</i> Подключение ГЛОНАСС-модуля дистанционного управления к управляющей плате макета робота радиоэлектронной борьбы .....	30
<i>Гвоздев Е. А., Симон Е. А., Скворцов Н. А., Успенский А. А.</i> Проблемы испытания современных систем РЛС и РЭБ .....	32
<i>Гришин И. С., Наумчик В. А., Зайдуллин А. Р.</i> Программно-аппаратный комплекс постановки помех на основе ПЛИС для подавления сигналов в каналах управления робототехническими комплексами в заданном диапазоне частот .....	34
<i>Данилов С. Н., Наимов У. Р.</i> Алгоритм оценки нормального ускорения отслеживаемого аэродинамического объекта .....	35
<i>Данилов С. Н.</i> Опыт использования пакетов математического моделирования при изучении, создании и исследовании сложных радиотехнических систем .....	37
<i>Дронин Я. С., Север Д. С., Смирнова М. М.</i> Моделирование многодиапазонной патч-антенны с интегрированными мета-ячейками .....	39
<i>Дутов М. Н., Образцов Д. В., Чернышов В. Н.</i> Топливные элементы для питания портативной радиоаппаратуры .....	41
<i>Евстафьев П. Д.</i> Рентгенографический метод контроля качества BGA пайки .....	43

<i>Зайдуллин А. Р., Горбунов С. Н., Хрущев Н. С., Громов Ю. Ю.</i> Перспективы передачи и обработки изображений с беспилотных летательных аппаратов .....	45
<i>Иванов А. А., Бойков Д. В.</i> Выигрыш в точности определения координат и скорости подвижного объекта за счет применения адаптивных алгоритмов .....	47
<i>Иванов А. В., Мишул И. П., Иванов А. А.</i> Применение отношения средних отклонений для выявления аномальных измерений спутниковых радионавигационных систем .....	49
<i>Иванов А. В., Табеев Э. И., Лежнева Н. А.</i> Контроль целостности в навигационно-посадочном комплексе .....	51
<i>Избасов А. Г.</i> Классификация задач беспилотных летательных аппаратов по целеполаганию и приоритетам алгоритмов управления .....	53
<i>Ишков А. С., Земляков Д. В., Учурев Н. А.</i> Схемотехническое моделирование блока образцовой частоты .....	55
<i>Каданцев Д. А.</i> Установка для обеспечения измерений электрических параметров бортовой вычислительной машины .....	57
<i>Кирилова И. И., Кузнецова С. Г., Морозов И. В.</i> Аналитическая визуальная модель для расчета и исследования диполя .....	59
<i>Козлов Н. А., Полкунов К. А., Каптанов В. В.</i> Применение и развитие беспилотных летательных аппаратов в современных условиях для пожаротушения .....	61
<i>Комраков Д. В., Ильичев М. М.</i> Лидары на основе твердотельных полупроводниковых лазеров .....	63
<i>Копытов А. П.</i> Технология RFID в интернете вещей .....	65
<i>Корягин В. А., Гарев А. А., Симон Е. А., Успенский А. А.</i> Особенность построения сверхширокополосных усилителей мощности на основе арсенид-галлиевых транзисторов для имитаторов радиотехнических сигналов .....	67
<i>Кошелев Н. Д.</i> Оценка эффективности работы радиоэлектронной аппаратуры на литиевых аккумуляторах посредством нейронных сетей .....	69
<i>Кошелев Н. Д.</i> Применение нейронных сетей для анализа работы плат балансировки заряда в устройствах с литий-ионным аккумуляторным питанием .....	71
<i>Кривова А. В., Пащенко М. С.</i> Сравнение усиления проволочной антенны Серпинского и штыревой антенны для приема сигнала стандарта DVB-T2 .....	73
<i>Крушатина М. А., Тернавка В. Р., Кольтюков Н. А.</i> Энергосберегающее управление электрическими тепловыми объектами .....	75
<i>Курьянов И. Ю., Ильин А. Д., Аверкин И. А.</i> Методика оценки эффективности обнаружения и автоматического сопровождения воздушной цели лазерно-тепловизионной системой .....	77
<i>Лазуткин М. М., Полкунов К. А.</i> Повышение эффективности обучения за счет улучшения представления информации с помощью применения иммерсивных технологий .....	80
<i>Лисовский А. А., Рязанцев Л. Б., Курьянов И. Ю.</i> Обоснование характеристик к станции имитирующих помех, размещаемой на беспилотном летательном аппарате ....	81
<i>Максимов Ю. С., Беляев Ю. В.</i> Методы измерения малосигнальных и шумовых параметров светоизлучающих диодов .....	84

<i>Матюхин С. И., Мурко А. С., Ставцев А. В.</i> Сопротивление объемных проводников с малой площадью электрических контактов .....	86
<i>Медведев А. Е.</i> Оценка точности фазового пеленгатора в условиях многолучевого распространения сигнала .....	88
<i>Морозов А. С., Москвитин С. П.</i> Исследование эффекта Пельтье в термоэлектрических преобразователях .....	91
<i>Морозов А. С.</i> Исследование физического закона Джоуля–Ленца на элементе Пельтье ....	94
<i>Москвитин С. П., Лежнева Н. А.</i> Приращение псевдодальностей в спутниковых радионавигационных системах при движении подвижного объекта .....	96
<i>Мясоедова А. С.</i> Инновации информационной модели компьютерного томографа .....	98
<i>Наимов У. Р., Пудовкин А. П., Шатовкин Р. Р.</i> Точность индикации интенсивности маневра аэродинамического объекта .....	101
<i>Наумчик В. А., Гришин И. С., Шатских В. В.</i> Устранение шумов на изображениях специальных объектов, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов ....	103
<i>Некрылов И. А., Аустов В. С.</i> Разработка модели состояния движения воздушного судна с учетом дополнительной информации для угломерного канала .....	105
<i>Никитин А. А., Баршутина Д. С., Баршутин С. Н.</i> Генератор ионизации пламени на основе схемы Аркадьева-Маркса .....	107
<i>Носков А. Д., Приходько А. П.</i> Выбор места для установки Wi-Fi маршрутизатора в жилом помещении .....	109
<i>Осипов К. Ю., Воронина О. А.</i> Применение диодного каскада для устранения выходных искажений в усилителе звуковой частоты .....	110
<i>Павлов Э. Э., Гожалимов И. Д., Шелковой К. А.</i> Аналитические и функционально-параметрические модели активных радиоэлектронных каскадов .....	113
<i>Першин Р. А., Федюнин П. А., Хворов Р. А.</i> Разработка перспективного устройства для поиска забрасываемых передатчиков помех .....	115
<i>Писарчук А. С., Короткова Д. Д.</i> Имитационное моделирование самоорганизующихся сетей .....	117
<i>Помещиков В. В., Ващенко С. С., Гвоздев Е. А., Полкунов К. А.</i> Применение усилительных каскадов на основе нитрид-галлиевых транзисторов для имитаторов радиотехнических сигналов бортовых радиолокационных станций .....	119
<i>Понкратов Д. О., Иванков А. А.</i> Особенности алгоритма сопровождения БПЛА в системе многопозиционной радиолокации .....	121
<i>Рубцов К. Н., Воронина О. А., Мишин В. В., Тугарев А. С.</i> К выбору клеевых композиций для монтажа кристаллов .....	123
<i>Рябов И. Д., Панфилов С. В., Панасюк Ю. Н.</i> Измеритель дальности радиоэлектронной следящей системы .....	125
<i>Рябов И. Д., Панфилов С. В., Панасюк Ю. Н.</i> Применение дополнительной информации в измерителях дальности радиоэлектронных следящих системах .....	127
<i>Семенов В. А., Ивануткин А. Г.</i> Повышение уровня безопасности полетов государственной авиации за счет повышения надежности системы радиотехнического обеспечения полетов .....	129

<i>Сизов М. В.</i> Анализ технологий программирования для программируемой логической интегральной схемы .....	131
<i>Сустин А. И., Пудовкин А. П.</i> Перспективы развития информационно-измерительной системы для управления воздушным движением с третичной обработкой информации ...	133
<i>Тернавка В. Р., Крушатина М. А., Кольтюков Н. А.</i> Синтез алгоритма оптимального управления технологическими объектами с электроприводами .....	136
<i>Хрипченко А. Е., Бабаев А. К., Хорохорин И. В.</i> Исследование влияния коррелированного шума на канал связи с OFDM модуляцией .....	138
<i>Хрущев Н. С., Омельченко И. А., Гусев А. А., Башкиров Р. М.</i> Эксплуатация уязвимостей беспроводных сетей .....	140
<i>Чистилин Д. А., Воробьев В. А.</i> Совершенствование радиотехнических средств организации воздушного движения .....	142
<i>Чистилин Д. А., Каптилов П. А.</i> Математические модели подстилающей поверхности используемые при формировании траекторного сигнала в РСА .....	144
<i>Шаталов А. И.</i> Выбор беспроводного стандарта связи для устройства удаленной перезагрузки коммутаторов сети провайдера .....	146
<i>Шахов А. О.</i> К вопросу использования ЖК индикаторов .....	147

## **Секция 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ**

<i>Алексеев А. Е., Рябов А. В.</i> Методика оценки электромагнитной совместимости сетей авиационной радиосвязи .....	150
<i>Балашов А. А., Листопадская Т. А., Кожухов Н. Н., Махоренко А. А.</i> Информационно-измерительная система контроля протечек в колодцах водопровода .....	152
<i>Бахтин В. С., Казюлин Р. В., Тюрин И. В.</i> Системы спутникового мониторинга автотранспорта .....	154
<i>Верченев А. В., Зебрева М. М.</i> Повышение качества производства оптоволокна .....	156
<i>Горбачев И. Н., Заикин Я. О., Рыбаков А. Ю.</i> Многокритериальный алгоритм управления беспилотным летательным аппаратом .....	158
<i>Грибков А. Н., Тюленева А. С.</i> Функциональная модель алгоритма синтеза робастного энергосберегающего управления тепловыми объектами .....	160
<i>Грищенко Д. И.</i> Комплексная безопасность .....	162
<i>Дмитриевцев А. Ю., Зырянов Ю. Т., Наумова А. Ю.</i> Контроль основных параметров телекоммуникационной информационно-измерительной и управляющей системы .....	164
<i>Дмитриевцев А. Ю., Зырянов Ю. Т., Попов И. Е.</i> Классификация основных методов прогнозирования технического состояния радиоэлектронного оборудования .....	166
<i>Дорохова Т. Ю., Куратов А. Н.</i> Нелинейные явления в радиоэлектронных системах .....	168
<i>Зебрева М. М., Зырянов Ю. Т., Верченев А. В.</i> Анализ методов технического диагностирования систем связи .....	170
<i>Йиндула Э. М. П., Селиванова З. М.</i> Допусковый контроль теплофизических свойств материалов интеллектуальным информационно-измерительным средством .....	172
<i>Казюлин Р. В.</i> Интеллектуальные системы управления .....	174
<i>Казюлин Р. В., Чернышов Н. Г.</i> Технические средства беспроводных сетей .....	176

<i>Калачников А. В., Волков Д. Ю., Шамгунов Д. В., Печаткин А. В.</i> Сетевой автоматизированный комплекс автоматизированного контроля жгутов .....	178
<i>Каримов Б. Т., Каримова Г. Т.</i> Синтез и анализ спутниковых данных для улучшения распознавания объектов на поверхности земли .....	180
<i>Карих Р. Д., Заходякин Н. В., Помещиков Д. В.</i> Построения систем постановки пространственных барьеров для легких БПЛА на основе программно-определяемых радиоплатформ .....	182
<i>Кирюпин М. М., Белоусов О. А., Носков В. В., Мамедов А. А.</i> Анализ функционирования систем автоматического обнаружения на основе анализа характера помех от беспилотных летательных аппаратов .....	184
<i>Коньшин А. А., Тюрин И. В.</i> Информационный обмен между радиолокационными станциями .....	186
<i>Коньшин А. А., Тюрин И. В.</i> Предложения по усовершенствованию аппаратно-объективного контроля радиолокационной информации .....	187
<i>Кочетов И. Н., Помещиков Д. В.</i> Особенности построения микроволнового радиолокатора на основе программно-определяемой радиоплатформы .....	189
<i>Кувшинников В. С., Ковшов Е. Е.</i> Применение цифровых двойников объектов радиационного неразрушающего контроля .....	191
<i>Кузин Д. А., Стаценко Л. Г., Брылина С. В., Миргородская Ю. В.</i> Распознавание гидроакустических сигналов на основе глубокого обучения .....	193
<i>Курносое Р. Ю., Чернышова Т. И.</i> Метрологический анализ цифровых средств измерений .....	195
<i>Матыцина И. А., Коробова Л. А., Толстова И. С.</i> Использование БПЛА в чрезвычайных ситуациях .....	197
<i>Нагих С. А.</i> Интернет вещей на основе технологии LoRa WAN .....	199
<i>Незнанов А. И., Подмастерьев К. В., Видакас А. А.</i> Блок обработки сигналов с тензорезистивных датчиков напряженного состояния рельс .....	201
<i>Петров Д. С., Симко А. С., Печаткин А. В.</i> Автономный комплекс экологического мониторинга лесных угодий и заповедников .....	203
<i>Сайфуллозода К. С., Магомедов Н. И., Таенков П. А.</i> Направленность антенн на базовых станция сотовой связи .....	205
<i>Скоморохов К. В., Селиванова З. М.</i> Применение интеллектуального измерительного средства при получении металлополимеров для изделий радиоэлектроники .....	207
<i>Смирнов А. О., Тришаков А. А., Кирюпин М. М., Тетюхин В. И.</i> Применение генеративно-состязательных нейронных сетей при обработке радиолокационных изображений комплексов обнаружения малых винтокрылых беспилотных летательных аппаратов .....	209
<i>Стариков А. В., Потлов Д. Ю.</i> Применение пьезоэлектрических фильтров на поверхностных акустических волнах (ПАВ) в системах сотовой связи .....	211
<i>Стариков А. В., Потлов Д. Ю., Чернышов Н. Г.</i> Определение современных методов повышения избирательности радиоприемника .....	214
<i>Сулаймнов Ж. Ж., Бактытов Р. Б.</i> Особенности профориентационной работы ВУЗов с применением информационных технологий .....	215

<i>Тришаков А. А., Мельников А. А., Боровиков П. П.</i> Методы обработки радиогалографических изображений при построении ГИС с применением искусственного интеллекта .....	217
<i>Трухин А. В., Стафеев М. А.</i> Управляемость системы связи и радиотехнического обеспечения в различных аспектах .....	220
<i>Чернов П. В., Медведев И. П.</i> Особенности построения радиогалографических изображений объектов с использованием метода синтезированных апертур для систем обнаружения малых винтокрылых беспилотно-летательных аппаратов .....	222
<i>Четверикова М. К.</i> Исследование влияния антропогенных шумов на городскую среду города Владивосток .....	224
<i>Якушов О. С., Сайфуллозода К. С., Деменкова А. О.</i> Фильтры сосредоточенной избирательности на поверхностных акустических волнах в телекоммуникационных системах .....	226

### **Секция 3. ПРОБЛЕМЫ БИОТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

<i>Аветисян А. Р., Шнякина Я. И., Куликов А. Ю.</i> Имитатор сигналов для проверки работоспособности приборов функциональной диагностики .....	229
<i>Азимуратова А. А.</i> Информационная модель гемодиализных аппаратов .....	231
<i>Азимуратова А. А.</i> Проблемы выбора гемодиализных аппаратов .....	233
<i>Алавси Х. А. Х., Песок В. В., Пшеничный А. Е.</i> Исследование сердечно-сосудистого риска у коморбидных больных посредством анализа кардиореспираторной синхронизации .....	236
<i>Аль-Хайдари А. А. М., Альгбури А. Д. И.</i> Аппараты МРТ: распространенные неисправности и способы их устранения .....	238
<i>Альгбури А. Д. И., Аль-Хайдари А. А. М.</i> Компьютерная томография: распространенные неисправности и способы их устранения .....	240
<i>Амосов А. А., Каплан М. Б.</i> Виртуальный прибор для системы регистрации сложнораспределенных магнитных полей магнитотерапевтических устройств .....	242
<i>Баршутина Д. С., Баршутин С. Н.</i> Исследование вероятности переизлучения глюкозой в живых организмах .....	244
<i>Букатина И. М.</i> История инкубаторов для новорожденных .....	246
<i>Бутусов А. В.</i> Многоагентная система латентного контроля функционального состояния двух и более пациентов .....	248
<i>Горбунов А. В., Палатов П. А., Сеченева Е. В., Евстигнеева Е. П.</i> Цифровизация для исследования развития базилярной артерии человека в эмбриональном периоде .....	250
<i>Гречуха Д. Д.</i> Бюджетная видеотепловизионная система скрининга глаукомы глаз .....	252
<i>Гречуха Д. Д.</i> Разработка информационной модели биохимических анализаторов .....	254
<i>Долгов Е. П.</i> Основные подходы к выбору режимов искусственной вентиляции легких ...	257
<i>Евстигнеева Е. П.</i> Перспективы развития компьютерной томографии .....	259
<i>Еськов В. В., Григоренко В. В., Кухарева А.</i> Новые нейросетевые технологии в управлении биотехническими системами .....	261

<i>Журавлев Н. Р.</i> Перспективы развития датчиков массы тела в инкубаторах для новорожденных .....	263
<i>Ильин Г. П., Окулов Д. Д., Дубровин В. В.</i> Перспективы использования интеллектуальных систем компьютерной диагностики САДе .....	266
<i>Коробов А. А., Савинова К. С.</i> Применение нейросетевых методов управления параметрами жизнеобеспечения в неонатальных инкубаторах .....	268
<i>Крапивина В. В.</i> Электроакопунктурный стимулятор .....	269
<i>Крутикова В. Ю., Поленов Н. И., Закураева К. А., Потапова Е. В.</i> Исследование влияния миомы матки различной локализации на микроциркуляцию крови эндометрия .....	271
<i>Крушатина Н. Н.</i> Перспективы электроэнцефалографии .....	273
<i>Кузнецов А. А.</i> Выборочная реализация виртуального процесса ритма сердца .....	276
<i>Кузнецов А. А.</i> Переходный режим нормализации ритма сердца .....	278
<i>Кузнецова А. В.</i> Радиогеномика в МРТ-диагностике .....	280
<i>Куликов Р. А.</i> АРМ врача ультразвуковой диагностики с использованием машинного обучения .....	282
<i>Лычагина В. О.</i> Эндопротезирование коленного сустава. Умное колено .....	284
<i>Лычагина В. О., Фролова Т. А.</i> Анализ неисправностей и критического состояния элементов умной теплицы .....	286
<i>Медведева А. В., Нечай А. А.</i> Проблематика шумоподавления в звуковых сигналах с тоническим типом заикания .....	288
<i>Мовсеян А. С.</i> Инкубаторы для новорожденных .....	290
<i>Моргунов Н. Р.</i> Перспективы развития аппаратов ИВЛ .....	292
<i>Негуляева А. В.</i> Строение и функции инкубаторов .....	295
<i>Нечай А. А., Медведева А. В.</i> Применение аналитического и нейросетевого подхода к шумоподавлению в звуковых сигналах .....	297
<i>Окулов Д. Д., Ильин Г. П., Дубровин В. В.</i> Выявление патологических паттернов для системы диагностики медицинских изображений .....	298
<i>Орехова Л. А.</i> Информационная модель инкубаторов для новорожденных .....	300
<i>Орехова Л. А.</i> Методы обработки и анализа сигналов электрокардиографии .....	302
<i>Панькин Д. В.</i> Разработка информационной модели комбинированного аппарата физиотерапии .....	304
<i>Паршакова В. Е., Локтионова Ю. И., Жарких Е. В., Литвин Ф. Б., Брук Т. М., Менькова Н. С., Дунаев А. В.</i> Оценка влияния физических нагрузок на состояние микроциркуляторно-тканевых систем шорт-трекистов .....	307
<i>Петров И. Э., Палатов П. А., Непрокин А. В., Горбунов А. В.</i> Электроэнцефалография для регистрации во фронтальной локализации .....	309
<i>Попова О. А., Залунин Д. П.</i> Скрининг – контроль глаукомы глаза .....	310
<i>Потлов А. Ю., Павлов Д. В.</i> Риски инкубационной терапии .....	312
<i>Потлов А. Ю., Плющев А. С.</i> Перспективы развития мониторинга в инкубаторах для новорожденных .....	314

<i>Савинова К. С., Коробов А. А.</i> Система контроля влажности для неонатального инкубатора .....	316
<i>Семьянинова Е. А., Родионова И. Э.</i> Источники бесперебойного питания как способ защиты медицинского оборудования .....	318
<i>Сеченева Е. В.</i> Лазерные системы в медицине .....	320
<i>Судаков Д. Е.</i> Математическое моделирование сигнала реоэнцефалографа с применением вейвлет-функций .....	322
<i>Судаков Д. Е.</i> Сравнительная характеристика методов математического моделирования реоэнцефалограмм .....	324
<i>Тадевосян Н. О.</i> Антология функциональных возможностей инкубаторов .....	326
<i>Тверская С. Ю.</i> Система оценки эмоционального состояния человека с помощью музыкальных воздействий .....	328
<i>Федотова Е. Н.</i> Регулировка уровня кислорода в инкубаторах для новорожденных .....	330
<i>Фролов С. В.</i> Неонатальный мониторинг .....	332
<i>Фролов С. В.</i> Риски инкубационной терапии .....	334
<i>Фролова Т. А.</i> Как физик смог получить премию по физиологии .....	336
<i>Часиб Хасан Аль-Дарраджи, Сухомлинов А. Ю.</i> Многооконные спектры Уолша-Адамара в классификаторах снимков видеоряда .....	338
<i>Черешнев В. О., Проскурин С. Г.</i> Моделирование спектров в оптической когерентной томографии при помощи построения матрицы дисперсий .....	340
<i>Шаталова И. А.</i> Вариант полномасштабной визуализации и системы поддержки принятия решений на базе искусственного интеллекта .....	342
<i>Шаталова И. А.</i> Реализация управления автоматизированной теплицей на базе ARDUINO .....	344
<i>Шевчук М. В.</i> Перспективы развития рентгеновского аппарата .....	346
<i>Шевчук М. В., Кузнецова А. В.</i> Проблема расположения акселерометра на кисти .....	347
<i>Ширкина Е. С.</i> Оптимальный выбор освещения для выращивания помидоров в домашних условиях .....	349
<i>Ширкина Е. С.</i> Проблема освещения в биотехнической системе для выращивания растений .....	351
<i>Шнякина Я. И., Аветисян А. Р., Куликов А. Ю.</i> Устройство для проверки энергии импульса дефибриллятора .....	353
<i>Штыркова С. Р.</i> Анализ методов гемодинамического мониторинга у новорожденных ....	355

*Научное электронное издание*

# **РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**ВОСЬМАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 65-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ ВУЗА,  
30-ЛЕТИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТ**

**Сборник трудов  
(Тамбов, 10 мая 2023 г.)**

Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова

**ISBN 978-5-8265-2596-8**



Подписано к использованию 07.06.2023.  
Тираж 100 шт. Заказ № 53

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14  
Телефон: (4752) 63-81-08  
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru