

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Рязанский государственный радиотехнический университет  
имени В.Ф. Уткина

# **МАТЕРИАЛЫ**

VIII научно-технической конференции магистрантов  
Рязанского государственного радиотехнического  
университета

Рязань 2022

УДК 004

Материалы VIII научно-технической конференции магистрантов Рязанского государственного радиотехнического университета. – Рязань: РГРТУ, 2022 - 286 с.

Освещаются вопросы разработки телекоммуникационной аппаратуры и сетей, обработки радиолокационных сигналов, оптических каналов связи, разработки и моделирования радиоэлектронных устройств различного назначения, алгоритмического обеспечения систем обработки изображений и распознавания образов, математического моделирования систем управления, организации работы информационно-вычислительных сетей, разработки информационных и биомедицинских систем и приборов, систем менеджмента качества, управления технологическими процессами, систем автоматизированного проектирования, микро- и наноэлектроники, разработки алгоритмического и программного обеспечения информационно-вычислительных систем, комплекс вопросов, касающихся информационных систем для экономики, финансов, менеджмента, государственного, муниципального и коммунального управления.

Авторская позиция и стилистические особенности публикаций полностью сохранены.

Ответственный редактор:

канд. техн. наук, доц. Миловзоров О.В.

© Рязанский государственный  
радиотехнический университет, 2022

## **СЕКЦИЯ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗИ**

### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В IP – ТЕЛЕФОНИИ**

А.А. Бааж

Научный руководитель - Дмитриев В.Т., канд. техн. наук,  
заведующий кафедрой РУС

Основным методом для оценки качества речевых сигналов в IP-телефонии является использование адаптивных методов кодирования с целью улучшения качества речевого сигнала, при действии различных мешающих факторов.

Алгоритм адаптивного кодирования обеспечивает анализ помеховой обстановки и подбирает необходимый корректирующий уровень кода, который удовлетворял бы уровню помех. Анализ алгоритмов обработки позволяет оценить степень адаптации современных кодеков речи и выделить основные направления развития:

1. Адаптация кодеков к условиям распространения позволяет улучшить качество восстановленного речевого сигнала на выходе первичного кодека и дает возможность уменьшения влияния искажений на качество восстановленного сигнала, за счет выбора алгоритма первичного кодирования или его параметров [1].

2. Адаптация к акустическим шумам, которые являются сильным мешающим фактором, ухудшающим качество работы системы. При этом снижается разборчивость речи, звучание, узнаваемость голоса и т.д. Кроме эффекта маскирования речи шумом, основной причиной такого снижения является большой рост искажений при прохождении зашумленной речи преобразования в устройствах с низкоскоростной компрессией речи.

3. Адаптация к голосу диктора - подразумевает проведение предварительного обучения к голосу определенного диктора или группы дикторов, и затем выполняется корректировка параметров акустических моделей фонем для нового диктора на небольшой адаптационной выборке [2].

4. Адаптация к темпу речи особенно актуальна для низкоскоростных кодеков со скоростью передачи ниже 2400 бит /с. Данные кодеки имеют определенные ухудшения параметров, в связи с чем, изменение темпа речи оказывает влияние на разборчивость и качество передачи речи [3].

#### *Библиографический список*

1. В.Т. Дмитриев, Адаптация кодека CELP к воздействию акустических помех. //Вестник РГРТУ. 2021. №76.

2. А.А. Юхименко, Адаптация к голосу диктора для фонемного распознавания изолированных слов и спонтанной слитной речи украинского языка.

3. В.Т. Дмитриев, Э.А. Бронникова, Адаптация кодека речевых сигналов к темпу речи. // СНТО РГРТУ.2021, ст.186-188.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕЧИ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА

М.В. Макаров

Научный руководитель - Дмитриев В.Т., канд. техн. наук,  
заведующий кафедрой РУС

В работе рассмотрены вопросы в области передачи голосового трафика в перспективных сетях, рассмотрены причины ухудшения качества голосового трафика, предложена схема реализации алгоритма оценки качества речи.

В настоящее время одной из перспективных технологий передачи голосового трафика является услуга передачи голоса по интернет – протоколу (VoIP), она пользуется большой популярностью во всем мире. На конец 2021 года на долю VoIP приходится 21% общего объема голосового трафика. Однако, качество работы протокола не может гарантироваться на 100%, поскольку на голосовой сигнал влияют различные параметры, ухудшающие его качество: эхо, потери пакетов, задержка, изменение пропускной способности, искажения в канале связи (КС) [1].

Производить оценку качества речи в сетях передачи предлагается непосредственно перед отправкой голосового трафика на входе КС и на выходе КС. Предложенный алгоритм адаптации первичного кодека на основе оценки качества на выходе шифратора показан на рисунке 1.

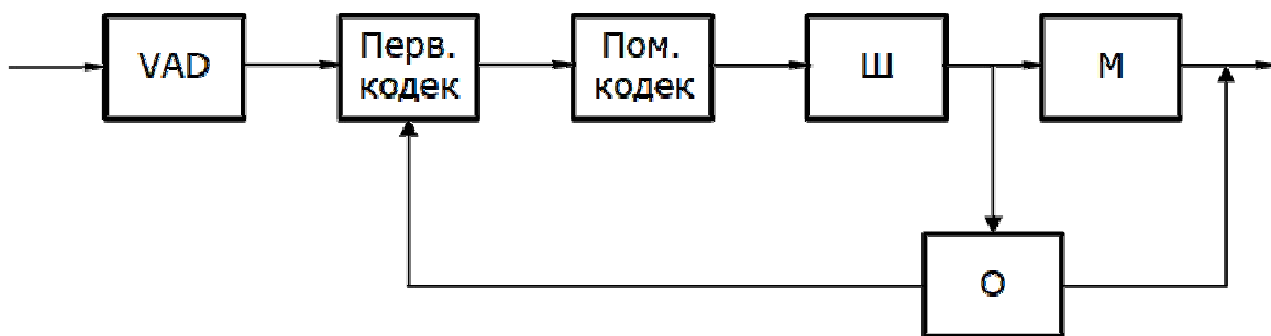


Рисунок 1. – Схема адаптации первичного кодека на основе оценки качества

На рисунке 1: VAD – детектор речевой активности, Перв.кодек – первичный кодек, Пом.кодек – помехоустойчивый кодек, Ш – шифратор, М – модулятор, О – блок оценки качества.

В качестве объективной оценки предложено использовать методы из разных областей: временной, спектральной, частотной, спектральной динамики, психоакустики [2].

Использование данного алгоритма позволяет сократить расходы на вычислительные затраты, а также увеличить пропускную способность линии.

### *Библиографический список*

1. Дмитриев В.Т., Кулясова Д.А. Разработка методики проектирования сетей IP телефонии. – М.: Вестник РГРТУ, 2007. №20. С. 108-111.
2. Кириллов С.Н., Дмитриев В.Т., Картавенко Я.О. Алгоритм объективной оценки качества декодированного речевого сигнала на основе изменения спектральной динамики критических полос спектра. – М.: Вестник РГРТУ, 2011. №37. С. 3-7.

## **ОСОБЕННОСТИ КОНКУРСНОГО ОТБОРА ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТОТ В РЕСПУБЛИКЕ КАМЕРУН**

**Нна Банга Эммануэль Жуниор**

Научный руководитель – Егоров А.В., канд. техн. наук, доцент

В работе рассматривается один из способов распределения радиочастотного спектра - конкурсный отбор, его преимущества, недостатки и особенности использования на примере Республики Камерун.

Конкурсный метод распределения частоты по заключается в отборе одного из нескольких претендентов, чья заявка наилучшим образом удовлетворяет предварительно установленным регулирующим органом условиям. Идеология конкурсного метода распределения частоты близка к методу административного регулирования, она предполагает формирование на базе уполномоченного органа в сфере телерадиовещания комиссии для проведения конкурсной оценки. На рассмотрение комиссии поступают заявки от вещателей, претендующих на право пользования определенной частотой (данное право подтверждается выдачей лицензии)[1]. В список основных критериев, рассматриваемых комиссией, обычно входят: время запуска сервисов; покрытие сетей; цены по которым будут предлагаться услуги; инновации в услугах и продуктах; факторы социально-экономического аспекта, такие как предоставление трудоустройства и инвестиции в страну. Участники должны представить «книгу заявок», которая обычно принимает форму подробного бизнес-плана, включая описание технических характеристик, финансовых прогнозов и маркетингового плана. С содержательной точки зрения комиссия, главным образом, оценивает представленные концепции вещания, и тот оператор, чья концепция признана наилучшей, признается победителем.

Среди достоинств метода можно отметить возможность проведения государственной политики, стимулирование конкуренции между вещателями за право пользования частотой и гибкость при выборе критериев отбора. А недостатками метода можно назвать недополучение потенциальных доходов в бюджет, субъективность оценок, Сложность процедуры и ее длительность делают процедуру непрозрачной, что сказывается на эффективности осуществления отбора вещателей.

Основная цель этого метода – это обеспечение проведения государственной политики путем контроля над ситуацией в стране через средства массовой информации.

В Республике Камерун уполномоченным органом по управлению использованием радиочастотного спектра является – СОВЕТ ПО

РЕГУЛИРОВАНИЮ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ (TELECOMMUNICATIONS REGULATORY BOARD или франц. AGENCE DE REGULATION DES TELECOMMUNICATIONS "ART"), который принадлежит Министерству почт и телекоммуникаций[2].

Любое физическое или юридическое лицо, подающее заявку на получение частот, должно сначала получить разрешение на создание и эксплуатацию сети или станции, либо на предоставление соответствующей услуги; иметь официальные сертификаты на оборудование; иметь лицензию установщика или быть партнером лицензированного установщика. Деятельность установщика оборудования и инфраструктуры электронных коммуникаций подлежит получению лицензии, выдаваемой ART. Все сертификации и лицензии должны соответствовать Приказу № 013/MINPOSTEL от 27 июня 2012 г., устанавливающий порядок утверждения окончательного оборудования электронной связи и радиоэлектронных установок[2].

Каждый участник должен направить корреспонденцию Генеральному директору ART, отправив ему файл заявки. Файл заявки с запросом на выделение частот можно отправить как в одно из региональных представительств ART так и в Генеральное руководство ART.

После получения всех заявок участников СОВЕТ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ анализирует все запросы, выдает оценки каждому и в конце сессии определяет наилучшее предложение. После составления Соглашения о присвоении частот оно направляется в одно из региональных представительств ART. Победителю направляется письмо с предложением забрать свое Соглашение о присвоении частот у указанной Делегации.

После составления договора о присвоении частот победитель должен: развернуть свою радиосеть в соответствии со всеми техническими параметрами, определенными в ее соглашении; ежегодно выплачивать сборы, взносы и роялти, как указано в соглашении; принять к сведению другие обязательства, определенные в его соглашении, и соблюдать их.

Победитель также имеет право модифицировать условия соглашения или даже его прекратить его действие, но только по согласованию с ART. Но ART также имеет право прекратить действие соглашения в случае несоблюдения обязательств лицензиатом.

#### *Библиографический список*

1. Hans Bakker, ITU Regional Workshop on "Competition in Telecommunications Market". Khartoum-Sudan, 24-26 May 2016. -21с
2. Guide de procédures d'assignation des fréquences (Руководство по процедурам присвоения частот) ART (AGENCE DE REGULATION DES TELECOMMUNICATIONS) 2016. -14с

## **АНТЕННЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Ю.А. Оборотистова

Научный руководитель – Львова И.А., канд. техн. наук, доцент

Из года в год увеличивается роль высокотехнологичных отраслей в области конкурентоспособности России. Производство беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА) является одной из высокотехнологичных отраслей авиационной промышленности. БПЛА – это любое удаленно управляемое или вовсе полностью автономно летающее средство.

Неотъемлемой составной частью БПЛА являются антенны, расположенные как на базе, так и на самом беспилотном ЛА. Требования к первому типу антенн довольно сильно отличаются от требований к антеннам, устанавливаемым на БПЛА, они не вызывают сложностей при их конструировании, как при втором случае.

В докладе рассматриваются несколько типов антенн, которые устанавливаются непосредственно на корпус БПЛА.

Преимущественное широкое распространение получили штыревые антенны в силу несложности разработки и производства, они имеют неплохой коэффициент усиления (5 дБи-8 дБи), а также обеспечены дисковыми резонансными противовесами, но такие антенны могут иметь трудности при согласовании с антеннами, которые размещены на диэлектрической или металлической плоскости корпуса беспилотного ЛА.

Квадрифилярные спиральные антенны способны обеспечивать хорошие направленные свойства, а также при малом коэффициенте усиления быть достаточно широкополосными. Этот тип антенн обладает круговой поляризацией.

Кольцевые антенны обладают квазиизотропной ДН в азимутальной плоскости с максимальным КУ, что позволяет быть этим антеннам хорошим кандидатом для использования в качестве бортовых антенн БПЛА. Однако, рабочая полоса частот такого типа антенн невелика.

Антенна типа «клевер» оказывает минимальное влияние помех на канал связи. Диаграмма направленности антенны «Клевер» — всенаправленная в горизонтальной плоскости, практически совпадает с диаграммой направленности полуволнового диполя, но максимальный коэффициент усиления составляет 1.35 дБи. Основопологающим параметром данной антенны является круговая поляризация.

Печатные микрополосковые антенны имеют наименьшую высоту (порядка неск. мм) и неплохой коэффициент усиления (вплоть до 9 дБи).

Использование микрополосковой технологии и некоторых определенных диэлектрических и проводящих материалов разрешает значительно уменьшить габаритные размеры, вес и стоимость антенны. Выигрыш в массогабаритных параметрах антенных элементов в микрополосковой конструкции может составить несколько порядков по сравнению с элементами, сделанными на основе, например, вибраторных антенн.

Таким образом, рассмотрение вопросов исследования антенн БПЛА является актуальной и интересной задачей. Дальнейшее исследование будет посвящено анализу параметров микрополосковой технологии, в результате чего предполагается разработка методики проектирования микрополосковой антенны для БПЛА с оптимальным значением параметров.

# **РАЗРАБОТКА БЛОКА РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АППАРАТУРЫ ВОЕННОГО КОМПЛЕКСА С УВЕЛИЧЕННОЙ ДАЛЬНОСТЬЮ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО РАДИОКАНАЛУ**

А.С. Гусев

Научный руководитель – Дмитриев В.Т., канд. техн. наук,  
заведующий каф. РУС

В работе рассмотрена рассматривается реализация блока регистрации параметров (БРП) функционирования аппаратуры военного комплекса. Приведен принцип его работы, объясняются возможности этого блока и назначение в целом.

Данный блок разрабатывается для обеспечения функционального контроля параметров военного комплекса. Он размещается на корпусе машины и осуществляет информационный обмен с имеющимися блоками и прочими элементами комплекса. Главной его особенностью является запись полученных с установки данных, как на съемный носитель, так и передача их по радиointерфейсу при помощи беспроводной технологии. Совокупность всех этих способов передачи позволяет получать информацию о состоянии аппаратуры с большими скоростями практически на любое техническое устройство для дальнейшего анализа. БРП, в первую очередь, будет применяться, и использоваться на тренировочных полигонах, а не в зоне боевых действий.

В качестве беспроводной технологии рассматривались Bluetooth и Wi-Fi. Выбор осуществлялся в основной степени по следующим критериям:

- дальность передачи (в рамках технического задания должна составлять 300 м на открытой местности);
- стабильность передачи данных;
- скорость передачи информации (которая должна составлять свыше 10 Мбит/с);
- безопасность передачи информации.

В результате сравнения данных технологий, наилучшим беспроводным интерфейсом для решения поставленных задач является интерфейс Wi-Fi. Он обеспечивает наибольшую дальность (300 - 400 м), которая удовлетворяет поставленной задаче и имеет улучшенный уровень безопасности, что является одним из основных критериев. С помощью технологии Wi-Fi можно развернуть сеть, подключив к ней несколько устройств (компьютеров, ноутбуков и тд), в отличии от Bluetooth, где можно создать соединение только между двумя устройствами. Скорость передачи данных с помощью Wi-Fi гораздо выше скорости Bluetooth, причем высокоскоростная передача является основой и главной особенностью данной технологии, применяемой для больших объемов данных.

Реализация такого технологического блока должна выполняться с применением современной отечественной и зарубежной элементной базы в целях повышения гибкости для возможной будущей модернизации разрабатываемого устройства путем перепрограммирования, а также для уменьшения габаритно-массовых показателей.



## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ IoT В СРЕДЕ CISCO PACKET TRACER**

Е.А. Мартынов

Научный руководитель – Егоров А.В., канд. техн. наук, доцент

В данной работе была смоделирована и протестирована локальная офисная сеть с элементами IoT (Internet of things). Создано несколько подсетей при помощи технологии VLAN [1] на главном маршрутизаторе для отделов разработки, тестирования и бухгалтерии предприятия. Компьютеры подключаются к сети по Ethernet. В каждом отделе стоят «умные устройства», которые подключаются к локальным шлюзам по Wi-Fi. Сюда входят детекторы дыма, угарного газа, датчики движения, веб – камеры, кондиционеры. В отдельных помещениях стоят устройства для мониторинга уровня воды, температуры, термостаты. Также реализована система контроля и управления доступом. Каждому сотруднику выдается RFID-карта, а на дверях стоят RFID-детекторы. Таким образом сотрудник может иметь доступ только в разрешенные помещения. Есть общий сервер, на котором хранятся имена и пароли к каждому умному устройству. Управляются устройства с главной рабочей станции, которая подключается к серверу через веб-браузер, либо командную строку. Администратор сети имеет возможность просматривать записи с камер, показания счётчиков, историю с датчиков движения, уровень воды и температуру в специальных помещениях, задавать сценарии работы, блокировать двери, выдавать права доступа.

Моделирование сети выполнялось в среде Packet Tracer — симуляторе сетей передачи данных, выпускаемом фирмой Cisco Systems. В программе имеется большое количество оконечных и сетевых устройств с возможностью детальной настройки, а также подробный анализ структуры передаваемых сообщений [2].

Сеть тестировалась с использованием встроенного инструмента Traffic Generator. Трафик формировался при помощи протокола ICMP [1]. Задавались IP источника и назначения, TTL, тип обслуживания, начальное значение счётчика пакетов, размер поля данных пакета в байтах, период повторения пакетов. В программе наглядно показано, как сообщения распространяются по сети, состав и структура сообщения. Сеть оказалась устойчива к средним нагрузкам, но, если увеличить размер пакета и отправлять запросы с коротким интервалом, не ожидая ответа от удаленного узла, то может создаваться серьезная сетевая нагрузка.

### *Библиографический список*

1. Джеймс Куроуз, Кит Росс. Компьютерные сети: Нисходящий подход – 6-е изд. // Издательство “Э” – г. Москва – 2016.
2. Одом Уэнделл (под редакцией Коваленко В.А.). Официальное руководство по подготовке к сертификационным экзаменам Cisco CCENT/CCNA ICDN1 100-101 // Издательский дом “Вильямс” – г. Москва - 2015.

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОДИРОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ С АДАПТИВНЫМ ВЫБОРОМ ПАРАМЕТРОВ**

В.А. Шмаков

Научный руководитель – Дмитриев В.Т., , канд. техн. наук, доцент,  
зав. кафедрой РУС

Так как с каждым днем потребность в передаче данных по линиям связи увеличивается, а транспортные ресурсы довольно ограничены, то очевидным вариантом сохранения работоспособности системы связи является сжатие передаваемых данных. Основным трафиком, подлежащим передаче, является речь. Осуществить сжатие речи возможно с помощью различных низкоскоростных кодеков, позволяющим добиться многократного уменьшения объема передаваемых данных.

К примеру, кодек AMR, применяемый в системе GSM, нашел широкое применение и предусматривает 8 различных скоростей: от 4,75 кбит/с до 12,2 кбит/с [1]. Основан он на широко распространенном алгоритме CELP (Code Excited Linear Prediction) – линейное предсказание с кодовым возбуждением. Принцип линейного предсказания нашел широкое применение в речевых кодеках, так как речь достаточно избыточна и на коротких сегментах возможно ее устранение с помощью данного принципа [2].

Алгоритм MELP является также довольно распространенным. Он основан на традиционной параметрической модели кодирования с линейным предсказанием, но содержит ряд особенностей: смешанное возбуждение, использование апериодических импульсов, адаптивное улучшение спектрального оценивания, а также моделирование амплитуд коэффициентов Фурье [3].

Также существуют кодек Speex, позволяющий добиться хорошего качества речи при скоростях меньше 4 кбит/с. Аналогично Codec2, работающий при скоростях от 450 бит/с до 3200 бит/с позволяет добиться хороших результатов и широко используется в любительском радио [4].

В зависимости от различных прикладных ситуаций возможно использование одного из рассмотренных кодеков, поэтому для оптимального использования системы связи целесообразно было бы применение адаптивного кодека, способного изменять параметры кодирования в зависимости от изменяющихся условий функционирования системы связи.

### *Библиографический список*

1. AMR (Adaptive multi-rate): [Электронный ресурс]//URL: <http://celnet.ru/amrate.php/>
2. Linear prediction and Levinson-Durbin algorithm: [Электронный ресурс] // URL: <https://pdfslide.net/documents/a-tutorial-on-linear-prediction-and-levinson-durbin.html>
3. About MELP and MELPe vocoder: [Электронный ресурс] // URL: <https://melpe.com/about-melpe/>
4. Jean-Marc Valin. Speex: A Free Codec For Free Speech \\\ CSIRO ICT Centre, Cnr Vimiera & Pembroke Roads, Marsfield NSW 2122, Australia Xiph.Org Foundation

## **РАЗРАБОТКА МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА КОДИРОВАНИЯ CELP С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ**

Ю.В. Муравьева

Научный руководитель – Дмитриев В.Т., канд. техн. наук,  
заведующий кафедрой РУС

В современном мире важнейшими проблемами, которые служат ограничениями в беспроводной связи, а особенно в мобильной связи, являются пропускная способность, объем памяти и мощность. Передача речи в беспроводных сетях связана с сокращением лишней информации, присутствующей в сигнале, таким образом, чтобы сохранить качество и разборчивость речи. Для устранения избыточности и передачи речи с приемлемым качеством применяются алгоритмы сжатия речи.

В работе рассмотрена модификация алгоритма кодирования CELP с переменной скоростью передачи на основе адаптации кодека к акустически шумам.

Code Excited Linear Prediction (CELP) — один из наиболее эффективных алгоритмов кодирования речи, в котором речь сжимается со скоростью 4,8 кбит/с с сохранением качества речи [1]. CELP представляет собой алгоритм анализа путем синтеза, в котором сигнал возбуждения выбирается из метода поиска с замкнутым контуром, а затем это возбуждение вводится в синтезирующий фильтр. Синтезированная волна сравнивается с новым сегментом, и эта последовательность повторяется для всех кодовых векторов возбуждения, присутствующих в кодовой книге. Индекс наилучшего возбуждения выбирается и передается в декодер, где он извлекает вектор возбуждения из кодовой книги и синтезирует речь.

Кодер CELP в основном зависит от моделей краткосрочного и долгосрочного линейного прогнозирования. Функция «фильтра синтеза основного тона» заключается в создании периодичности речевого сигнала, связанного с основной частотой основного тона, где формантный фильтр синтеза создает спектральную огибающую. Постфильтрация усиливает синтезированную речь. Целью постфильтрации является минимизация искажения квантования, а также улучшение качества речи. Кодовые книги CELP являются либо адаптивными, либо фиксированными и содержат детерминированные импульсы или случайный шум.

В результате выполнения работы предложена схема адаптации первичного кодека на основе алгоритма CELP к акустическим шумам. Адаптация осуществляется за счет определения вида акустического шума в алгоритме VAD. Разработан алгоритм первичного кодирования, адаптированный под русскую речь, способный работать в сложной акустической обстановке.

1. Дмитриев В.Т. Адаптация кодека CELP к воздействию акустических помех// Вестник рязанского государственного радиотехнического университета. 2021. № 76, - С.25-34.

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ, ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ПАТЧ-АНТЕНН**

Д.Х. Нгуен

Научный руководитель – Васильев Е.П., д-р техн. наук, профессор

В данной работе проводится сравнение характеристик двухэлементных и четырехэлементных патч-антенн с использованием программного обеспечения HFSS «High Frequency Structure Simulator». Оцениваются показатели качества последовательной, параллельной и последовательно-параллельной схем подключения антенн.

В радиолокации и системах спутниковой связи микрополосковая антенна (МПА) и микрополосковые антенные решетки (МАР) позволяют реализовать преимущества миниатюрного и технологичного исполнения радиоэлектронных средств с одновременной возможностью получения качественных параметров. Существуют три варианта соединения МПА при конструировании полотна МАР: последовательное, параллельное и последовательно-параллельное подключение.

Расчет характеристик выполнен для элементов МАР 2x1 с последовательной и параллельной схемой подключения. Коэффициент отражения при последовательном подключении МПА составляет -24,27 дБ на частоте 10,04 ГГц, а для параллельного подключения -24,37 дБ на частоте 9,86 ГГц. Ширина луча элемента МАР с параллельным подключением меньше, чем у последовательного подключения при  $\varphi = 90^\circ$ .

Так же представлены характеристики для элементов МАР 4x1 с последовательной, параллельной и последовательно-параллельной схемой подключения. Коэффициент отражения с последовательным подключением МПА составляет -11,29 дБ на частоте 10,02 ГГц. Для параллельного и последовательно-параллельного подключения коэффициенты отражения составляют -22,2 дБ на частоте 9,82 ГГц и -32,74 дБ на частоте 9,98 ГГц соответственно. При необходимости реализации широкой диаграммы направленности элемент МАР 4x1 с последовательной схемой имеет значительное преимущество (ширина диаграммы по уровню половинной мощности  $105^\circ$ ). При выборе подложек с другими параметрами возможно улучшение приведенных выше параметров.

### *Библиографический список*

1. C. A. Balanis. (2005). Antenna theory: analysis and design (3rd ed.).
2. R. Garg, Microstrip antenna design handbook. Boston, Mass. [u.a.]: Artech House, 2001.
3. Панченко Б. А., Нефедов Е. И. Микрополосковые антенны. – М: Радио и связь, 1986.
4. Md. Tanvir Ishtaique"ul Huque, Md. Kamal Hosain, Md. Shihabul Islam and Md. Al"Amin Chowdhury. Design and performance analysis of microstrip array antennas with optimum parameters for X band applications. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 2, No. 4, 2011.

## **ОБЗОР МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЭМС ДЛЯ РЭС ФИКСИРОВАННОЙ И ПОДВИЖНОЙ РАДИОСЛУЖБ, СОВМЕСТНО ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ДИАПАЗОНЫ РАДИОЧАСТОТ**

С.В. Володин

Научный руководитель - Егоров А.В., к.т.н.

В настоящее время количество радиоэлектронных средств (РЭС) увеличивается с каждым днём. Внедрение беспроводных сетей передачи данных четвертого и пятого поколений сталкивается с проблемой чрезвычайной загруженности доступных для подвижной радиосвязи диапазонов радиочастот другими радиослужбами [1]. Использование полос радиочастот 3400-3600 МГц и 3600-3800 МГц возможно в сетях сотовой подвижной связи для наращивания емкости сети. Как и в случае с более низкими диапазонами радиочастот, такими как 1,8 ГГц, 2,1 ГГц и 2,6 ГГц, диапазон 3,6 ГГц может использоваться для двух основных сценариев развертывания:

- создание макроуровня покрытия с мощными передатчиками и относительно высоко установленными антеннами, обеспечивающими сплошное покрытие территории;

- создание микроуровня покрытия с более слабыми передатчиками с меньшей высотой подвеса для создания локальных участков покрытия. [2]

При этом ставится вопрос либо о перераспределении частотных диапазонов, связанном с частичным или полным высвобождением полос частот для данной службы от РЭС других радиослужб, либо об оценке возможности одновременного функционирования РЭС нескольких радиослужб при совместном использовании частот и формулировании критериев их совместимости.

Для адекватной оценки взаимного влияния РЭС необходимо использовать методику, позволяющую оценить ЭМС и сформировать рекомендации по устранению недопустимого уровня взаимных помех для двух координируемых служб. Существуют различные методики, по которым можно провести расчет. Например, методика расчета ЭМС РЭС сухопутной подвижной службы стандарта LTE с РЭС сухопутной подвижной и фиксированной служб в полосах радиочастот 450 МГц – 27,5 ГГц, а так же методика расчета ЭМС РЭС сухопутной подвижной службы стандартов LTE с РЭС

фиксированной спутниковой службы, службы космической эксплуатации и радиовещательной спутниковой службы в полосах радиочастот 2300-2400 МГц и 3400-3800МГц. Каждая из этих методик включается в себя следующие основные этапы:

- выбор РЭС, являющихся источниками и рецепторами помех, а также сценариев их взаимодействия и взаимной конфигурации;
- выбор необходимых для проведения расчетов моделей распространения радиоволн;
- выбор (расчет) критерия оценки ЭМС;
- расчет показателей ЭМС для сценариев и вариантов взаимодействия планируемой РЭС с действующими РЭС;
- оценка выполнения условий ЭМС, определение необходимости и возможности ослабления взаимных помех и формирование выводов и заключений о выполнении условий ЭМС РЭС[3].

Все эти методики разработаны согласно действующим документам ГОСТ-Р, отчетов и рекомендаций МСЭ-R, рекомендаций ЕСС, а так же с учетом действующих документов, утвержденных государственной комиссией по радиочастотам.

Учитывая изменения в радиоинтерфейсах современных систем связи, технических характеристик РЭС и повышение напряженности электромагнитной обстановки, вызванной большей загруженностью РЧР станционными помехами следует пересматривать существующие методики, в том числе вводя вероятностные методы оценивания ЭМС.

Одной из основных проблем при этом является недостаток априорной информации о параметрах РЭС, неопределенность пространственной ориентации РЭС, вариативность параметров моделей распространения радиоволн.

#### *Библиографический список*

1. Бакулин М. Г., Крейнделин В. Б., Панкратов Д. Ю. Технологии в системах радиосвязи на пути к 5G. -Горячая линия- Телеком, 2018. 280 с.
2. Рекомендация МСЭ-R М.2101-0 «Моделирование и имитация сетей ИМТ для применения в исследованиях совместного использования и совместимости».
3. Электронный ресурс[<https://digital.gov.ru/uploaded/files/prilozhenie-k--20-57-05metodika.pdf>]

## **АНАЛИЗ СЕЛЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ**

Т.Д. Лыу

Научный руководитель – Васильев Е.П., д-р техн. наук, профессор

В работе рассмотрены различные конструктивные типы фильтров на связанных полосковых линиях. Показаны тенденции модернизации топологических решений для фильтров с точки зрения оптимизации их параметров. Продемонстрированы возможные применения фильтров на связанных линиях.

Фильтры на связанных линиях (СЛ) занимают в микроволновой технике весьма важное место, что обусловлено их уникальными свойствами, позволяющими реализовать АЧХ с широким диапазоном изменения основных показателей качества [1–3]. Классическая топологическая реализация полосового фильтра (ПФ), рассмотренная в работах Кона, претерпела существенные изменения, как с точки зрения пространственно-топологической реализации и функциональных возможностей, так и за счет совершенствования теоретических методов анализа и синтеза.

Концепция развития рассматриваемого подкласса фильтров диктуется современными тенденциями и потребностями импульсной связи, радиолокации, цифровой обработки широкополосных сигналов и микроволновой аппаратуры специального назначения. При этом постоянно решаются проблемы снижения массогабаритных показателей и улучшения параметров АЧХ за счет совершенствования конструктивных решений на основе теоретических и экспериментальных исследований. С другой стороны, новые конструктивные решения генерируются задачами расширения функциональных возможностей за счет отхода от традиционных применений микроволновых фильтров. Так оригинален подход к использованию ПФ на СЛ для создания компактных линий задержки (ЛЗ).

В заключении отметим, что при разработке топологии рассмотренных устройств учитывают требования минимизации неоднородностей, а также требования к плотности размещения полосковых линий и других элементов интегральных схем СВЧ. Важно также учитывать требования к точности конструктивно-технологических параметров, к минимальным размерам полосковых линий и зазорам между ними.

### *Библиографический список*

1. Горбачев А.П. Синтез микроволновых устройств на связанных линиях передачи : моно-графия / А.П. Горбачев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010 – 414 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

2. Авгари Ф.С.А., Кубалова А.Р., Максимов А.П. Микрополосковый эллиптический фильтр с реализацией на резонаторах одинаковой электрической длины // Труды учебных заведений связи. 2017. т. 3. № 4. с. 5-15.

3. Васильев Е. П. Анализ методов моделирования микроволновых устройств на примере полосового фильтра с расширенной полосой заграждения // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2020. №72. С. 62-70.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ОДНОЙ СТАНЦИЕЙ

А.А.Иванова

Научный руководитель – Егоров А.В., канд. техн. наук, доцент

Методы определения местоположения источников радиоизлучения основаны на методах, применяемых в пассивной локации. Существуют трудности в точном определении координат излучений из-за особенностей распространения радиоволн разных диапазонов по различным траекториям.

При ионосферном распространении используют метод определения местоположения источника излучения одной станцией (ОМОС). Ионосфера представляет собой часть атмосферы, находящуюся на высотах 50-300 км [1]. Волны диапазоном выше УКВ, частота которых больше максимально применимой частоты (МПЧ), проходят через ионосферу, те которые ниже МПЧ, отражаются от неё.

Метод ОМОС используется в тех случаях, когда от ионосферы в один скачок зеркально отражается волна в диапазонах СЧ и ВЧ. Определение координат местоположения источника излучения происходит одним пеленгатором на основе двух углов: азимутальному углу  $\Theta$ , он же угол пеленга, углу места  $\Delta$ . Поскольку предполагается, что высоту отражающего слоя ионосферы мы знаем, на основе полученного угла возвышения по формуле (1) найдем расстояние  $R$  до искомого источника излучения:

$$2 \cdot h \cdot \text{ctg}(\Delta) = R \quad (1)$$

где  $h$  — высота отражающего слоя ионосферы.

Также необходимо учитывать коррекцию на кривизну земли. Лучшими условиями для ОМОС является отражение волн от слоев E и F ионосферы. Расстояние при отражении от этих областей могут достигать 4200 км, однако, сам метод ОМОС ограничен пределами 100-1200 км.

Ограничение ближней границы в 100 км обусловлено увеличивающимся вертикальным углом прихода волны к антенне, поскольку ионосферная волна в этом случае интерферирует с земной.

Ограничения в дальней зоне обусловлены увеличением пути распространения волны и соответственно расширения пятна отражения от ионосферы. Также велика вероятность отражения от спорадического слоя. Всё это может приводить к фазовым искажениям фронта волны и как следствие к увеличению погрешности определения угла [2].

Метод ОМОС не является самым точным, его погрешность составляет 5-10%, поэтому после его применения часто осуществляется дополнительное определение координат источников излучений пеленгаторами, работающими с земными волнами.

### *Библиографический список*

1. Большая советская энциклопедия. в 30-ти т.. – 3-е изд.. – М. : Совет. энцикл., 1969 – 1986. ил., карт. [URL]: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/095/556.htm>

2. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / Под ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. — М.: Эко-Трендз, 2006. — 376 с.



## **ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА БАЗЕ ЛАЗЕРОВ И РАДИОТЕХНОЛОГИЙ**

А.В. Кириллов

Научный руководитель – Аронов Л.В., канд. техн. наук, доцент

В современных условиях жизни все чаще возникает необходимость в малогабаритных и мобильных устройствах, которые в силу своих конструктивных решений могут выполнить ряд задач наиболее эффективно: мониторинг, контроль или создание помех, поисково-разведывательная деятельность, обеспечение безопасности, передача полученных данных между устройством и оператором и д.р.

Для самых перспективных областей необходимо организация высокоскоростных каналов передачи данных и управления. Проводные системы передачи данных имеют большую надежность и высокую скорость работы при решении вышеперечисленных задач, но они ограничены в мобильности и максимальной дальности работы [1]. В свою очередь беспроводные каналы связи (БКС) исключают данные недостатки.

Одним из направлений построения БКС является создание гибридных каналов на базе лазерной и радио-технологий. Оборудование, реализующие такой канал, объединяет преимущества оптических систем передачи данных и широкополосных радиосредств [2].

Оптическая линия связи как основной канал приема/передачи данных обладает наибольшей помехоустойчивостью, высокой защищенностью канала от несанкционированного доступа и скрытностью. Ни одна беспроводная технология передачи не может предложить такую конфиденциальность связи как лазерная. Перехватить сигнал можно, только установив устройство непосредственно в узкий луч от передатчиков. Отсутствие ярко выраженных внешних признаков (в основном, это электромагнитное излучение) позволяет скрыть не только передаваемую информацию, но и сам факт информационного обмена. Высокая пропускная способность и качество связи могут обеспечить скорость передачи цифровых потоков до 8 Гбит/с при показателе битовых ошибок всего 10-12 [3].

Главная проблема оптического канала – это меняющийся коэффициент затухания в воздухе, который сильно зависит от местного климата. Затухание, вызванное туманом, имеет наибольшее влияние.

Радиоканал может являться дублирующим или резервным. Преимуществом такого канала является безразличие к погодным условиям, что чрезвычайно важно для резервного канала, т.к. позволяет значительно увеличить надежность гибридной системы в целом. Однако поскольку такой резервный канал использует относительно невысокую несущую частоту, то радиоканал имеет гораздо меньшую пропускную способность (1 Гбит/с), по сравнению с лазерным каналом. Таким образом, первый подход позволяет достичь операторского класса надежности, но со снижением пропускной способности при переходе на резервный канал.

Это взаимодополняющее поведение оптических и радиосистем позволяет выдвинуть концепцию гибридной системы, объединяющей преимущества оптической линии передачи данных и радиоканала. Такая система позволит построить беспроводной канал связи, предоставляющий большую пропускную способность и обладающей высоким коэффициентом доступно-

сти при умеренной стоимости всей системы в целом. Основная проблема, возникающая в таких гибридных системах, заключается в выборе оптимального алгоритма переключения между основным каналом связи и резервным.

#### *Библиографический список*

1. Вишневецкий В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005.
2. Шаров С.Ю., Семенова О.В. Имитационная модель беспроводного канала связи на основе лазерной и радио технологий // Труды 14-й Международной Конференции по Распределенным Вычислительным Системам и Сетям. – М., 2010. – С. 368-374.
3. А. Л. Дмитриев. Оптические системы передачи информации /Учебное пособие. - СПб: СПбГУИТМО, 2007. - 96 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВЫХ АНТЕНН СИСТЕМЫ РАДИОВИДЕНИЯ**

А.А. Фролов

Научный руководитель – Львова И.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются вопросы применения многолучевых антенн в системах радиовидения.

Радиовидение — наблюдение объектов в радиодиапазоне волн с детальностью оптических систем. Основным отличием от оптических систем является то, что системы радиовидения позволяют получать изображения объектов независимо от погодных условий и естественной освещенности, на значительном расстоянии в широкой зоне обзора. Широкое применение данные системы нашли в сфере разведки военной промышленности. Наряду с военными задачами системы радиовидения используются и в гражданской отрасли, например, для картографирования местности, ведения инженерной и геологической разведки [1]. Неотъемлемой частью систем радиовидения являются многолучевые антенны (МЛА), которые предназначены для параллельного обзора пространства путем одновременного формирования множества лучей.

Матрица приемных элементов МЛА представляет собой решетку облучателей в виде открытых концов волноводов или логопериодических антенн (ЛПА) [2]. Для фокусирования собственного излучения в плоскости приемных элементов и формирования узкой диаграммы направленности используют линзовые антенны с круглым плоским излучающим раскрытием. Рассмотренный вариант используется, когда в линзах форма поверхности рассчитывается только из условия фокусировки и смещения облучателя из фокуса на расстояние от оси выше допустимого. С уменьшением длины волны при одинаковом диаметре линзы уменьшаются ширина диаграммы направленности линзовой антенны.

Другим возможным вариантом реализации МЛА является использование двухзеркальной антенны с решеткой облучателей [3]. При таком вари-

анте накладывается ограничение на количество используемых в антенне элементов. Недостатком антенн с вынесенным облучателем является более высокий уровень кросс-поляризации, приводящий к дополнительным помехам. В зеркальных антеннах со специальной коррекцией искажения, допускается значительное смещение облучателя при заданном секторе сканирования. В других вариантах зеркальных антенн форма поверхности рассчитывается только из условия фокусировки и смещения облучателя из фокуса, такое смещение следует ограничить соответствующим допуском для исключения искажений формы диаграммы направленности.

#### *Библиографический список*

1. От радиолокации к радиовидению:  
URL:<http://www.tehnoinfo.ru/radiovidenie/1.html>
2. Муравьев В.В., Тамело А.А., Журавлев Д.В., Наумович Н.М. Расчет многолучевой линзовой антенны для системы радиовидения // Докл. БГУИР. 2008. № 6. С. 40 – 51.
3. Муравьев В.В., Тамело А.А., Журавлев Д.В., Наумович Н.М. Расчет многолучевой двузеркальной антенны для системы радиовидения // Докл. БГУИР. 2009. № 6. С. 22 – 28.

## **КОМПЕНСАЦИЯ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНО-МАТРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

А.А. Иванова

Научный руководитель – Егоров А.В., канд. техн. наук, доцент

Слепое подавление помех является сравнительно новым направлением в цифровой обработке неизвестных сигналов для целей обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС). Особенность такой обработки – отсутствие априорной информации о распределении и параметрах сигналов и помех за исключением коротких отрезков времени, когда сигнал отсутствует, и на вход системы поступает только помеха [1].

В литературе встречаются 4 компенсационных метода слепой обработки. В данной работе будет рассмотрен векторно-матричный компенсатор. Этот компенсатор строится по двухканальной схеме и применяется при условии, что помехи в обоих каналах взаимно некоррелированы с сигналом [2].

Алгоритм компенсации выполняет оценку весовых коэффициентов адаптивного фильтра на основе решения уравнения Винера-Хопфа в векторно-матричной форме. При этом должна обеспечиваться оценка сигнала наиболее близкая к полезному по критерию минимума среднеквадратического отклонения (СКО) [3].

Поскольку компенсатор является двухканальным, выделяют основной и опорный каналы. На основной канал компенсации поступает зашумленный помехой  $p_1$  сигнал  $s$ . Далее находится вектор оценки автокорреляционной функции (АКФ) смеси сигналов  $P_{s+p_1}$ , из которого формируется теплового матрица  $R$ . Далее вычисляется обратная матрица  $R^{-1}$ . На вход второго канала приходит помеха  $p_2$ , совпадающая по корреляционной функ-

ции с помехой из смеси  $p_1$ , но взаимно некоррелированная с ней. Вычисляется вектор её оценки АКФ  $P_{p2}$ . Два канала соединяются в один на этапе вычитания из вектора АКФ зашумленного сигнала вектора АКФ помехи. Эту разницу поэлементно перемножают с  $R^{-1}$ . Получившийся вектор является набором оптимальных весовых коэффициентов адаптивного фильтра.

В результате формируется адаптивный фильтр Винера – Колмогорова. С помощью этого оптимального фильтра можно получить наилучшую оценку сигнала. Значение среднеквадратичной ошибки меньше, чем в фильтре Винера, не может быть получено ни в одном линейном фильтре.

Путем моделирования компенсационного метода было выявлено:

1. Рассматриваемый компенсатор восстанавливает форму как непрерывного, так и импульсного сигнала в случае воздействия различного типа помех, при условии их взаимной некоррелированности с сигналом. В данной работе были рассмотрены непрерывная помеха в виде белого гауссовского шума и импульсная помеха.

2. Возможность выделение сигнала из смеси с сильной помехой, амплитуда которой во много раз больше амплитуды сигнала.

3. С увеличением шума при заданном качестве компенсации, необходимо увеличивать количество весовых коэффициентов.

4. Основная трудность, возникающая при реализации компенсатора - это нахождение оценки корреляционной матрицы принятого сигнала и матрицы обратной ей, а также нахождение с требуемой точностью АКФ.

#### *Библиографический список*

1. Методы слепого подавления помех при обработке полезных сигналов: учебное пособие / А.Е. Манохин ; М-во науки и высш. образования РФ.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021.— 204 с.

2. Патент №0001841064 «Компенсатор помех»: URL: <https://edrid.ru/rid/218.016.28d8.html>

3. Метод компенсации помех на основе векторно-матричных преобразований / А.Е. Манохин; Журнал радиоэлектроники, ISSN 1684-1719, №10, 2016

## СЕКЦИЯ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОПЛЕРОВСКИХ ФИЛЬТРОВ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

А.М. Рамазанов

Научный руководитель – Кошелев В.И., д-р техн., наук, зав. каф. РТС

Данная работа посвящена изучению различных алгоритмов доплеровской фильтрации сигналов с целью анализа их эффективности.

Основной целью работы является сравнительный анализ алгоритмов доплеровской фильтрации, а именно классического алгоритма БПФ и модифицированного алгоритма БПФ.

В современных импульсно-доплеровских РЛС предусмотрены также режимы работы с применением сигналов с неэквидистантной расстановкой зондирующих импульсов. Это используется для устранения теневых зон по дальности. Наиболее часто на практике используется сигнал с двухступенчатой вобуляцией периода повторения. В этом случае использование в качестве многоканального доплеровского фильтра для межпериодной обработки вобулированного сигнала традиционного многоканального фильтра на основе классического алгоритма БПФ приводит к дополнительным энергетическим потерям, которые сказываются на вероятностных характеристиках всей системы в целом. Поэтому для решения этой проблемы Горкиным была предложена модифицированная операция БПФ [1], которая в отличие от традиционного алгоритма БПФ учитывает параметр вобуляции  $v$ .

В результате сравнения двух алгоритмов, было установлено что алгоритм модифицированной БПФ приводит к росту вычислительных затрат, но при этом достигается энергетический выигрыш по сравнению с использованием классического алгоритма.

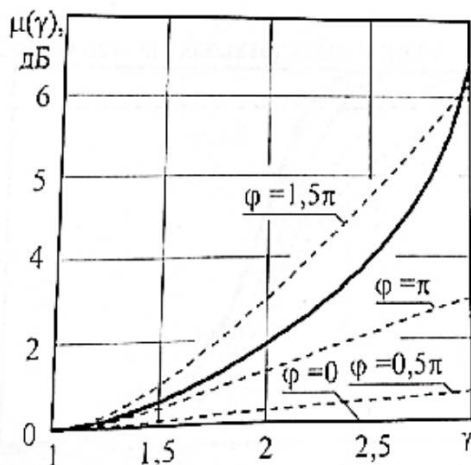


Рисунок 1 – Зависимость выигрыша в отношении сигнал-помеха от глубины вобуляции

1. Горкин В. Н. Оптимизация алгоритмов многоканальной спектральной обработки сигналов в доплеровском процессоре РЛС, диссертация, РГРТА, Рязань, 2002.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЛС БПЛА

Д.С. Воробьев

Научный руководитель – Кошелев В.И., д-р техн. наук, профессор

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является одним из способов снижения затрат при мониторинге различных объектов, дает возможность производить работы в опасных условиях. Большая мобильность, низкая энергозатратность, отсутствие угрозы человеческой жизни при уничтожении устройства также являются важными преимуществами для целевого использования БПЛА [1]. Небольшие потребительские БПЛА являются недорогими и могут использоваться в качестве носителя сенсоров для получения данных о месторасположении и характеристиках внешних объектов. Одним из важных каналов получения информации об воздушной и наземной обстановках является бортовой радиолокатор (БРЛ). Ввиду небольших габаритов самого летательного аппарата, БРЛ также должен иметь небольшие массу и размер.

БПЛА могут решать задачу обнаружения и измерения координат малогабаритных БПЛА ближнего радиуса действия типа квадрокоптер или самолетного типа [2], установленных на борту носителя БРЛ. Для этого целесообразным является применение в БРЛ гармонического сигнала с линейно периодически изменяющейся частотой с последующим двойным быстрым преобразованием Фурье (БПФ) отраженного сигнала. Результат вычисления двумерного БПФ позволяет получить информацию о дальности и скорости цели.

Для моделирования характеристик БРЛ был выбран сигнал с несущей частотой  $f_0=30$  ГГц, девиацией частоты  $\Delta f=30$  МГц, периодом следования импульсов  $T_n=14$  мкс, числом импульсов  $N=128$ . Разностная частота  $f_p$  излучаемого и принятого сигналов содержит дальностную и скоростную (от движущихся объектов) составляющие. Их разделение обеспечивается выбором перечисленных параметров и частотой  $F_M$  модуляции сигнала. Значения измеряемой дальности  $R$  и радиальной скорости  $V_r$ :

$$R = \frac{c f_p}{4 \Delta f F_M}, \quad V_r = \frac{c F_d}{2 f_0}.$$

В результате моделирования значения максимально однозначно измеряемой дальности  $R_{\max}=2.1$  км, скорости  $V_{\max}=64$  км/ч, разрешение по дальности  $\delta R=5$  м, по скорости  $\delta V=1$  км. Дальнейшим направлением исследований в данной области можно считать разработку алгоритмов распознавания классов летательных аппаратов на основании турбинных составляющих, порождаемых подвижными частями (винтами и лопастями).

### Библиографический список

1. Ерёмин Г.В., Гаврилов А.Д., Назарчук И.И. Малогабаритные беспилотники – новая проблема для ПВО. – Армейский вестник, 2015.
2. Вербя В.С., Татарский Б.Г. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. – М.: Радиотехника, 2016 – 1376 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОМПЕНСАЦИИ АКТИВНЫХ ПОМЕХ В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Д.С. Сиников

Научный руководитель – Штрунова Е.С., доц. каф. РТС

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с преднамеренными активными шумовыми помехами (АШП) в радиолокационных системах является применение пространственной компенсации, основанной на адаптивном формировании диаграммы направленности (ДН) фазированной антенной решетки (ФАР), имеющей провалы в направлении на источники АШП. Основными причинами снижения эффективности алгоритмов адаптивного формирования ДН являются отклонение направления прихода помех, если время действия определенной АШП меньше времени адаптации ФАР. Чтобы обеспечить большую робастность адаптивного формирования ДН в [1-4] предложено применять алгоритмы формирования ДН с расширенными нулями.

Цель работы – сравнительный анализ алгоритмов формирования ДН с широким провалом в направлении прихода АШП.

Первоначально в [1] и [2] были предложены методы формирования ДН с широкими провалами и обобщены в виде метода СМТ (англ. - «covariance matrix taper» [3]. В основе этих методов лежит модификация оценочной корреляционной матрицы (КМ) АШП путем произведения Адамара на специальную конусную матрицу. В [4] предлагается метод PDNBV (англ. – «diagonal loading null broadening beamforming»), модифицирующий оценку КМ с помощью проекционной матрицы, полученной в результате оценки спектра собственных чисел КМ направляющих векторов.

В результате исследования были получены ДН линейной эквидистантной ФАР, сформированные с применением алгоритмов непосредственного обращения КМ АШП, алгоритмов СМТ и PDNBV. Также была получена зависимость изменения отношения сигнал/(помеха+шум) (ОСПШ) от изменения направления прихода помехи. При изменении направления прихода помехи на 6 град. ОСПШ для НОМ алгоритма снижается на 12 дБ, когда для метода PDNBV на 4 дБ, а для алгоритма СМТ всего на 1 дБ.

## *Библиографический список*

1. Mailloux R. J. Covariance matrix augmentation to produce adaptive array pattern troughs // Electron. Lett. – 1995. – Vol.31. – No. 10. – P. 711-772.
2. Zatman M. Production of adaptive array troughs by dispersion synthesis // Electron. Lett. – 1995. – Vol.31. – No. 25. – P. 2141-2142.
3. Guerci J. R. Theory and application of covariance matrix tapers for robust adaptive beamforming // IEEE Transactions on Signal Processing – 1999. – Vol.47. – No. 4. – P. 977-985.
4. Li W., Yang H., Mao Y. A High Resolution Algorithm for Null Broadening Beamforming Based on Subspace Projection and Virtual Antenna Array / W. Li, H. Yang, Y. Mao // ACES journal – 2018. – Vol.33. – No. 7. – P. 794-797.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВО НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КРИТЕРИЕВ В РЛС С НЕПРЕРЫВНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

В.В. Тарханов

Научный руководитель – Белокуров В.А., канд. техн. наук, доцент

Обнаружение беспилотных летательных аппаратов с помощью радаров на больших расстояниях является сложной проблемой из-за их больших размеров и малых эффективных площадей отражения (ЭПО) радаров. Кроме того, часто происходит ошибочная идентификация БПЛА как птиц, поскольку птицы могут иметь такие же радиолокационные ЭПО, что и определенные типы беспилотных летательных аппаратов. Микродоплеровский анализ позволяет различать различные типы летающих объектов путем изучения частотной модуляции доплеровской частоты, вызванной микродвижениями объектов, такими как движение крыльев или вращающихся пропеллеров.

Классификация беспилотных летательных аппаратов по радиолокационным сигнатурам с использованием микродоплеровской информации была исследована с использованием различных методов. Некоторые подходы включают использование характеристик, полученных из спектрограмм, применение методов глубокого изучения к картам доплеровского диапазона и диаграммам частоты вращения, а также поляриметрии. Микродоплеровские радиолокационные сигнатуры изучаются с использованием частотно-временного анализа, и чаще всего используя кратковременное преобразование Фурье (КВПФ). В зависимости от длины окна КВПФ получаются два различных типа спектрограмм. Если длина окна короче периода вращения пропеллера, а частота повторения импульсов радара достаточно высока, то можно фиксировать периодическое поведение отдельных вращающихся лопастей, называемых вспышками лопастей. Спектрограмма может предоставить информацию о количестве вращающихся лопастей ротора и их относительном направлении движения.

Популярным частотно-временным методом извлечения микродоплеровских сигнатур из радиолокационных данных является кратковременное преобразование Фурье. КВПФ результатов радара на заданной дальности полета дрона задается как:

$$X[n, m] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m]w[m - n]e^{-j\omega m}$$

где  $w$  – оконная функция, которая управляет временным разрешением, а  $n$  – временной сдвиг оконной функции. Если частота повторения импульсов радара достаточно высока, короткое окно КВПФ можно использовать для отображения отдельных вспышек лопастей на частотно-временной спектрограмме.



# ПЕЛЕНГАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Д.С. Смердов

Научный руководитель – Сафонова А.В., канд. техн. наук, доцент

В общем задачу углового разрешения ИИ можно представить так. Имеем  $M$  ИИ с произвольной степенью когерентности и с мощностями  $P_m$ . Пространственную выборку возбуждаемого ими поля описывает  $N$ -мерный вектор, находящийся на приемной апертуре. Надо вернуть начальное распределение по  $K$  временным выборкам этого самого вектора.

При распределении по средствам анализа пространства все способы и знакомые нам алгоритмы сверхразрешения можно разбить на 2 категории: с последовательной и параллельной пеленгацией источников излучения. В первой категории, находятся метод максимального правдоподобия и его варианты, метод максимальной энтропии, авторегрессионный метод, метод минимальной нормы и т.д.

В методах второй группы алгоритмы дают возможность получить параллельный обзор пространства, например: метод ROT-MUSIC, Писаренко, Прони и другие.

Почти самым популярным алгоритмом является алгоритм Кейпона, обладающим достаточной высокой разрешающей способностью, впервые предложенным Кейпоном.

Цель работы - исследование оценки угловых координат источника радиоизлучения алгоритмом Capon при различных начальных условиях.

В данной работе был исследован алгоритм сверхразрешения Capon, позволяющий увеличить разрешающую способность.

Метод даёт одновременно определить число дискретных источников и значения их параметров. Существенным минусом алгоритма является его невозможность использования в реальных условиях, т.к. на это нужно большое количество вычислительных затрат.

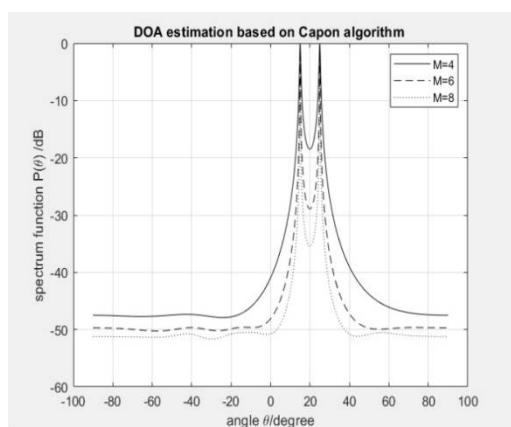


Рисунок 1- при различных количествах антенных элементов

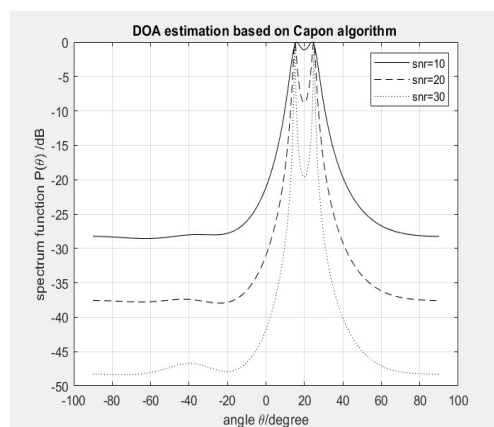


Рисунок 2- при различных отношениях сигналов шума

# ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНИВАНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

М.В. Желнеев

Научный руководитель – Сафонова А.В., канд. техн. наук, доцент

В работе рассматривается алгоритм оценивания угловых координат источников радиоизлучения (ИРИ) MUSIC. Данный алгоритм был предложен Шмидтом и его коллегами в 1979 году [1]. Идея алгоритма заключается в характеристическом разложении корреляционной матрицы для любых выходных данных массива. Результатом этого разложения является сигнальное подпространство, которое ортогонально подпространству шума. Два этих ортогональных подпространства используются для построения пеленгационного рельефа.

Цель работы - исследование алгоритма оценивания угловых координат ИРИ. Для достижения поставленной цели в работе был описан алгоритм оценивания угловых координат ИРИ методом MUSIC, построена пеленгационная характеристика данного алгоритма, исследовано влияние различного отношения сигнал-шум, количества антенных элементов, объема выборки и расстояния между антенными элементами решётки на пеленгационный рельеф и затем получены зависимости среднеквадратического отклонения (СКО) и разрешающей способности от различных отношений сигнал-шум.

Исследование проводилось в пакете прикладных программ Matlab. В работе используется линейная антенная решётка, которая состоит из  $M=5$  антенных элементов, принимающая сигналы от  $L=2$  ИРИ. Данные моделирования приведены в таблице.

Таблица 1 – Зависимости СКО и разрешающей способности от отношения сигнал-шум

Отношение сигнал-шум, дБ	5	10	15	20	25	30
СКО	0.130	0.070	0.026	0.020	0.010	0.007
Разрешающая способность, град	4.1	3.2	2.4	1.7	1.3	1

Проводя анализ результатов моделирования, можно сделать вывод о том, что с увеличением отношения сигнал-шум улучшается разрешающая способность, а также уменьшается СКО. Так при увеличении отношения сигнал-шум с 5 до 30 дБ – СКО уменьшается с 0.13 до 0.007, а разрешающая способность увеличивается примерно в 4 раза с 4.1 до 1 градуса.

1. R. O. Schmidt and R. E. Frank. Multiple source DF signal processing: An experimental system. IEEE Trans. Antennas Propag., vol.-34, pp. 276-280, March 1986.

# **СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ЛАЗЕРНОЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ ДЛЯ АТМОСФЕРНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Е.А. Жирков

Научный руководитель – Андреев В.Г., д-р техн. наук, доцент

Устройства и системы лазерной дальнометрии находят своё применение во многих прикладных областях науки. В частности, они используются для измерения нижней границы облачности (силитометрии). Это актуально при посадке летательного аппарата, когда машина находится в облаке и пилот не может визуально оценить расстояние до земли.

Принцип определения дальности такой же, как и в радиолокации – по задержке зондирующего импульса относительно момента его излучения [1]. В качестве источника излучения используется импульсный лазер, работающий с частотой 100 Гц на длине волны  $\lambda = 1020$  нм (соответствует ИК-диапазону) и направленный вертикально вверх. Отражённый от гидрометеора лазерный луч попадает на вход фотопремника, где преобразуется в электрический сигнал (напряжение), которое затем переводится в цифровой код 8-канальным АЦП с частотой дискретизации 180 МГц. Для повышения отношения сигнал-шум на выходе устройства применяется накопление сигнала, подробно описанное в [2]. Использование данных методов позволяет оценить дальность до облака с точностью до 1 м.

Кроме того, использование лазерного дальномера возможно не только для измерения нижней границы облачности, но и для экологического контроля состояния атмосферы. Различные газовые смеси слегка изменяют состав воздуха, что непременно сказывается на его оптических свойствах и поглощении света, описываемом законом Бугера-Ламберта-Бера. Перспективным направлением сегодня является рамановская фильтрация, основанная на комбинационном рассеянии света. Получаемый в результате линейчатый спектр позволяет оценить наличие тех или иных молекулярных соединений в составе атмосферы, а также их относительную концентрацию.

## *Библиографический список*

1. Лазерная локация/И. Н. Матвеев, В. В. Протопопов, Л20 И. Н. Троицкий, Н. Д. Устинов; Под ред. чл.-кор. АН СССР Н. Д. Устинова. - М.: Машиностроение, 1984. 272 с. ил.
2. Лазерные приборы и методы измерения дальности: учеб. пособие / В.Б. Бокшанский, Д.А. Бондаренко, М.В. Вязовых, И.В. Животовский, А.А. Сахаров, В.П. Семенов; под ред. В.Е. Карасика. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 92, с.: ил.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ БЕЗ УМНОЖИТЕЛЕЙ

М.Б. Должиков, Д.Н. Рогачев

Научный руководитель – Холопов И.С., канд. техн. наук

В докладе рассматривается подход к проектированию цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ) без умножителей на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). Актуальность разработки состоит в минимизации вычислительных затрат ПЛИС и повышении быстродействия.

Например, в радиолокационных системах актуальна задача борьбы с коррелированными помехами с помощью цифровых режекторных фильтров (ЦРФ). ЦРФ строят по схемам череспериодных компенсаторов на основе КИХ-фильтров, содержащих модули умножения, суммирования и задержки входных цифровых отсчётов. Каноническая схема построения ЦРФ при её реализации на ПЛИС имеет следующие недостатки:

- кристаллы ПЛИС не всех семейств содержат аппаратно реализованные умножители;
- реализация умножителей средствами только программируемой логики требует большего количества ресурсов и имеет низкое быстродействие.

Существуют подходы к синтезу КИХ-фильтров, в которых умножители представлены набором сумматоров, предполагающих представление весовых коэффициентов в виде суммы степеней числа  $2^m$ . Это позволяет исключить умножители из функциональной схемы путём их замены сумматорами и модулями арифметического сдвига влево [1]. Например, результат умножения  $y = bx$  на беззнаковый весовой коэффициент  $b = 0,406$  при его представлении 9-разрядным двоичным кодом с фиксированной точкой  $]0,406 \times 2^9[ = 208$ , где  $] \bullet [$  – оператор округления, можно представить суммой  $y = (2^7 + 2^6 + 2^4)x = (x \ll 7) + (x \ll 6) + (x \ll 4)$ , где  $\ll n$  – оператор арифметического сдвига влево на  $n$  разрядов.

В ходе проведения экспериментов с синтезированными средствами языка VHDL модулями умножителей выполнено сравнение по двум параметрам (см. таблицу): количеству логических ячеек (ЛЯ) ПЛИС и предельной частоте работы  $F$ .

Таблица – Результаты эксперимента

Семейство ПЛИС Altera	Без умножителей (с модулями сдвига)			Модуль умножителя		
	$F$ , МГц	Занято ЛЯ, %	Кол-во умножителей	$F$ , МГц	Занято ЛЯ, %	Кол-во умножителей
FLEX 10K	42,19	2	-	11,07	10	-
CYCLONE II	226,35	<1	2	110,44	<1	0
MAX7000AE	265,32	12	-	135,57	<b>118</b>	-
STRATIX II	500	<1	2	146,41	<1	0

Из результатов видно, что отказ от модулей умножения обеспечивает выигрыш по быстродействию до 3,8 раз, а в некоторых случаях (см. строку для семейства MAX7000AE) в принципе позволяет синтезировать проект с ЦРФ при ограничении доступных ресурсов ПЛИС.

1. Macleod M.D., Dempster A.G. Multiplierless FIR filter design algorithms // IEEE Signal Processing Letters. 2005. Vol. 12, No. 3. P. 186-189.

# АЛГОРИТМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК РАДИОСИГНАЛОВ НА ФОНЕ КУСОЧНО-СТАЦИОНАРНЫХ ПОМЕХ

В.А. Чан

Научный руководитель – Андреев В.Г., д-р техн. наук, доцент

В настоящее время бурно развиваются методы обработки сигналов в различных специализированных областях. Каждая из них разрабатывает свой собственный подход для решения своих характерных задач. Так например, во многих прикладных сферах используют авторегрессионные (АР) методы в сочетании с адаптивной фильтрацией, что стало популярным и широко применяется на практике благодаря гибкой, интеллектуальной и эффективной работе фильтров обработки сигналов, используемых для подавления помех [1], кодирования речи, передачи телеметрической информации и т. д.

Проблема уменьшения негативного влияния аддитивного кусочно-стационарного по мощности белого шума является актуальной задачей спектрального анализа во многих прикладных областях [2]. Изучение и обработка сигналов на фоне аддитивных кусочно-стационарных помех на основе адаптивных алгоритмов имеет большое практическое значение, позволяет минимизировать влияние шума, повысить эффективность анализа спектра сигналов при проектировании систем связи и обмена данными.

Исходя из актуальных требований, предъявляемых к подобным системам, в данной работе для более точного решения задачи спектрального оценивания предлагается модифицированная АР-модель, которая имеет вид:

$$\mathbf{a} = -[\beta \mathbf{R}_1 + (1-\beta) \mathbf{R}_2]^{-1} \mathbf{i} \quad (1)$$

где  $\mathbf{a}$  – вектор авторегрессии предлагаемой модифицированной АР-модели;  $\beta \in [0; 1]$  – весовой коэффициент, который определяет доли  $\beta$  и  $(1-\beta)$  процессов с различными статистическими свойствами, т.е. в данном случае с разными шумовыми компонентами;  $\mathbf{R}_1$ ,  $\mathbf{R}_2$  – матрицы автокорреляции 1-го и 2-го фрагментов сигнала с различными по мощности зашумлениями;  $\mathbf{i}$  – крайний левый вектор-столбец единичной матрицы.

В практике, как показали эксперименты, предлагаемая АР-модель может быть эффективно применена для обработки и оценки параметров отражений электромагнитных волн от протяженных объектов (гидрометеоров, поверхности Земли при её дистанционном зондировании), а также при решении задач технической и медицинской диагностики. Выигрыши в точности спектрального оценивания достигаются за счёт учёта изменений автокорреляционных свойств анализируемого сигнала из-за воздействия на него кусочно-стационарных помех, мощность которых меняется во время наблюдения.

## Библиографический список

1. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: пер. с англ. М.: Мир, 1990. 584 с.
2. Колмогоров А.Н., Прохоров Ю.В., Ширяев А.Н. Вероятностно-статистические методы обнаружения спонтанно возникающих эффектов // Тр. МИАН. 1988. Т. 182. С. 4-23.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ВО В РЛС МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ**

И.С. Борисов

Научный руководитель- Белокуров В.А., канд. техн. наук, доцент

Для обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) необходимы специальные средства обнаружения, такие как РЛС малой дальности, способные обнаруживать малоразмерные цели и определять их параметры.

Основной сложностью является создание проекта действующей РЛС, способной не только зафиксировать факт наличия цели, но и определить принадлежность объекта наблюдения к определенному классу.

Целью работы является создание действующей модели РЛС для обнаружения БПЛА с возможностью распознавания класса летательного аппарата.

В качестве датчика радара был предложен Innosent IVS-565[1]. Для питания данного модуля предусматривается два понижающих преобразователя [2]. В качестве управляющего сигнала генератора предполагается 16 разрядный ЦАП микроконтроллера STM32. Выходной сигнал с радара подлежит усилению с помощью операционных усилителей и дальнейшей дискретизации с последующей обработкой.

В результате разработана принципиальная схема модели РЛС. Цифровая обработка полученного сигнала позволит воспользоваться эффектом «пропеллерной модуляции» [3] для распознавания типов воздушных объектов.

### *Библиографический список*

1. <https://www.aliexpress.com/i/10000164241214.html>
2. <https://www.chipdip.ru/product/adm7154acpz-3.3-r7-span>
3. Ширман Я.Д., Горшков С.А., Лещенко С.П. и др. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование. // Научно-технические серии. Радиолокация и радиометрия №2. Радиолокационное распознавание и методы математического моделирования. 2000. №3. С.5-65.

# **АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ ВИДЕОСИГНАЛА С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

К.А. Глухов

Научный руководитель – Косс В.П., канд. техн. наук, доцент

Современное телевидение, да и в целом цифровую обработку изображений, невозможно представить без методов кодирования, то есть сжатия, видеопотока, картинок и прочих источников информации. Поэтому, были разработаны различные методы сжатия, которые в своей основе содержат определённые алгоритмы кодирования информации. Например, в современных системах передачи видеоизображения и просто изображения JPEG, Motion JPEG, MPEG, DV используется цветовая субдискретизация ТВ изображения [1].

Цветовая субдискретизация изображения - кодирование изображения путём сжатия сигнала цветности, оставляя сигнал яркости исходным, поскольку зрение человека гораздо более чувствительно к её изменениям. Это позволит уменьшить размер передаваемой картинке до 50%. То есть, данный алгоритм предполагает переход от общепринятого формата изображения RGB к формату YCrCb, где Y – яркостная составляющая изображения, Cr – красная составляющая, Cb – синяя составляющая. CrCb в общем виде образуют цветоразностный сигнал. Под сжатием предполагается прореживание цветоразностных сигналов по горизонтальному и вертикальному разрешению, в соответствии с желаемым форматом. Всего существует 4 вида цветовой дискретизации: 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, 4:1:1 [2].

Эксперимент проводился в вычислительной среде Matlab. Исходные данные для расчётов: ТВ изображение разрешением 1920x1280 пикселей, формата цветовой субдискретизации 4:4:4 и размером файла 720 кб формата jpeg. Цель эксперимента: произвести переход от формата цветовой субдискретизации 4:4:4 к формату 4:2:2.

Исходное изображение сначала было переведено из формата RGB в формат YCrCb, затем разбито на три составляющие. Сигнал яркости сжатию не подвергался, а вот цветоразностные сигналы были прорежены по горизонтальному разрешению, то есть брался каждый второй отсчёт, согласно формату 4:2:2. В итоге, изначально компоненты Cr и Cb занимали место на жёстком диске 61 и 60 кб соответственно, а после прореживания 20 и 15 кб, что в 3 и 4 раза меньше.

После, были восстановлены цветоразностные сигналы по методу ближайшего соседа, объединены с яркостной составляющей и переведены в формат RGB. В результате всех преобразований изображение стало весить 212 кб, что дало нам выигрыш в 3,3 раза, по сравнению с исходным изображением.

## *Библиографический список*

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений издание 3-е, исправленное и дополненное: Москва: Техносфера, 2012. – 1104с.
2. Сжатие спектра телевизионного сигнала в системах передачи видеoinформации: Учебное пособие / В.П.Косс; Рязан. гос. радиотехн. акад; Рязань, 1996. 64 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА С ПОМОЩЬЮ РЛС С НЕПРЕРЫВНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

З.А. Королёв

Научный руководитель – Белокуров В.А., канд. техн. наук, доцент

В рамках данной работы рассматривался вопрос взаимосвязи параметров радиолокационной станции (РЛС) малой дальности с параметрами непрерывно излучаемого зондирующего сигнала с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

Разрешающая способность по дальности  $\delta R$ , определяется как минимальное расстояние между двумя или более объектами, на котором РЛС различает наблюдаемые объекты как отдельные цели [1]. Разрешающая способность по дальности ЛЧМ сигнала определяется выражением:

$$\delta R = \frac{c}{2 \cdot B} \quad (1),$$

где  $c$  – скорость света,  $B$  – девиация частоты ЛЧМ сигнала.

На рисунке 1 представлена зависимость разрешающей способности по дальности  $\delta R$  от девиации частоты  $B$ , изменяемой в диапазоне от 200 до 4000 МГц.

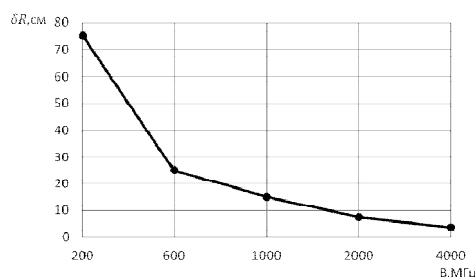


Рисунок 1. Зависимость разрешающей способности по дальности  $\delta R$  от девиации частоты  $B$

Как видно по рисунку 1, с увеличением значения девиации частоты  $B$ , разрешающая способность РЛС по дальности  $\delta R$  уменьшается (улучшается) с 75 до 4 см.

Разрешающая способность по скорости  $\delta v$  – это минимальное различие в скорости у двух и более объектов, при котором, РЛС принимает решение о раздельном наблюдении этих объектов [1]. Разрешающая способность по скорости  $\delta v$  определяется выражением:

$$\delta v = \frac{\lambda}{2 \cdot N \cdot T} \quad (2),$$

где  $\lambda$  – длина волны,  $N$  – количество сигналов в кадре,  $T$  – период повторения сигнала.

Результаты расчётов показали, что разрешающая способность по скорости  $\delta v$  уменьшается (становится более точной) от 1,4 км/ч до 0,35 км/ч при увеличении периода повторения сигнала  $T$  от 5 до 20 мс и фиксированном количестве 1  $N$ .

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2007. – 376 с.



## **РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

А.И. Ларионов

Научный руководитель – Кошелев В.И., д-р. техн. наук, профессор

Актуальность выбранного направления исследования определяется возрастающим количеством случаев применения различных малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в конфликтах последних лет [1]. Для противодействия БПЛА необходимо усовершенствовать радиолокационные станции и алгоритмы обнаружения, по которым они работают.

Преимущество некоторых БПЛА вертолетного типа заключается в том, что такие аппараты могут зависнуть неподвижно, таким образом, их сложнее обнаружить, кроме того, они имеют малую эффективную площадь рассеяния (ЭПР). В связи с этим, основным направлением исследования является создание алгоритма, который обнаруживает неподвижный БПЛА с помощью турбинного эффекта. Проявление турбовинтового эффекта выражено в наличии в спектре отраженного сигнала дополнительных спектральных компонент вместе с компонентами планерной составляющей [2].

Новизна исследования заключается в создании алгоритма, реализованного с помощью пакета прикладных программ MatLab.

Основная идея предлагаемого алгоритма заключается в получении информации о дальности до БПЛА и скорости вращения его винтов в режиме однозначных измерений. В процессе обработки сигналов используется алгоритм двумерного быстрого преобразования Фурье (БПФ), результат которого интерпретируется в оценки дальности и скорости. В результате работы алгоритма происходит обнаружение зависших БПЛА по скорости вращения их винтов, в чем и проявляется турбинный эффект.

Дальнейшим направлением исследования и усовершенствования алгоритма является его дополнение подпрограммами определения траектории движущегося малоскоростного низколетящего БПЛА, процедурами определения его угловых координат, а также распознавания типа беспилотника по количеству его винтов.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разрабатываемого алгоритма для обнаружения не только движущихся летательных аппаратов, но и неподвижных, а также, в дальнейшем, в увеличении эффективности обнаружения движущихся БПЛА.

### *Библиографический список*

1. Ерёмин Г.В., Гаврилов А.Д., Назарчук И.И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО // Армейский вестник. 2015.
2. Кучерявенко А.В. Подавление турбинного эффекта радиолокационного сигнала в импульсно-доплеровской РЛС // Инженерный вестник Дона. 2017. №4.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

С.А. Лобков

Научный руководитель – Штрунова Е.С., канд. техн. наук

В большинстве практических задач радиолокации и радиопеленгации необходимо знать угловые координаты источника излучения. Классические методы оценки угловых координат имеют ограничения в разрешающей способности, величиной, обратной длине раскрыва, а также эффект маскирования спектральных линий [1].

Благодаря применению методов спектрального оценивания или методов сверхразрешения удаётся преодолеть недостатки классических методов, а также определить направление прихода сигналов и количество источников излучения при разносе последних по угловым координатам, меньшим релеевского интервала разрешения [2]. Основное достоинство: возможность определения количества угловых координат источников излучения, не применяя перемещения диаграммы направленности антенны и используя лишь способы с алгоритмами для обработки сигналов.

В процессе работы были рассмотрены алгоритмы MUSIC и EV для линейной эквидистантной  $N$ -элементной AP, основанные на разложении оценки  $N$ -мерной межканальной корреляционной матрицы входной реализации на матрицы собственных векторов и собственных значений [3]. В дальнейшем матрица собственных векторов разделяется на  $(N \times K)$ -мерную сигнальную и  $(N \times (N-K))$ -мерную шумовую подматрицы, столбцы которых состоят из собственных векторов для  $K$  максимальных и  $(N-K)$  минимальных собственных значений матрицы соответственно. Оценка направления прихода определяется на основе оценки максимума спектра пространственных частот.

Результат исследований, проводимых методом имитационного моделирования, показал, что при увеличении числа элементов антенной решётки величина погрешности измерения становится меньше. Следовательно, для достижения лучшего результата необходимо брать антенные решётки, состоящие из большого количества элементов. Для выбора необходимого количества собственных чисел (собственных векторов) при разделении на подпространства необходимо знание количества источников излучения.

## *Библиографический список*

1. Ратынский М.В. Адаптация и сверхразрешение в адаптивных антенных решетках. М.: Радио и связь, 2003. 200 с.
2. Защита радиолокационных систем от помех. Состояние и тенденции развития / под ред. А.И. Канащенкова, В.И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2003. 416 с.
3. Джонсон Д.Х. Применение методов спектрального оценивания к задачам определения угловых координат источников излучения // ТИИЭР. 1982. Т.70, №9. С. 126–139.

# МОДЕРНИЗАЦИЯ РАДИОПРИЁМНОГО ТРАКТА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НИЗКОСКОРОСТНЫХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

М.А. Молчанов

Научный руководитель – Холопов И.С., канд. техн. наук

В докладе рассмотрена техническая проблема, препятствующая реализации аналоговых и цифровых рекурсивных фильтров порядка 10...20, обеспечивающих фильтрацию сигналов от низкоскоростных объектов с высоким (более 100 дБ) подавлением узкополосных помех от неподвижных объектов; предложены алгоритмы, позволяющие на основе ряда особенностей [1] цифровой обработки сигналов осуществлять подавление упомянутых помех в 100...120 дБ.

Представлена математическая модель (программный скрипт) радиоприёмного тракта, разработанная в программной среде MATLAB R2008a. Модель учитывает характерные для тракта особенности аддитивной смеси сигнал-(узкополосная помеха + шум). По ряду причин в тракте невозможно осуществить необходимую фильтрацию при взятии отсчётов с частотой дискретизации  $f_d$ , удовлетворяющей минимально требуемой теоремой Котельникова [2]:  $f_d \geq 2 \cdot f_b$ , при  $f_b \ll f_0$ ; где  $f_b$  – верхняя граница частотного диапазона подлежащих обработке сигналов от приближающихся или удаляющихся объектов,  $f_0$  – несущая частота зондирующего сигнала (или промежуточная частота).

Обработка выборки входных отсчётов в модели реализована по одному из двух алгоритмов. В первом варианте фильтрация осуществляется на основе свёртки [1] коэффициентов фильтра и отсчётов, полученных с частотой дискретизации  $f_d = 2 \cdot f_0$ . Второй алгоритм основан на последовательном применении цифрового смесителя [1] и фильтра, осуществляющего свёртку при частоте дискретизации  $f_d \geq 2 \cdot f_0$ . Оба метода базируются на том, что амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра имеет резкий спад, обеспечивающий подавление более 100 дБ, если одна из его частот среза расположена вблизи (при нормировании частоты – в пределах  $0,0005 \cdot \pi$  радиан на отсчёт) частоты  $0,5 \cdot f_d$  (для первого алгоритма) и частоты 0 Гц (для второго алгоритма).

Результаты моделирования качественно показали, что для обеспечения подавления в 100...120 дБ узкополосных помех от неподвижных объектов при работе с частотой дискретизации  $f_d > 2 \cdot f_0$  предпочтительнее использовать второй алгоритм (т.к. дискретная смесь в этом методе становится комплексной и её спектр в диапазоне  $0 \dots f_d$  Гц перестаёт быть симметричным относительно частоты  $0,5 \cdot f_d$ , что приводит к устранению, присутствовавшего в случае вещественной смеси, взаимного перетекания спектральных компонент смеси из одной половины спектра в другую); при  $f_d = 2 \cdot f_0$  результаты отработки обоих алгоритмов одинаковы.

## *Библиографический список*

1. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.

# АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ

А.В. Петухов

Научный руководитель – Сафонова А.В., канд. техн. наук, доцент

В данной работе рассматривается моделирование схемы передачи информации в среде Matlab. Приводятся оценка вероятности битовой ошибки полученная при использовании различных типов модуляции.

Сигналы, создаваемые различными источниками, не всегда подходят для прямой передачи по заданному каналу. Эти сигналы обычно дополнительно модифицируются для облегчения передачи. Этот процесс преобразования известен как модуляция. В этом процессе сигнал основной полосы частот используется для изменения некоторых параметров высокочастотного несущего сигнала[1].

Цель эксперимента – анализ помехоустойчивости систем передачи данных с использованием BPSK, QPSK и DQPSK модуляций.

Моделирование проводится в пакете прикладных программ MatLab и Simulink.

В таблице 1 приведены полученные выражения для вероятности битовой ошибки при применении исследуемых видов модуляции.

Таблица 1 Вероятность битовой ошибки для различных видов модуляции

Вид модуляции	Вероятность битовой ошибки
BPSK	$P_0 = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$
QPSK	$P_0 = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$
DQPSK	$P_0 = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{E_b}{N_0}\right)$

Из полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы: 1) чем выше отношение сигнал/шум, тем ниже вероятность битовой ошибки; 2) при равных  $P_0$  схема DQPSK требует большего отношения  $E_b/N_0$ , чем схема QPSK. Однако реализовать систему связи с DQPSK легче, поскольку такой приемник не требует фазовой синхронизации. Поэтому иногда предпочтительнее является использование менее эффективной системы с DQPSK модуляцией

## Библиографический список

1. Бакулин М. Г., Крейделин В. Б., Шумов А. П. Повышение скорости передачи информации и спектральной эффективности и беспроводных систем связи. – Цифровая обработка сигналов №1/2006.
2. Дьяконов В.П., Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008.

## **ОБРАБОТКА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УТЕЧЕК ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

М.Р. Фошина

Научный руководитель – В.Г. Андреев, д-р техн. наук, доцент

При анализе тепловизионных изображений возникает проблема с обработкой тепловизионных изображений формата JPG и PNG. Под обработкой термограммы подразумевается анализ термограммы на предмет самых горячих или самых холодных точек.

Для решения этой задачи была написана программа в среде MATLAB, которая включает в себя программный пакет «Image Processing Toolbox» с большим количеством функций, реализующих распространенные методы обработки изображений. Разработанная программа актуальна на сегодняшний день по причине того, что еще не был поднят вопрос разработки ПО для ИК изображений в форматах JPG и PNG. В основном компьютерные программы ориентированы на тепловизоры с форматом bmt. При использовании встроенных функций данного программного пакета можно анализировать изображения как в видимой, так и в инфракрасной области [1]. В последнем случае результатами обработки являются изображения в условных цветах.

С помощью функций программы MATLAB можно в реальном масштабе времени проводить мониторинг как отдельно нагретых элементов, так и тепловой сети в целом и эффективно анализировать полученные данные о температурном рельефе объектов, в том числе в динамике его изменения.

При импорте изображения в известных форматах, таких как PNG, JPG, TIF, GIF, возникают трудности с дальнейшей расшифровкой по причине того, что нет специализированного общедоступного софта для обработки термограмм, как упоминалось выше [2].

Как упоминалось выше, была разработана программа для решения данной задачи, в которой можно измерить температуру в любой точке термограммы, опираясь на цветовую палитру, а также автоматически выявить самую горячую точку [3].

Так как тема данной работы ориентирована на теплотрассу, был проведен мониторинг теплотрассы с последующим анализом полученных изображений. Для этого изначально необходимо выбрать термограмму того участка сети, для которого будет выполнен последующий анализ его текущего состояния. Полученные результаты анализа значительно упростят составление отчета о целостности теплоизоляции.

К достоинствам разработанной программы следует отнести возможность выполнения диагностики теплооборудования или нагретых элементов с минимальными усилиями и за короткий промежуток времени.

Однако, в дальнейшем следует модифицировать данную программу по следующим причинам:

- дополнительная работа над увеличением скорости автоматической обработки изображения, для оптимизации исследования;
- необходимость в работе с видеоданными в режиме реального времени.

### Библиографический список

1. MATLAB. The Language of Technical Computing. Using MATLAB. The Math Works, Inc. USA, – 2000. –187 с.
2. Андреев В.Г., Фошина М.Р. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДЕ MATLAB: научная статья/Международный научно-исследовательский журнал.–Екатеринбург, – 2021.–№3 (105)ч.1.–С 13-19.
3. Материалы VII научно-технической конференции магистрантов Рязанского государственного радиотехнического университета. – Рязань: РГРТУ, –2021. –286 с.

## АДАПТАЦИЯ РЕКУРСИВНЫХ РЕЖЕКТОРНЫХ ФИЛЬТРОВ

И.Ю. Литвинов

Научный руководитель – Попов Д.И., д-р техн. наук, профессор

Решение задачи исключения влияния априорной неопределённости базируется на принципах адаптации весовых коэффициентов режекторного фильтра к неизвестным корреляционным свойствам радиопомехи, а именно к аргументу и модулю коэффициентов межпериодной корреляции [1], что подразумевает формирование адаптивных режекторных фильтров. Решение проблемы оптимизации заключается в необходимости найти определённую функциональную взаимосвязь параметров помехи с параметрами фильтра. С этой целью следует разработать алгоритм работы режекторного фильтра перестраиваемой структуры в переходном режиме, учитывающий временные соотношения между перестройками структур отдельных элементов. Усреднение переходных значений эффективности РФ в пределах выборки и введение целевой функции  $\mu(W) \rightarrow \max_Y$  позволяет найти решение к задаче оптимизации параметров фильтров в переходном режиме. Искомая зависимость исходит из оптимизации вектора весовых коэффициентов  $W$  [2]. В результате проводимой оптимизации было установлено, что выбор оптимальных коэффициентов прямой связи  $a_k$  основывается на оценках коэффициентов межпериодной корреляции  $\rho_{jk}$  в соответствии с функциональными зависимостями для АРФ нерекурсивного типа, а выбор коэффициентов обратной связи  $b_k$  – необходимыми условиями к результатам режекции помехи и параметрами амплитудно-частотной характеристики [3]. При указанной величине нормированного коэффициента подавления помехи  $\mu$  и условии обеспечения максимальной ширины полосы пропускания АЧХ, определяемой частотой среза  $\theta_c$  критерий оптимизации вектора  $W$  при  $\mu = const$  записывается как:

$$\theta_c\{\mu, W(\rho_{jk})\} \rightarrow \min_w$$

Оптимизация весового вектора  $W$  определяет функциональную зависимость между весовыми коэффициентами АРФ и параметрами помехи. Эта зависимость позволяет по оценкам  $\rho_{jk}$  корректировать выбор оптимального вектора  $W$  непосредственно в процессе адаптации [4].

### *Библиографический список*

1. Попов Д.И. Адаптивные режекторные фильтры с комплексными весовыми коэффициентами / Д.И. Попов // Вестник концерна ПВО Алмаз – Антей. – 2015. - № 2 (14). – С. 21-26.
2. Попов Д.И. Оптимизация рекурсивных режекторных фильтров // Цифровая обработка сигналов. - 2001. - №2. – С. 45-48.
3. Попов Д.И. Синтез и анализ эффективности систем адаптивной межпериодной обработки сигналов на фоне помех с неизвестными корреляционными свойствами // Радиотехника и электроника. – 1983. – Т. 28. - №12. – С. 2373-2380.
4. Попов Д.И. Адаптация рекурсивных режекторных фильтров // Цифровая обработка сигналов. – 2002. - №2. С. 36-40.

# СЕКЦИЯ «БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И УСТРОЙСТВАХ»

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ СВЧ ДИАПАЗОНА

М.В. Ионкин

Научный руководитель – Васильев Е.В., канд. техн. наук, доцент

При проектировании приёмников прямого синтеза особое внимание уделяется выбору смесителя, так как его характеристики определяют ряд параметров приемника: рабочий диапазон принимаемых частот, динамический диапазон входных сигналов, ширина полосы частот обрабатываемого сигнала.

Данная работа посвящена проектированию классического кольцевого смесителя с трансформаторами Маршанда, структурная схема которого представлена на рисунке 1.

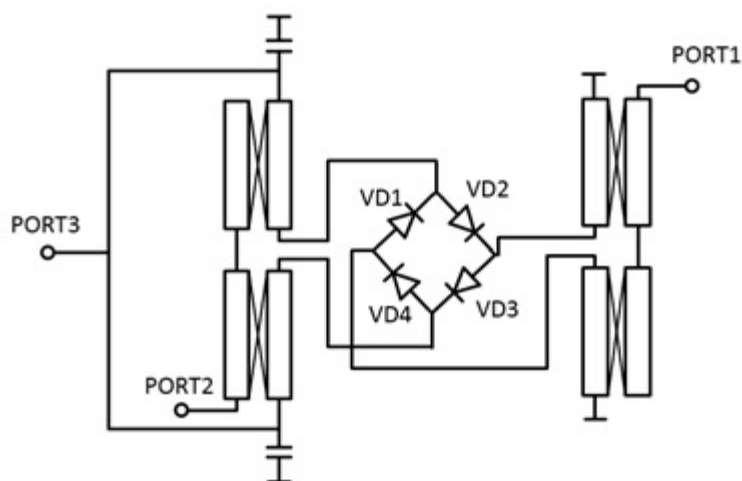


Рисунок 1 - Структурная схема кольцевого смесителя

PORT1 является несимметричным входом колебания гетеродина, PORT2 – вход СВЧ сигнала, PORT3 – выход ПЧ.

В результате проведения моделирования, спроектированный смеситель позволяет обеспечить работу в диапазоне входных частот от 11 до 20 ГГц, и до 1 ГГц выходных, при этом уровень нежелательных паразитных составляющих во всем диапазоне не превышает минус 30 дБ.

Предложенные топологии трансформаторов Маршанда могут быть использованы в монолитных интегральных схемах широкополосных смесителей и умножителей частоты.



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УСТРОЙСТВ LORAWAN

Д.Л. Лобовиков

Научный руководитель – Паршин А.Ю., канд. техн. наук, доцент

В качестве исследуемой модели были использованы 2 модуля приемопередатчиков стандарта LoRa SX1276RF1JAS и персональный компьютер с установленным на него ПО (LoRa Starter Kit A). [2]

Рассмотрим несколько экспериментов с параметрами данного ПО. Для начала один приемопередатчик LoRa (именуемый дальше как ПП1) подключаем к ПК (персональный компьютер) для питания, а другой приемопередатчик (именуемый дальше как ПП2) устанавливаем на расстоянии 1,5 м.

На устройстве ПП1 выступающим как передатчик, устанавливаем следующие значения: частота - 863 МГц; выходная мощность - 14 дБм; коэффициент расширения – SF12; вид кодирования - 4/5; полоса пропускания - 125 кГц. На ПП2 выставляем режим приема данных. Измеряем мощность на ПП2, с каждым разом увеличивая расстояние на определенное значение.

Также рассмотрим распространение сигнала в диапазоне УВЧ и сравним с полученными ранее результатами. [1]

Приблизительный нижний предел:

$$L_{LoS,l} = L_{bp} + \begin{cases} 20 * \log_{10} * \left(\frac{d}{R_{bp}}\right) & \text{для } d \leq R_{bp} \\ 40 * \log_{10} * \left(\frac{d}{R_{bp}}\right) & \text{для } d > R_{bp} \end{cases}$$

Приблизительный верхний предел:

$$L_{LoS,l} = L_{bp} + 20 + \begin{cases} 25 * \log_{10} * \left(\frac{d}{R_{bp}}\right) & \text{для } d \leq R_{bp} \\ 40 * \log_{10} * \left(\frac{d}{R_{bp}}\right) & \text{для } d > R_{bp} \end{cases}$$

В соответствии с формулами выполнены измерения мощности при различных расстояниях R. Здесь  $P_{rx} = P_{tx} - L$ , где  $P_{tx} = 14$  дБм.

Строим графики по значениям полученным в расчёте и значениям полученных в эксперименте:

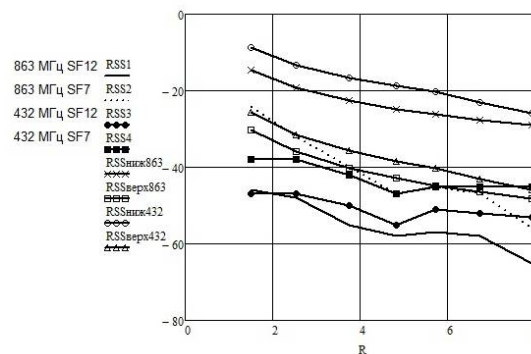


Рисунок 1. Зависимость показателя мощности от расстояния между устройствами

Наилучшее соответствие построенных графиков выявлено для формулы потерь мощности сигнала на частоте 863 МГц (верхний предел).

## Библиографический список

1. Рекомендация МСЭ-R P.1411-3, 18 с.
2. SX1276 Development Kit USER GUIDE, Semtech, 2014. - 53 с.

## УЛУЧШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМА RAIM КОРРЕКТИРОВКОЙ ВЕСОВЫХ ФУНКЦИЙ

Д.А. Назарков

Научный руководитель – Ксендзов А.В., канд. техн. наук, доцент

*Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM)* - автономный контроль целостности приемника (АКЦП), технология, разработанная и используемая для оценки и поддержания целостности данных системы позиционирования навигационного приемника. В особенности это важно в тех случаях, где корректная работа спутниковых навигационных систем необходима для обеспечения высокого уровня безопасности. Необходимым условием реализации алгоритма RAIM является наличие не менее 5 спутников, которые захвачены и отслеживаются приемником. Алгоритм является робастным статистическим методом, чаще всего использующий М-оценки – класс экстремальных оценок, основанных на обобщенной теории максимального правдоподобия. К достоинствам М-оценок можно отнести существенное уменьшение влияния значительных одиночных выбросов на результат.

Определение местоположения осуществляется по следующему алгоритму: исходные данные (координаты спутников и ОСШ) используются для формирования матрицы направляющих косинусов, вектора измеренных псевдодальностей, а также диагональной весовой матрицы. Помимо весовой матрицы рассчитывается вектор коррекции по одной из функций влияния [1]. Данные функции имеют постоянный параметр  $k$ , варьируя который, можно производить их точную настройку. Далее происходит формирование уточненной весовой матрицы, которая в свою очередь используется в МНК для определения приращений координат. На следующем этапе происходит сложение приращений, полученных на текущей итерации алгоритма, с результатами предыдущих итераций. Искажения нестабильности измеренных псевдодальностей моделируются путем добавления соответствующих прибавок.

Проведены эксперименты по повышению точности позиционирования с использованием корректирующих функций влияния алгоритма RAIM при различных условиях (номера искаженного спутника, конфигурации спутниковых созвездий, величины нестабильности псевдодальности), на основании которых можно утверждать, что на величину разброса влияют внешние условия, а также тип функции коррекции. Точность позиционирования может быть повышена предварительным расчетом оптимального параметра  $k$  для каждого конкретного случая по причине влияния на него внешних факторов. Таким образом, из-за нестабильности оптимума параметра  $k$  необходима его оценка непосредственно перед процедурой определения координат.

1. Wang W. A Modified Residual-Based RAIM Algorithm for Multiple Outliers Based on a Robust MM Estimation / W. Wang, X. Ying // Sensors 2020. 20(08).

## УСТОЙЧИВОСТЬ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

Д.А. Погодин

Научный руководитель – Богданов А.С., канд. техн. наук, доцент

Под коэффициентом устойчивости ( $K_y$ ) понимается числовой параметр, характеризующий удаленность от границы паразитного самовозбуждения. От  $K_y$  в том числе зависит и коэффициент усиления мощности. Основные сложности возникают в том случае, когда  $K_y = 1$ : любое изменение параметров обобщенной колебательной системы может привести к неустойчивой работе усилителя.

Неустойчивая работа проявляется в виде возникновения скачков усиления, произвольного изменения входных и выходных импедансов, а также в виде паразитной генерации.

В технической литературе рекомендуется иметь значение коэффициента устойчивости не менее 5 для линейного режима и не менее 10 – для нелинейного.

Выбор метода расчета высокочастотного усилителя мощности рекомендуется проводить с учетом предварительно определенного коэффициента внутренней устойчивости  $K_{y \text{ вн.}}$  [1].

1. Если  $K_{y \text{ вн.}} \geq 1$ , то используется методика расчета усилителя при полном комплексном согласовании на входе и выходе.

2. Если  $K_{y \text{ вн.}} < 1$ , то используется методика расчета усилителя с максимально достижимым коэффициентом усиления мощности при заданном коэффициенте устойчивости.

Условия абсолютной устойчивости обеспечиваются соответствующим выбором иммитансов генератора и нагрузки. Второй способ анализа усилителя хоть и несколько проигрывает в коэффициенте усиления мощности по сравнению с полным комплексным согласованием, но позволяет получить заданный уровень устойчивости активного прибора.

Итак, увеличение устойчивости приводит к снижению коэффициента усиления мощности. По этой причине при проектировании активного прибора важно выбирать цепи согласования таким образом, чтобы они обеспечивали уровень устойчивости, при котором проигрыш в коэффициенте усиления был минимальным.

1. Богачев В.М., Никифоров В.В. Транзисторные усилители мощности – М.: Энергия, 1978. – 334 с.

# ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ БЛОКОВ MIMO СИСТЕМЫ В ДИСКРЕТНОМ КАНАЛЕ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Фадель Эль-Марди

Научный руководитель – Паршин Ю.Н., д-р техн. наук, профессор

Исследование проводилось с использованием беспроводного широкополосного роутера LevelOne, сетевых карт и выносных блоков антенн.

Было проведено исследование зависимости средней величины пропускной способности канала в зависимости от количества и конфигурации антенн. Исследование проводилось с конфигурацией из трех антенн, с одной антенной в позиции 1 и 2, и без антенн утром, днем и вечером. По окончании передачи пакета получил графики зависимости пропускной способности от времени. Полученные результаты средней пропускной способности представлены в таблице:

	Утро	День	Вечер
3 антенны	20,30	14,72	19,43
Позиция 1	18,46	14,42	16,64
Позиция 2	15,02	12,39	10,48
Без антенн	12,1	10,79	9,79

По результатам исследования видно, что наибольшая пропускная способность будет при трех антеннах, наименьшая – без антенн. Различные значения для одной антенны в позиции 1 и 2 объясняются физическим расположением антенн. Различные значения пропускной способности утром, днем и вечером зависят от количества других работающих Wi-Fi устройств.

В ходе работы было установлено, что с уменьшением количества антенн пропускная способность канала снижается. Помимо этого, пропускная способность зависит от того, какая конфигурация антенн установлена на соответствующем роутере. Безусловно, на работу беспроводных сетей Wi-Fi оказывают влияние такие факторы, как расположение устройств и расстояние между ними, количество помех на пути беспроводного сигнала, наличие большого числа устройств Wi-Fi, работающих в радиусе действия вашего устройства и использующих тот же частотный диапазон, и др.

1. Harry Leib, Wenjing Lin. Uplink bit combining for multiple base-stations MIMO with applications to CoMP systems // Wirel. Commun. Mob. Comput., No. 16, 2014, pp. 192-208.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ПОДАВЛЕНИЯ SPOOFING ПОМЕХ**

А.А. Кудряшова

Научный руководитель – Паршин Ю.Н., д-р техн. наук, профессор

В настоящее время серьезной проблемой в радионавигации является обнаружение и подавление spoofing помех. Это имитационные помехи опасны тем, что трудно установить их наличие, т.к. spoofing помеха по своим характеристикам очень схожа с аутентичным сигналом спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Уязвимость СРНС к spoofing помехам обусловлена малой мощностью GPS сигналов, передаваемых по беспроводным каналам, и представляет собой серьезную угрозу целостности позиционирования [1].

Рассмотрены методы защиты от spoofing помех: методы, направленные на обнаружение spoofing помех и методы их подавления. К методам обнаружения относятся: мониторинг абсолютной мощности сигнала, мониторинг скорости изменения мощности сигнала, мониторинг относительных мощностей, мониторинг скорости изменения расстояния, проверка доплеровского сдвига, взаимная корреляция сигналов L1 и L2, проверка полученных эфемеридных данных, обнаружение скачков параметров принимаемого сигнала [2]. К методам подавления spoofing помех относятся: управление минимумом диаграммы направленности (ДН), автономный контроль целостности приемника (RAIM), криптографическая аутентификация [3].

Сравнительный анализ методов подавления spoofing помех показал, что методы пространственного подавления помех являются оптимальными по эффективности и сложности реализации. Наиболее эффективным методом подавления spoofing помех СРНС является управление минимумом диаграммы направленности. При формировании диаграммы направленности антенны приемного устройства СРНС максимум ДН расположен по направлению к аутентичному сигналу, в то время как минимум ДН направляется на источник spoofing помехи.

Достоинством пространственного подавления spoofing помех в СРНС является практическая сложность постановки помех с направления, совпадающего с полезным сигналом, когда сформированная ДН могла бы подавить как помеху, так и аутентичный сигнал. Вместе с тем необходимо учитывать фазовые искажения при формировании минимума ДН в направлении на помеху.

### *Библиографический список*

1. Системы спутниковой радионавигации / В.В. Конин, В.П. Харченко; Национальный авиационный университет. - К.: Холтех, 2010. - 520 с.
2. Wen, Hengqing, Huang, Peter Yih-Ru, Dyer, John, Archinal, Andy, Fagan, John, "Countermeasures for GPS Signal Spoofing," Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2005), Long Beach, CA, September 2005, pp. 1285-1290.
3. Ali Jafarnia-Jahromi, Ali Broumandan, John Nielsen, and Gerard Lachapelle. GPS Vulnerability to Spoofing Threats and a Review of Antispoofing Techniques. International Journal of Navigation and Observation Volume 2012, Article ID 127072, 16 pages DOI:10.1155/2012/127072.

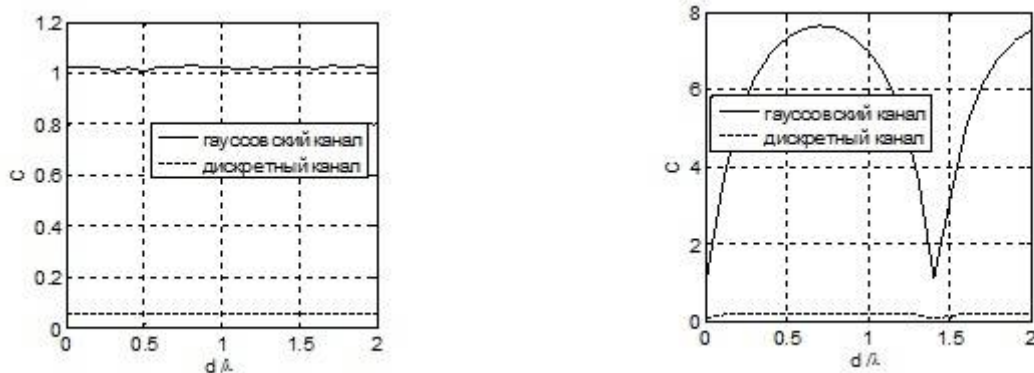
# СРАВНЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ГАУССОВСКОГО И ДИСКРЕТНОГО МІМО КАНАЛОВ

В.Н.Т. Нгуен

Научный руководитель – Паршин Ю.Н., д-р техн. наук, профессор

В докладе рассматривается сравнение помехоустойчивости Гауссовского и дискретного МІМО каналов при наличии помех. Полученные результаты позволяют установить необходимое расстояние между антеннами, при которых достигается заданная эффективность подавления помех и эргодическая пропускная способность.

На рисунке приведены зависимости эргодической пропускной способности от расстояния между антеннами для двух вариантов: угловая координата помехи равна направлению прихода прямого луча и угловая координата помехи отличается от направления прихода прямого луча.



а)  $\alpha_p = \alpha_{\text{LOS}}, K_R = 100$

б)  $\alpha_p = \alpha_{\text{LOS}} + \pi/4, K_R = 100$

Рис. 1. Зависимость эргодической пропускной способности от расстояния между антеннами

Результаты анализа показаны, что при совпадении углового положения источников сигнала и помехи получаем наихудший результат: пропускная способность минимальна. Расстояние между антеннами влияет на эффективность, если направление на источник помехи не совпадает с направлением прямого луча. Вместе с тем при несовпадении угловых координат сигнала и помехи оптимальное подавление помехи обеспечивает высокую эффективность.

## Библиографический список

1. Сосулин Ю.Г., Костров В.В., Паршин Ю.Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. М.: Радиотехника, 2014. – 632 с.
2. Telatar I.E. Capacity of multi-antenna Gaussian channels. // European transactions on telecommunication, 1999, Vol. 10, No 6. – Pp. 585-595.
3. Volker Kuhn. Wireless communications over MIMO channels: Applications to CDMA and multiple antenna systems. John Wiley & Sons, 2006.
4. Колупаева А.С., Паршин Ю.Н. Пропускная способность МІМО системы при наличии пространственно коррелированных помех // Радиолокация, навигация, связь: Сборник трудов XXVI международной научно-технической конференции. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020, Т.5. С. 156-161.

## ПАРАМЕТРЫ РАДАРА СВЧ ДИАПАЗОНА

А.А. Якушев

Научный руководитель – Гусев С.И., д-р техн. наук, профессор

Радиолокационная система fmcw может оценить угол отраженного сигнала. Оценка угла основана на наблюдении, что небольшое изменение в расстоянии до объекта приводит к изменению фазы в пике бпф. Дифференциальное расстояние от объекта к каждой из антенн приводит к изменению фазы пика бпф. Изменение фазы позволяет оценить угол прихода [1].

Для определения угла прихода сигналов от нескольких объектов необходимо использовать антенную решётку, состоящую из  $n$  приёмных антенн. Угловое разрешение – это минимальный угол, при котором можно разделить два объекта. При этом они должны иметь отдельные пики при угле бпф. Оно определяется выражением [2]:

$$\theta_{res} = \frac{\lambda}{Nl \cos(\theta)}$$

где  $n$  – количество приёмных антенн.

Угловое разрешение зависит от длины массива приёмных антенн  $n\lambda$ . Угловое разрешение также зависит от  $\theta$ , и наилучшее разрешение достигается при  $\theta = 0^\circ$ .

Для определения угла необходимо использовать несколько приёмных антенн. Но такой подход имеет свои недостатки, потому что каждая дополнительная приёмная антенна требует отдельной цепи обработки сигнала в устройстве. Поэтому на практике получила распространение технология mimo-радара.

Mimo-радары относятся к радарам с несколькими передающими и несколькими приёмными антеннами. Угловое разрешение mimo-радара с  $n_{tx}$  передающими и  $n_{rx}$  приёмными антеннами эквивалентны simo-радарам с  $n_{tx} \times n_{rx}$  антеннами. Mimo-радары экономически обходятся дешевле, и при этом обеспечивают лучшее разрешение по углу.

### *Библиографический список*

1. AWR1243 Single-Chip 77- and 79-GHz FMCW Transceiver datasheet.

URL:

<https://drive.google.com/drive/folders/1IPiRkOYrH0JSnSuTk1YIbIDh3VqragtC>

2. Introduction to mmwave Sensing: FMCW Radars presentation. URL:

<https://drive.google.com/drive/folders/1IPiRkOYrH0JSnSuTk1YIbIDh3VqragtC>

## ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ШУМОВ

Г. П. Мазаев

Научный руководитель – А. Ю. Паршин, канд. техн. наук, доцент

Фликкер-шум ( $1/f$ -шум, розовый шум) – случайный процесс, для которого характерна обратно пропорциональная зависимость спектральной плотности мощности от частоты. Фликкер шум имеет место быть не только в радиотехнике, многие окружающие нас процессы имеют схожую зависимость. [1]

Принято фликкер-шум аппроксимировать гауссовской величиной, однако это не совсем так. Если это учесть, удастся повысить качество принимаемого сигнала. В приемниках прямого преобразования сигнал на выходе смесителя оказывается подвержен воздействию фликкер-шума, т.к. его спектр переносится с несущей частоты в низкочастотную область, где увеличивается СПМ шума. На рис. 2 приведен пример сигнала с модуляцией QAM-16, подвергнувшегося влиянию шума.

Для демонстрации эффекта с помощью Simulink разработана модель приемного устройства, реализующая генерацию сигнала на несущей частоте, перенос на промежуточную, добавление фликкер-шума и демодуляцию. Путем сравнения исходного и принятого сообщения производится подсчет вероятности битовой ошибки. По результатам строится график (рис.1), на котором видно, что чем ниже частота сигнала, тем сильнее воздействие шума.

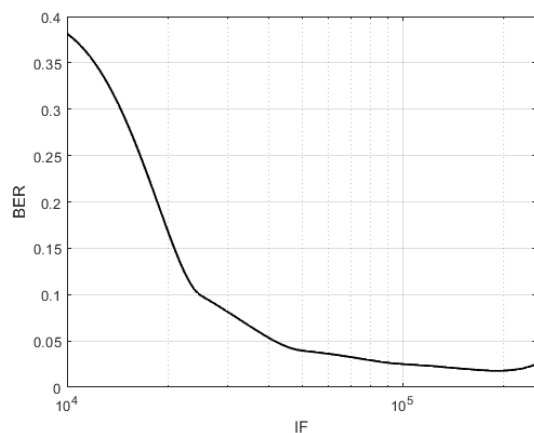


Рисунок 1 – результат моделирования

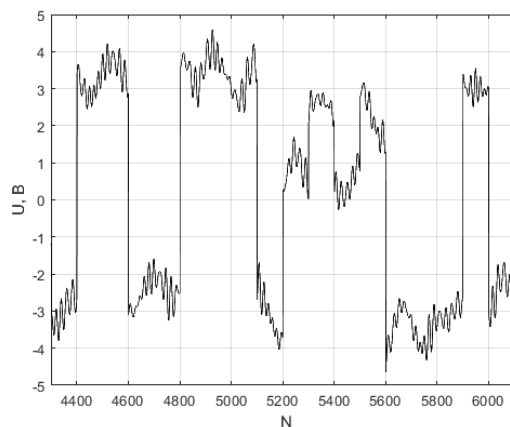


Рисунок 2 – зашумленный сигнал

Разработанная модель качественная и не дает точных числовых значений, а служит для демонстрации воздействия шума на сигнал. Дальнейшими задачами научной работы будет совершенствование модели, чтобы приблизить ее к реальным условиям, а также поиск способа борьбы с фликкер-шумом.

1. Якимов А.В. Введение в физику шумов: Учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 2016. – 107 с.



# ВЛИЯНИЕ МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗКОПОЛОСНОЙ ПОМЕХИ

К.В. Буй

Научный руководитель – Паршин Ю.Н., д-р техн. наук, профессор

В докладе рассматривается влияние мультипликативных искажений на спектральные характеристики узкополосной помехи. Для пространственно-временной компенсации помех широко применяются алгоритмы с разделением обработки на пространственную и временную. Устройство, реализующее подобный алгоритм, содержит основную антенну, вспомогательную антенную решетку (АР) с дискретным фазовым управлением, частотный режекторный фильтр (ЧРФ) и блок адаптации [1,2]. Применение частотной селекции с помощью ЧРФ открывает принципиальную возможность подавления комплекса помех. Недостатком такого решения является искажение протяженной помехи в АР. Особенно заметен этот недостаток в АР с дискретным фазовым управлением. Рассматривали следующие 4 варианта мультипликативных искажений: гармонические мультипликативные искажения, искажения типа меандр, случайные мультипликативные искажения, искажения при дискретном фазовом управлении [2].

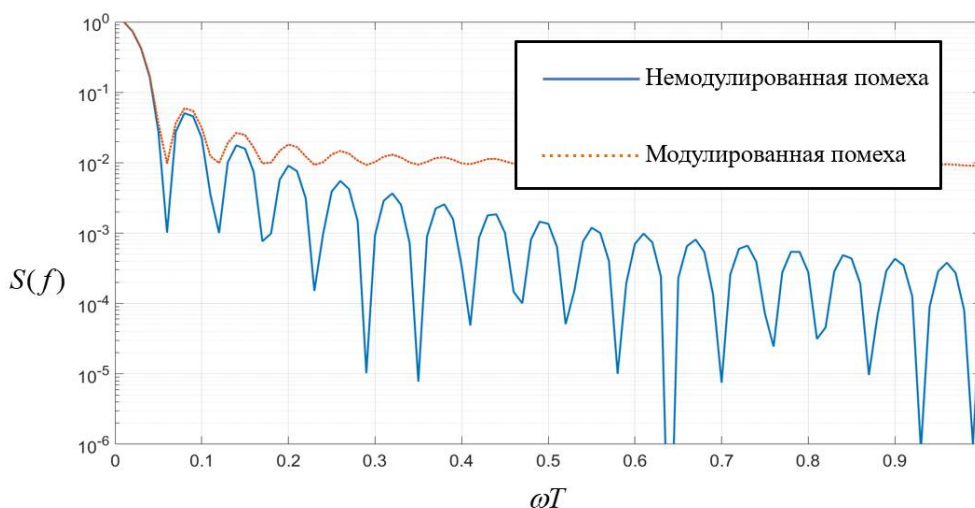


Рисунок 1 – Спектры искаженной и неискаженной узкополосной помехи при дискретном фазовом управлении

В результате спектрального анализа узкополосных помех можно сделать вывод о том, что мультипликативные искажения узкополосных помех расширяют спектр и, соответственно, ухудшает их подавления в ЧРФ. Для уменьшения влияния мультипликативных искажений на обнаружение полезного сигнала, предлагается использовать следующие подходы:

- выбрать частоту сигнала и частоту модуляции так, чтобы его спектр не перекрывался со спектром мультипликативных искажений;
- уменьшать коэффициент модуляции.

### *Библиографический список*

1. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.
2. Паршин, Ю. Н. Пространственно-временная обработка сигналов и компенсация помех : учебное пособие. М.: КУРС, 2021. - 199 с.

## **УСТОЙЧИВОСТЬ АКТИВНЫХ ПРИБОРОВ АВТОГЕНЕРАТОРОВ ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ**

Е.Д. Мелешков

Научный руководитель – Богданов А.С., канд. техн. наук, доцент

Автогенератор – это устройство, которое преобразует энергию источника питания в энергию высоко частотного колебания без внешнего возбуждения. Существуют различные виды автогенераторов и они отличаются:

- типом активного элемента
- видом колебательной системы
- реализации цепи обратной связи
- по типу элементов колебательной цепи – LC, RC-автогенераторы

Серьезной проблемой при проектировании автогенераторов на активных приборах является обеспечение устойчивости транзистора. Неустойчивость может быть вызвана различными факторами: тепловой обратной связью, внутренней обратной связью, паразитные параметры транзистора, нелинейность переходов, отрицательные сопротивления и внешними обратными связями. Из всех перечисленных, можно выделить две основные причины неустойчивости-это внутренняя обратная связь. Вторая причина- это нелинейность емкостей р-п переходов транзисторов. Совместный учет этих двух явлений очень сложен так как механизм их возникновения различен, поэтому принято анализировать данные явления отдельно.

Для предотвращения этих проблем в цепи согласования вводятся дополнительные элементы и применяются специальные приемы, решающие эти недостатки. Как правило используются такие решения как:

- включение нелинейных компонентов, которые, в свою очередь, решают проблемы температурного дрейфа параметров транзистора;
- использование в каскаде обратной связи по току или напряжению, которые возвращают рабочую точку в исходное состояние во время ее смещения.

Так же стоит учитывать вид схем цепей согласования (Г-, Т-, П-звенья) и их конкретный вид (ФНЧ, ФВЧ).

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АКТИВНЫХ АМПЛИТУДНЫХ ДЕТЕКТОРОВ С ПОВЫШЕННОЙ ЛИНЕЙНОСТЬЮ

И.А. Поспелов

Научный руководитель – Васильев Е.В., канд. техн. наук, доцент

Проблемами диодных детекторов занимаются уже очень давно и предложено множество различных схем, но даже по сей день остаются актуальные вопросы и большое количество нерешенных задач, основными из которых являются:

- повышение термостабильности;
- уменьшение инерционности с одновременным снижением размаха пульсаций выходного напряжения;
- увеличение динамического диапазона, в котором детекторная характеристика системы достаточно линейна.

При помощи имитационного моделирования была разработана и исследована схема амплитудного детектора (АД) на активных элементах.

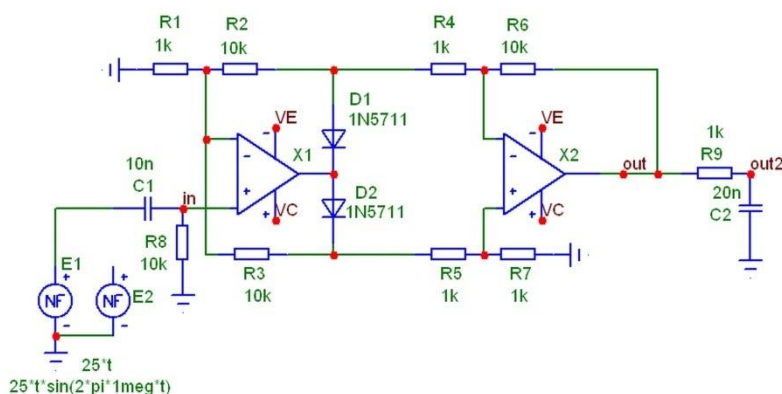


Рисунок 1 – Схема активного амплитудного детектора на операционных усилителях

Данная схема обладает рядом существенных недостатков, таких как:

- повышенные пульсации;
- малое быстродействие;
- низкая термостабильность;
- нелинейность детекторной характеристики.

Но также стоит отметить и ее 2 основных достоинства:

- возможность регулировки инерционности, которая производится RC-цепью, так называемым сглаживающим фильтром R9, C2, на выходе схемы;
- высокая чувствительность, то есть работоспособность системы при малых входных амплитудах напряжения (единицах мВ).

Предполагается оптимизировать данную схему и добиться наилучших параметров и характеристик, которые приведут к желаемому результату, а именно значительно пониженной инерционности, малым пульсациям, хорошей термостабильности и большому динамическому диапазону.

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В СЕТЯХ 5G

В.С. Чернов

Научный руководитель – Ксендзов А.В., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время мобильная связь играет большую роль в нашей жизни. Требования к системам беспроводной передачи информации постоянно растут. Для соответствия этим современным требованиям необходимо всесторонне улучшать стандарты связи.

Существует множество методов повышения пропускной способности беспроводных сетей. В новом стандарте 5G New Radio используются:

### 1. Massive MIMO.

MIMO - (Multiple Input Multiple Output) - это система, в которой используются несколько антенн как на приемной, так и на передающей стороне. Основная идея Massive MIMO заключается в использовании больших (128, 256 или более антенных элементов) цифровых антенных решеток на базовых станциях для одновременного обслуживания нескольких пользовательских терминалов.

### 2. 1024-QAM.

QAM - (Quadrature Amplitude Modulation) – квадратурная модуляция в которой сигнал есть сумма двух синусоидальные волны, одна из которых на 90 градусов (на четверть вне фазы) сдвинута по фазе относительно другой, а результирующий выходной сигнал состоит из амплитудных и фазовых колебаний. В 1024 позиционной QAM одним символом могут быть переданы 10 бит, а не 8, как в 256-QAM, которая используется в LTE. В реальных условиях использование 1024-QAM позволяет примерно на 25% увеличить пропускную способность сети.

### 3. Диапазоны частот.

В стандарте 5G NR выделяется два диапазона частот Sub-6GHz (ниже 6 ГГц) и mmWave (диапазон миллиметровых волн – 24-100 ГГц), каждый из которых обладает своей областью применения. Диапазон Sub-6GHz используется в пригородах и сельской местности, когда необходимо обеспечить покрытие достаточно широкого диапазона при минимизации числа базовых станций. Диапазон mmWave, ввиду высокого затухания сигнала с ростом расстояния, напротив, внедряется в крупных городах. Проекты 5G mmWave требуют массивных антенных решеток MIMO с сотней антенных элементов на базовых станциях (eNodeB). Поскольку площадь антенной решетки уменьшается пропорционально длине волны, антенная решетка для частот миллиметровых волн может быть в 100 раз меньше, чем антенная решетка для микроволновых частот.

### 4. Методы кодирования.

Использование LDPC – (Low-density parity-check code) – кода с малой плотностью проверок на чётность - для данных и полярных кодов для управляющей информации позволит эффективней корректировать ошибки и повысить скорости передачи данных.

Помимо новых технологий, используемых в стандарте 5G NR, также важно правильно подбирать несущую частоту, оптимально располагать антенны в пространстве и использовать весовую обработку принятых сигналов.

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

М.С. Кононенко

Научный руководитель – Васильев Е.В., канд. техн. наук, доцент

Уместно было бы найти такую структуру усилителя, которая обеспечивает выполнение ряда предъявляемых к нему требований, то есть высокий коэффициент усиления по мощности, высокая устойчивость, высокий коэффициент полезного действия и отсутствие большого количества каскадов.

Каскодные усилители – усилители, в которых роль активного элемента выполняют два транзистора, обладают рядом преимуществ [1]. Они обладают малой входной и проходной емкостью, хорошими частотными свойствами, могут работать на высоких частотах и повышенной устойчивостью.

В докладе рассматривается однотактная схема каскодного усилителя мощности на двух транзисторах – биполярном и полевом. Нагрузкой данного усилителя служит несимметричная низкоомная антенна 75 Ом.

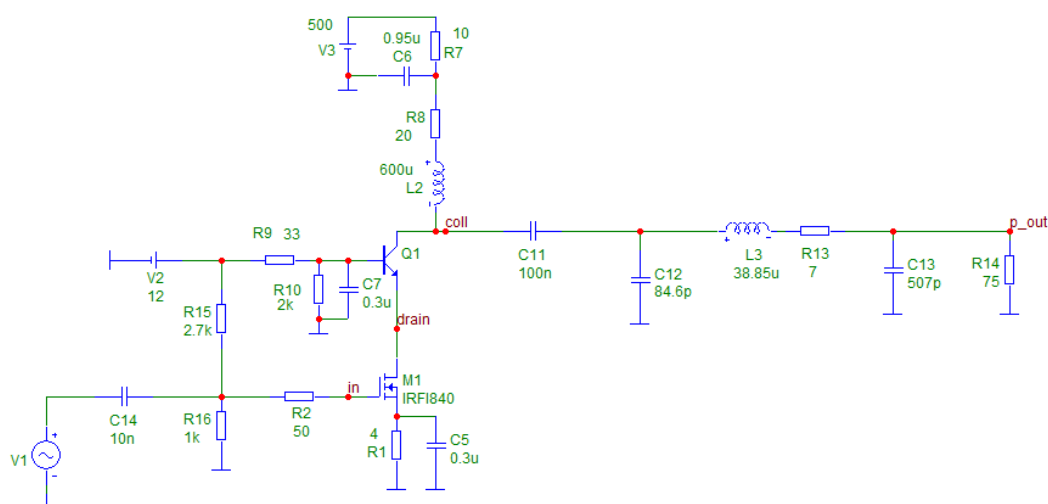


Схема исследуемого каскодного усилителя

Напряжение питания данной схемы составляет 500 В. Схема питания параллельная. Входной транзистор М1 включен по схеме с общим эмиттером, транзистор Q1 - по схеме с общей базой. Полевой транзистор усиливает ток, биполярный транзистор усиливает напряжение. За счет этого коэффициент усиления по мощности может достигать десятков тысяч даже на высоких частотах. Биполярный транзистор выбран высоковольтным, чтобы данная схема могла работать с высоким напряжением, достигающим единиц кВ.

Итогом исследования схемы оказалась выходная мощность 13,7 Вт, входная мощность 685 мкВт, таким образом, коэффициент усиления данной схемы составил 20000, КПД равен 67%.

1. Войшвилло Г.В., Усилительные устройства: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Радио и связь. 1983. – 264 с.

## ММО МОДЕМ ПЕРЕДАЧИ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Д.О. Селиванов

Научный руководитель – Паршин Ю.Н., д-р техн. наук, профессор

В докладе рассматривалась зависимость пропускной способности ММО-радиомодема от расстояния между антеннами, а также производился анализ характеристик существующих на рынке радиомодемов передачи навигационной информации.

Пропускная способность ММО-системы передачи информации определяется величиной канальных коэффициентов, совокупность которых образует канальную матрицу  $H$ . Канальная матрица находится следующим образом:

$$H = \sqrt{\frac{1}{K+1}} \cdot H_{DIF} + \sqrt{\frac{K}{K+1}} \cdot H_{LOS}, \quad (1)$$

где  $H_{DIF}$  – составляющая канальной матрицы для рассеянных радиоволн, являющаяся случайной величиной;  $H_{LOS}$  – составляющая канальной матрицы для распространения радиоволн прямым лучом, зависит от расстояния между антеннами;  $K$  – фактор Райса, определяющий отношение мощности составляющей прямого луча к мощности составляющей рассеянных лучей. Пропускная способность ММО канала при заданной канальной матрице равна:

$$C = \log_2 \det \left( I_{N_{RX}} + \frac{q}{N_{TX}} \cdot H \cdot H^H \right), \quad (2)$$

где  $I_{N_{RX}}$  – единичная матрица размером  $N_{RX} \times N_{RX}$ ;  $q$  – отношение сигнал/шум. [1]

В ходе исследования был построен график зависимости усредненной пропускной способности от расстояния между антеннами, по которому видно, что при увеличении расстояния между антеннами график зависимости средней пропускной способности от расстояния между антеннами имеет немонотонный характер. Однако имеется тенденция на увеличение пропускной способности с увеличением расстояния между антеннами (рис.1).

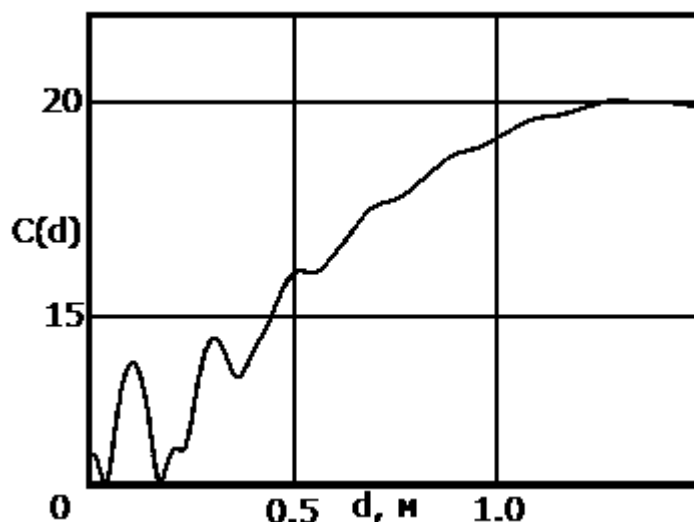


Рисунок 1 – Зависимость пропускной способности от расстояния между антеннами

В ходе анализа характеристик уже существующих радиомодемов было выявлено, что на рынке нет радиомодемов с технологией пространственного кодирования и декодирования MIMO. Однако был найден радиомодем SATEL SATELLINE 3ASd EPIC, который обладает разнесенным приемом, что позволяет увеличить дальность связи за счет автоматического выбора наилучшего сигнала от двух независимых приемников, чтобы получить большее усиление при приеме [2]. Отсюда можно сделать вывод, что дальнейшая разработка радиомодемов с технологией MIMO является перспективной, поскольку ее применение позволит дальше улучшать характеристики канала связи.

#### *Библиографический список*

1. Пространственно-временная обработка сигналов и компенсация помех: учебное пособие/ Паршин Ю.Н. – М.:КУРС, 2021 г. – 200с.
2. Радиомодем SATELLINE 3ASd Epic [Интернет ресурс]// Радиомодем – URL: [http://www.radio-modem.ru/radiomodem/satellite/satellite-3asd\\_epic.htm](http://www.radio-modem.ru/radiomodem/satellite/satellite-3asd_epic.htm)

## **СТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ АВТОГЕНЕРАТОРОВ НА СЛОЖНЫХ АКТИВНЫХ ПРИБОРАХ**

Д.В. Карцев

Научный руководитель – Богданов А.С., канд. техн. наук, доцент

Автогенератор – нелинейное устройство, преобразующее энергию источника постоянного тока в энергию высокочастотных колебаний. Колебательная система АГ может иметь один или несколько высокодобротных контуров.

Одним из основных параметров АГ является величина нестабильности частоты его колебаний. Стабильность частоты генерируемых колебаний зависит от воздействия дестабилизирующих факторов, которые и влияют на колебательную систему автогенератора. Такими дестабилизирующими факторами являются: температура, давление, влажность, вибрация, изменение фазового набег в кольце положительной обратной связи.

Рассматривая изменение фазового набег в цепи положительной обратной связи рассмотрим уравнение частоты генерации.

$$f_r = f_0 + \left(\frac{f_0}{Q}\right) \times \tan(\varphi_s + \varphi_k) \quad (1)$$

Из него видно, что нестабильности фазового сдвига изменяют отклонение частоты генерации от резонансной частоты контура и эти изменения тем значительнее, чем ниже добротность контура.

В настоящее время наиболее распространенным методом стабилизации частоты автоколебаний является использование кварцевых резонаторов, сочетающих в себе существенно лучшую эталонность с огромной по сравнению с ZC-контуром добротностью.

Однако использование кварцевых резонаторов возможно только в малоомощных автогенераторах, так как их рассеиваемая мощность не превышает 2 мВт.

Для стабилизации частоты в мощных автогенераторах на сложных активных приборах необходимо использовать гибридный составной транзистор. ГСТ проявляет свойства, присущие системе автоматической стабилизации амплитуды автоколебаний за счет связи транзисторов через общую нагрузку. Стабилизация амплитуды автоколебаний безусловно повышает стабильность частоты АГ, поскольку уменьшаются вариации модулей и фаз проводимостей активного прибора АГ, который в случае мощного АГ работает в нелинейном режиме.

В низкочастотных ГСТ, за счет различных температурных градиентов токов стока и коллектора достигается высокая температурная стабильность режима ГСТ. На низких частотах часть постоянного тока транзистора VT1 поступает в цепь базы транзистора VT2, устанавливая его режим.

Другим способом добиться стабильности частоты в мощных автогенераторах на составных активных приборах является использование резонаторов на поверхностных акустических волнах.

Элемент на ПАВ допускает работу с большими уровнями рассеиваемой мощности, чем кварцевый резонатор. Планарная структура подложки устройства на ПАВ дает возможность осуществить хороший тепловой контакт с корпусом для отвода тепла.

## **ИСТОЧНИКИ ПОМЕХ В ЦИФРОВЫХ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

М.Н. Сунцов

В период бурного развития радиоэлектроники и появления ряда радио служб, возможность появления помех при приеме радиосигнала является важной проблемой радиотехники, поэтому тему можно считать актуальной.

В работе рассматривается ряд источников помех в цифровых радиоприемных устройствах такие как:

- собственные шумы
- нелинейные искажения
- тепловые шумы
- шумы аналогово цифрового преобразователя(АЦП)
- ошибка цифровых фильтров.

В связи с применением усилительных устройств: транзисторов с нелинейными характеристиками (полевые и биполярные), в радиоприемниках возникают нелинейные искажения. Основной причиной их возникновения является уровень сигнала и влияние помех, вызванных внешними и внутренними помехами

В зависимости от типа нелинейных эффектов различают:

- гармонические, выражающиеся в появлении кратных гармонических составляющих входного воздействия, попадающих в полосу пропускания радиоприемника;



- искажения закона модуляции полезного сигнала;
- перекрестные, выражающиеся в модуляции полезного сигнала составляющими модуляции помехи;
- интермодуляционные, выраженные как взаимодействие двух и более сигналов в нелинейном тракте радиоприемника, и приводящих к появлению в полосе пропускания новой спектральной составляющей, частота которой равна сумме или разности частот входных сигналов или его гармоник;
- вида сжатия амплитуды полезного сигнала, выражающийся в непропорциональном изменении амплитуды сигнала на выходе тракта по отношению к его входу;
- вида блокирования, представляющие собой изменение коэффициента передачи полезного сигнала на тракте под действием помех;
- вида ухудшения различимости полезного сигнала на фоне помехи, отношение сигнал/шум, выражающегося в уменьшение сигнала под действием помех и повышение уровня помех на выходе радиоприемника [1].

Когда гармонический сигнал поступает на вход нелинейного устройства, передаточная функция которого моделируется кубическим полиномом, выходной сигнал представляет собой сумму гармонических колебаний с частотами, кратными основной частоте. Следовательно, количество гармоник определяется максимальной степенью члена полинома. Рассматриваемый на выходе сигнал состоит из трех гармоник: основной, двойной и тройной. Кроме того, мощность гармонических искажений на 3-кратной частоте увеличивается в 3 раза быстрее, чем мощность гармоник на основной частоте.

Еще более неприятный результат нелинейности — появление комбинационных частот. Они возникают, когда на вход нелинейной системы подается более одного синусоидального колебания. Тогда на выходе, кроме гармоник, возникающих от всех прошедших колебаний, появляются объединенные частоты, равные сумме и разности всех частот, близких друг к другу [2].

Тепловой шум создается флуктуациями носителей в цепях, имеющих омическое сопротивление при температуре отличной от нуля. Известно, что любой резистор является источником теплового шума, который на согласованной с ним нагрузке выделяет мощность

$$P_{\text{ш}} = k\Delta f T_0,$$

где  $k = 1.38 * 10^{-23}$  Дж \* К<sup>-1</sup> — постоянная Больцмана;  $\Delta f$  — полоса пропускания приемника;  $T_0$  — абсолютная температура резистора [3].

Еще одним источником шума является АЦП, производящий тепловой шум и шумы квантования.

Квантование дискретных отсчетов радиосигнала приводит к появлению ошибки, называемой шумом квантования и равной разности между входным аналоговым радиосигналом и выходным квантованным сигналом. Однако, в отличие от теплового шума, ошибка квантования в общем случае коррелирована с радиосигналом. Квантование дискретных отсчетов радиосигнала может производиться путем округления — замены аналогового значения ближайшим уровнем квантования или путем усечения — ближайшим меньшим уровнем квантования [3].

В цифровых радиоприемных устройствах(РПУ) цифровые фильтры выполняют те же функции, что и аналоговые фильтры в аналоговых РПУ, и представляют собой устройства, которые преобразуют поступившую на вход последовательность чисел в другую, выходную последовательность, связанную со входной последовательностью определенной функциональной зависимостью.

Цифровые фильтры состоят из умножителей, каждый из которых является источником шума. Битовая длина произведения двух  $b$ -битных чисел вдвое больше битовой длины  $2b$ , поэтому его ограничивают исходными  $b$  разрядами для использования результата произведения в последующих вычислениях. Это приводит к ошибке округлениях[4].

Характеристикой собственных шумов для каждого элемента радиоприемника, а также для всего радиоприемного каскада, является коэффициент шума  $NF$ , определяемый отношением сигнал-шум на входе  $SNR_{вх}$  к отношению сигнал-шум на выходе  $SNR_{вых}$

$$NF = \frac{SNR_{вх}}{SNR_{вых}} = \frac{P_{с,вх}/P_{ш,вх}}{P_{с,вых}/P_{ш,вых}}$$

При отсутствии внутреннего шума отношение сигнал-шум на выходе и входе равны. Коэффициент шума приемника  $NF_{пр}$  через коэффициенты шумы его отдельных каскадов  $NF_i$  вычисляется по формуле Фрииса.

$$NF_{пр} = 1 + (NF_1 - 1) + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots,$$

где  $G_i$  – коэффициент усиления по мощности каждого каскада.

В заключении можно сделать вывод что каждый источник шумов вносит вклад в общий коэффициент шума, поэтому при проектировании цифровых радиоприемных устройств стоит учитывать каждый из источников.

#### *Библиографический список*

1. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие/ В.П. Пушкарев —Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 201 с.
2. Радиоприемные устройства: учебное пособие / В.Т. Еременко [и др.] – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2018. – 160 с
3. Введение в теорию и проектирование цифровых радиоприемных устройств: учебное пособие / С.И.Гусев, Ю.Н.Паршин; под ред. Ю.Н.Паршина; Рязан. гос. радиотехн. ун-т.- Рязань: РГРТУ, 2007.- 48 с.
4. Дворников С. В. Устройства приема и обработки сигналов : учебник / С. В. Дворников, А. Ф. Крячко, С. В. Мичурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 512с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

В.А. Телешинин

Научный руководитель – Паршин А.Ю., к.т.н., доцент

В докладе рассматриваются модели для анализа фазового шума, и на их основе построена зависимость уровня фазового шума от несущей частоты.

Рассмотрим некоторые модели для анализа фазового шума:

1. Линейная стационарная модель

Спектральная плотность мощности (СПМ) фазового шума имеет вид [2]:

$$L(\Delta\omega) = 10 \log \left\{ \frac{2FkT}{P_{sig}} \left[ 1 + \left( \frac{\omega_0}{2Q\Delta\omega} \right)^2 \right] \left( 1 + \frac{\Delta\omega_{1/f^2}}{|\Delta\omega|} \right) \right\}, \quad (1)$$

2. Модель на основе теории возмущений

Спектр автогенератора будет иметь следующий вид [2]:

$$L(\Delta\omega) = \sum_i X_i X_i^* \frac{i^2 \omega_0^2 c}{i^4 \omega_0^4 c^2 / 4 + (i\omega_0 + \Delta\omega)^2}, \quad (2)$$

Построим график зависимости уровня шума от несущей частоты для двух вышеприведенных моделей (рис.2). Из полученных зависимостей видно, что при увеличении несущей частоты  $f_0$  уровень фазового шума возле ее гармоники увеличивается.

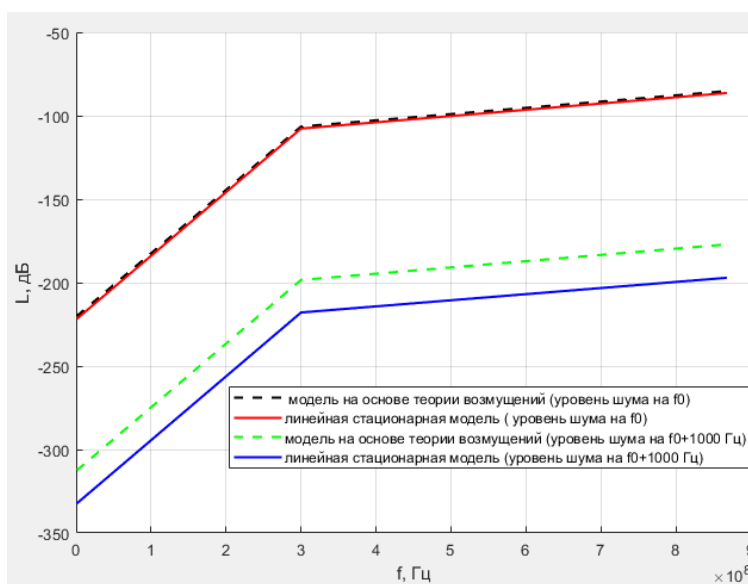


Рисунок 1 — Зависимость уровня шума от несущей частоты

На основе данных моделей в дальнейшей работе планируется смоделировать компенсатор фазового шума.

## Библиографический список

1. Leeson D. A simple model of feedback oscillator noise spectrum // Proc. IEEE. - 1966. - Vol. 54. - PP. 329–330.

2. М.М. Гурарий, М.М.Жаров, С.Л.Ульянов, Вычислительный метод расчета фазового шума в автогенераторах // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем. 2010. С. 96-101.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРАХ

И.А. Данилин

Научный руководитель – Крюков А.Н., канд. техн. наук, доцент

При разработке электрооборудования зачастую возникает необходимость применения источника питания с различными значениями выходного напряжения, в том числе и с отрицательной полярностью. Одним из методов решения данной проблемы является использование схем с накачкой заряда, а именно преобразователей на переключающихся конденсаторах, вырабатывающих необходимые напряжения от одного источника питания. Основными достоинствами вышеупомянутого метода являются:

- отсутствие магнитных элементов, что способствует снижению помех
- высокий коэффициент преобразования
- высокий коэффициент полезного действия [1].

Теоретически такой преобразователь напряжения может достигать 100% КПД, если выполняются следующие условия:

1. Схема драйвера потребляет минимальную мощность.
2. Выходные переключатели имеют чрезвычайно низкое сопротивление в открытом состоянии.
3. Импеданс заряжаемых и разряжаемых конденсаторов на частоте накачки пренебрежимо мал.

Изучение научной литературы по конструированию преобразователей напряжения показало, что данные преобразователи могут применяться практически во всех устройствах, требующих изменения входного напряжения или формирования на выходе сразу нескольких напряжений. [2].

Также особый интерес вызывает оценка габаритов и цены конденсаторного преобразователя напряжения, имеющего заданную мощность. Если удастся сравняться с индуктивными преобразователями, то данный универсальный настраиваемый малогабаритный преобразователь напряжения будет иметь большой рынок сбыта, что повышает актуальность темы.

## *Библиографический список*

1. S. Ben-Yaakov "On the influence of switch resistances on switched capacitor converter losses" IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 59, no.1, 2012, pp.638-640.
2. G. van Steenwijk, K. Hoen, and H. Wallinga, "Analysis and design of a charge pump circuit for high output current applications", in Proc. 19th European Solid-State Circuits Conf. (ESSCIRC) 1993, pp. 118—121.

# СЕКЦИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ОСНОВ РАДИОТЕХНИКИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ 5 ПОКОЛЕНИЯ

В.А. Дойбань

Научный руководитель – А.В. Бакке, канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается структура кадра в системе 5G, которая довольно долго обсуждалась в научных кругах и в консорциуме 3GPP.

Если сравнить LTE и 5G по таким критериям, как ширина спектра поднесущих и длина символа, то можно увидеть существенное различие. Технология пятого поколения поддерживает несколько различных типов расстояния между поднесущими, это – 15, 30, 60, 120 и 240 кГц. В LTE существует только один тип расстояния между поднесущими – 15 кГц.

В системе 5G передача данных в восходящем и нисходящем потоках организована на основе кадров с длительностью 10 мс. Каждый кадр разделяется на десять субкадров с длительностью 1 мс. В свою очередь субкадр состоит из слотов. Количество слотов в субкадре и их длительность зависит от ширины спектра поднесущей. При ширине поднесущей 15 кГц в субкадре будет один слот длительностью 1 мс, при 30 кГц – 2 слота длительностью 0.5 мс, при 60 кГц – 4 слота длительностью 0.25 мс, при 120 кГц – 8 слотов длительностью 0.125 мс и при 240 кГц – 16 слотов длительностью 0.0625 мс. Малая длительность символа важна для одной из основных услуг, предоставляемой системой связи пятого поколения. Это сверхнадежная межмашинная связь с низкой задержкой (URLLC), для которой задержка не должна превышать 0.5 мс.

Но слот не является конечной единицей. Он состоит из 14 (для нормального префикса) или 12 (для расширенного префикса) символов. Эти символы называются OFDM – символами. Распределение между восходящим и нисходящим направлениями передачи определяется на уровне символа. В одном слоте могут быть символы, отвечающие за организацию восходящего (UL), нисходящего (DL) канала, так же возможна гибкая конфигурация (X).

Число OFDM – символов от ширины поднесущей не зависит. Оно зависит от типа циклического префикса. Символ состоит из самого символа и циклического префикса. Префикс добавляется вначале символа. Он служит для защиты от такого явления, как межсимвольная интерференция, которая возникает при многолучевом распространении сигнала.

Циклический префикс (CP) может быть нормальным (Normal), и тогда в один слот помещается 14 символов. Так же циклический префикс может быть расширенным (Extended). В этом случае в слот помещается только 12 символов. Расширенный циклический префикс применяется при большом размере соты [1].

1. 3GPPTS 38.211 version 15.2.0 Release 15. 5G; NR; Physicalchannelsandmodulation.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУБПОЛОСНОЙ OFDM

В.Д. Кузнецова

Научный руководитель – Витязев В.В., д-р техн. наук, профессор

В связи со стремительным ростом спроса на услуги связи и объёмов передаваемого трафика, растёт потребность в частотном ресурсе, что порождает интенсивное развитие технологий передачи данных.

Системы передачи данных в зависимости от используемого ими спектра можно разделить на узкополосные и широкополосные. Первые хоть и более работоспособные, однако, такие показатели, как использование частотного ресурса и скорость передачи данных не всегда отвечают поставленным требованиям. Лучшими показателями обладают системы, использующие широкополосные виды модуляции, - модуляции с сигналами, имеющими широкий шумоподобный спектр частот, который может быть соизмерим с величиной несущей.

К методам модуляции, применяемым в системах широкополосной передачи данных, относятся такие технологии, как DSSS - метод прямой последовательности, FHSS - широкополосная модуляция с дискретной перестройкой несущей частоты, FDM - системы с частотным уплотнением, OFDM - мультиплексирование с ортогональным частотным разделением.

Разновидности и усовершенствования последней получили наибольшее распространение в системах связи, т.к. данная технология обеспечивает значительное увеличение полосы пропускания радиоканала, а также позволяет увеличить скорость передачи без увеличения занимаемой полосы частот или уровня модуляции.

К разновидностям OFDM относят следующие технологии: N-OFDM - неортогональное мультиплексирование с разделением частот; GFDM - мультиплексирование на основе обобщенного частотного разделения; COFDM - разновидность OFDM, которая используется в совокупности с канальным кодированием; SC-FDMA - множественный доступ с частотным разделением каналов с одной несущей частотой и др. [1]. Все они используются в различных областях связи, однако проблемы, связанные с повышением спектральной эффективности, все еще остаются актуальными.

Так, одной из наиболее эффективно использующих частотный ресурс технологий является технология субполосного формирования широкополосного сигнала на основе технологий OFDM и банка фильтров - RB-F-OFDM. К преимуществам данной технологии можно отнести: отсутствие необходимости в синхронизации, обратную совместимость с существующими системами, возможность эффективного использования методов уменьшения пик-фактора, возможность динамически подстраиваться под изменения в канале связи, простое выравнивание каналов, низкое значение внеполосного излучения и др.

Все эти достоинства делают применение данной технологии наиболее перспективным в сфере телекоммуникаций и систем связи.

1. Витязев В.В., Никишкин П.Б. Банки фильтров и OFDM в системах широкополосной передачи данных со многими несущими. // Научно-технический журнал "ЦОС". -2015. - №4. -с.30-34.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЛОКАЛЬНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

П.А. Дудин

Научный руководитель – Бакке А.В., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время системы локализации подвижных объектов формально разделяются на две группы: радиолокационные и радионавигационные. Основное отличие между данными терминами определяется в их назначении: в случае «радиолокации» определение координат осуществляется самой системой, в то время как «радионавигация» подразумевает систему, предназначенную для поддержки объекта в задаче определения собственных координат [1].

Основополагающим в радионавигационной задаче является вычисление координат подвижного объекта самим объектом. Хотя просто измерение радиосигналов не будет являться непосредственно определением координат, но с помощью этих измерений можно вычислить расстояния или направления, которые в свою очередь уже функционально определяют координаты. Процедура перехода от радиоизмерений к координатам формулируется алгоритмом определения координат.

Беспроводная локальная сеть представляет собой распределенную структуру и сведения о взаимном расположении объектов сети являются главным источником информации о координатах. Такими сведениями фактически являются данные о расстояниях между отдельными объектами. Измерение производится объектами сети, а обработка может осуществляться либо на базе вычислительных возможностей сетевых объектов, либо при помощи дополнительной базовой станции с необходимыми вычислительными мощностями. Другими словами, радионавигационные системы в локальных сетях разделяются по способу обработки полученных измерений (рис. 1).

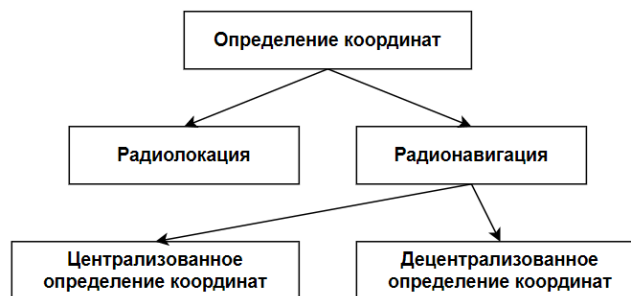


Рисунок 1 – Алгоритмы определения координат

Помимо рассмотренных критериев классификации систем, в теории можно выделить и другие, например, по методу оценивания расстояний между узлами (RSSI, ToA), по наличию в сети опорных узлов (с априори известными координатами), по используемой системе координат (глобальной, локальной).

1. Бакулев П.А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов, 2011. - 272 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МИКРО-ДОПЛЕРОВСКИХ КОМПОНЕНТОВ СПЕКТРА ОТ ПАРАМЕТРОВ ИЗЛУЧАЕМОГО СИГНАЛА

И.А. Новиков

Научный руководитель – Витязев С.В., канд. техн. наук, доцент

Существует большое количество механизмов и устройств, содержащих в себе такой элемент, как «вращающийся вал». Отсюда возникла идея бесконтактного мониторинга вращающихся валов, с целью выявления дефектов в их функционировании.

В данной работе была поставлена цель: исследовать эффективность частотно-временных преобразований в задаче оценки равномерности вращения вала. Использован аудио сигнал, записанный через микрофон. Производилась запись сигналов с двух вращающихся валов. Один из них был исправный, а другой имел дефект при вращении.

Существует большое количество преобразований, но в данной работе, на текущий момент времени, рассмотрены два подхода к частотно-временному разложению сигнала: преобразование Вигнера-Вилля (Wigner Ville Distribution, или WVD) и спектрограммы с использованием кратковременного преобразования Фурье (Short-Time Fourier Transform, или STFT) [1].

На сигнале, записанном от плохого вала, было видно периодические скачки, что говорит о неравномерности работы вала. На исправном вале никаких изменений не наблюдается. В частотной области можно наблюдать выделяющиеся гармоники, которые соответствуют периодическим скачкам [2]. В случае с хорошим валом этих гармоник гораздо меньше. По полученным спектрограммам Фурье трудно судить о качестве сигнала, так как нет каких-либо четко выраженных отличий между ними. При использовании преобразования Вигнера на сигнале хорошего вала можно наблюдать равномерную спектрограмму, соответствующую равномерному звуковому сигналу. На спектрограмме сигнала плохого вала такой равномерности нет, однако есть область с увеличенной амплитудой, которая точно соответствует расположению скачка во временной области.

В дальнейшем планируется осуществить переход к радиолокационным датчикам и исследовать большее количество частотно-временных преобразований.

## *Библиографический список*

1. Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы. 2. Методы анализа и применение // Радиоп физика и радиоастрономия. 2008. Т. 13. № 4. С. 270–322.

2. Сравнение основных частотно-временных преобразований спектрального анализа сигналов акустической эмиссии / И.И. Растегаева, И.А. Растегаев, Э.А. Аглетдинов, Д.Л. Мерсон // Frontier Materials & Technologies. 2022. № 1. с.49-60.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ДОПЛЕРОВСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ СПЕКТРА

В.А. Титкин

Научный руководитель – Витязев С.В., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается применение частотно-временного преобразования Вигнера-Вилля (Wigner Ville Distribution, или WVD) и спектрограммы с использованием кратковременного преобразования Фурье (Short-Time Fourier Transform, или STFT).

STFT, как и ДПФ, является классическим методом анализа сигналов. Основной недостаток STFT – наихудшее время-частотное разрешение среди используемых обычно нелинейных преобразований. Это плата за очень полезное достоинство – отсутствие интерференционных членов. Кроме того, как и у ДПФ, достоинством STFT является наличие большого набора всевозможных оконных функций [1].

При достаточном соотношении частоты дискретизации к ширине анализируемого частотного диапазона результат STFT определяется типом используемой оконной функции, которая позволяет управлять эффектом перетекания энергии в спектральные составляющие основного лепестка (боковые лепестки) [2]. При использовании основных окон: треугольное окно Барлетта, окно Ханнинга, окно Хэмминга, окно Блэкманна, окно Гаусса и окно Блэкманна – Харриса, лучший результат достигается при использовании окна Блэкманна – Харриса [3].

Минимальные доверительные интервалы, а значит, разброс значений имеет преобразование WVD т. е. оно обладает лучшим частотным разрешением. Однако преобразование WVD имеет существенные интерференционные артефакты. Артефакты имеет и STFT но они гораздо меньше по энергетическому уровню относительно частотных составляющих, где происходит главное изменение, поэтому возможно их подавление более простыми средствами.

## *Библиографический список*

1. Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы. 2. Методы анализа и применение // Радиоп физика и радиоастрономия. 2008. Т. 13. № 4. С. 270–322.
2. Меркушева А.В. Классы преобразований нестационарного сигнала в информационно-измерительных системах. II. Время-частотные преобразования // Научное приборостроение. 2002. Т. 12. № 2. С. 59–70.
3. Сравнение основных частотно-временных преобразований спектрального анализа сигналов акустической эмиссии / И.И. Растегаева, И.А. Растегаев, Э.А. Аглетдинов, Д.Л. Мерсон // Frontier Materials & Technologies. 2022. № 1. с.49-60

## **РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО ЭКВАЛАЙЗЕРА ДЛЯ ПРИЕМНИКА СТАНДАРТА DECT**

М.Д. Королев

Научный руководитель – Линович А.Ю., канд. техн. наук, доцент

В системах адаптивной фильтрации широкое применение получила многоскоростная обработка сигналов, которая дает возможность уменьшить вычислительные затраты разрабатываемой системы, а также наиболее эффективно обрабатывать сам сигнал [1].

В современных беспроводных системах связи для борьбы с межсимвольной интерференцией, возникающей в результате отраженных сигналов в канале связи, требуется эквалайзер на основе адаптивного фильтра, применение такого фильтра позволит уменьшить количество ошибок на приемной стороне [2]. В данном докладе рассматривается построение гребенчатого адаптивного фильтра в многоканальных системах подвижной радиосвязи. В [2] рассмотрено множество алгоритмов настройки адаптивных фильтров, в данной работе используется критерий минимума среднеквадратической ошибки (СКО), состоящего из трех шагов: фильтрация; вычисление сигнала ошибки; обновления вектора весовых коэффициентов. Исследование происходило на примере многоканальной системы связи стандарта "DECT", в которой центральные частоты каналов имеют регулярное размещение по оси частот, был разработан передатчик и приемник параметры которых соответствуют стандарту [3], а также использовался многолучевой канал связи на основе КИХ фильтра и было разработано два типа гребенчатых адаптивных фильтров, где фильтр первого типа имеет обучающую последовательность для каждого канала свою, а в фильтре второго типа обучающая последовательность одна для всех каналов, также обучающая последовательность прореживается, что позволяет сэкономить вычислительные затраты. Полученная модель способна работать по 58 каналам, для моделирования выбирался один случайный канал [4]. В результате можно сказать, что гребенчатый адаптивный фильтр первого типа показывает превосходство по скорости настройки, но гребенчатый фильтр второго типа менее чувствителен к воздействию помех, а также он экономичнее по вычислительным затратам.

### *Библиографический список*

1. Витязев В.В, Многоскоростная обработка сигналов: Москва, Горячая линия – Телеком, 2017. - 336 с.
2. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы: М: Техносфера, 2013. - 528с.
3. ETSI EN 300 175-2 V2.7.1 (2017-11) Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part 2: Physical Layer (PHL) [Электронный ресурс]. — Switzerland (Geneva): European Telecommunications Standards Institute (ETSI), 2017. — 64 с. — Режим доступа: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300100\\_300199/30017502/02.07.01\\_60/en\\_30017502v020701p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300100_300199/30017502/02.07.01_60/en_30017502v020701p.pdf). — Дата доступа: 05.02.2022.
4. Линович А.Ю. Алгоритм гребенчатой адаптивной фильтрации / Линович А.Ю., Литвинова В.С., Королев М.Д. // Вестник РГРТУ. 2021. № 77. – С.3-14.



# АЛГОРИТМЫ АДАПТАЦИИ СКОРОСТИ КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ LDPC КОДОВ

А.П. Кондратьев

Научный руководитель – Овинников А.А., канд. техн. наук, доцент

Современные телекоммуникационные системы имеют разные требования к помехоустойчивости [1]. Масштабируемые видео и аудиокоды приводят к получению данных с разными приоритетами, т.е. разные типы данных требуют различного уровня избыточности. Таким образом, в таких системах необходимо применение помехоустойчивых кодов различной длины (скорости кодирования).

Основные способы получения набора совместимых по скорости LDPC кодов (rate-compatible LDPC, RC-LDPC) с различными скоростями кодирования разделяются на группы:

1. Процедура выкалывания.
2. Адаптация с расширением проверочной матрицы.
3. Совместное использование процедуры выкалывания и адаптации с расширением.
4. Отдельные независимые друг от друга проверочные матрицы для каждой скорости кодирования.

Процедура выкалывания подразумевает следующий алгоритм: при кодировании некоторые биты четности не передаются (это «выколотые» биты), а декодер обрабатывает непереданные биты как биты стирания. Поскольку декодер для самой низкой скорости (базовый код) совместим с декодером для других, более высоких скоростей, совместимый по скорости выколотый код не требует дополнительной сложности для адаптации скорости [2].

Адаптация с расширением проверочной матрицы начинается с высокоскоростного кода (дочернего кода), где коды с более низкой скоростью получают путём расширения проверочной матрицы дочернего кода (протографа) [3].

Получение набора LDPC кодов различных длин и скоростей благодаря использованию различных, независимых друг от друга проверочных матриц является самым распространённым, однако самым затратным вариантом. При использовании данного способа та или иная проверочная матрица может быть использована в системе связи в зависимости от помехоустойчивой обстановки и различных требований к уровню избыточности в передаваемых данных.

## *Библиографический список*

1. Declerq D., Fossorier M., Biglieri E. Channel Coding. Theory, Algorithms, and Applications. – Oxford: Academic Press Library in Mobile and Wireless Communications, 2014. – 667 p.
2. Jeongseok Ha, Jaehong Kim, and Steven W. McLaughlin “Rate-Compatible Puncturing of Low-Density Parity-Check Codes” IEEE Trans. on Inform. Theory, vol. 50, no. 11, Nov. 2004.
3. Thuy Van Nguyen, Aria Nosratinia, and Dariush Divsalar, “The Design of Rate-Compatible Protograph LDPC Codes” IEEE

## НАСЫЩЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБКИ LDPC КОДОВ

С.В. Ганин

Научный руководитель – Овинников А.А., канд. техн. наук, доцент

В современных телекоммуникационных системах использование помехоустойчивого кодирования стало повсеместной практикой. Такой вид помехоустойчивого кода как LDPC, получил широкое распространение в таких стандартах как DVB-S2, 802.16e и др. за счёт производительности близкой к пределам Шеннона, а также низкой сложности декодирования.

Однако для LDPC кода характерно наличие так называемых порогов насыщения. Суть этого явления сводится к тому, что кривая производительности LDPC кода разделяется на две области, область водопада, где происходит резкое снижение уровня ошибок, и области насыщения ошибки где кривая производительности имеет тенденцию к сглаживанию.

Явление насыщения ошибки как таковое вызвано наличием в коде так называемого набора ловушек. Набор ловушек  $(a,b)$  [1] может быть определён как набор переменных узлов, которые имеют  $b$  контрольных узлов нечетной степени в индуцированном подграфе. Когда  $a$  и  $b$  малы, ошибки в каждом проверочном узле приводят к ошибкам проверки чётности  $b$ , и это как правило приводит к ситуациям, из которых итеративный декодер не в состоянии выйти.

При борьбе с явлением насыщения ошибки можно выделить 3 подхода. Первый заключается в создании LDPC матриц по принципам, которые позволяют изначально получить код без вредоносных ловушек. Второй подразумевает исследование уже сгенерированной матрицы на предмет наличие в ней наборов ловушек и их нейтрализацию путём замены переменных узлов. Третий гласит, что, зная какие вредоносные ловушки присутствуют в передаваемой матрице, возможно их игнорирование путём использования различных алгоритмов декодирования [2].

Использование различных алгоритмов декодирования и их модификаций не является универсальным решением и показывает кардинально различные результаты производительности для кодов различной длины.

### *Библиографический список*

1. Kyung-Joong Kim, Seho Myung, and Hongsil Jeong "Lowering Error Floors by Removing Dominant Trapping Sets of Low-Density Parity-Check Codes for Broadcasting Systems" IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, 2015. – 3 p.
2. Declercq D., Fossorier M., Biglieri E. Channel Coding. Theory, Algorithms, and Applications. – Oxford: Academic Press Library in Mobile and Wireless Communications, 2014. – 667 p.

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ SOC ZYNQ В ЗАДАЧАХ ЦОС**

Н.С. Виноградов

Научный руководитель – Витязев С.В., канд. техн. наук, доцент

При реализации систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) актуальным является вопрос о высокой пропускной способности систем. По этой причине в составе модемов приемо-передатчиков, обеспечивающих передачу информации на скоростях 1 Гб/с и выше, активно применяются FPGA, на которых реализуются основные блоки ЦОС. Помимо монолитных FPGA, также активно применяются системы на кристалле (SoC), например SoC Zynq, в которой на одном кристалле расположены FPGA и процессоры ARM. Основные модули высокочастотной обработки сигналов реализуются на FPGA, а модули управления с использованием процессорной подсистемы ARM.

Одним из примеров блоков ЦОС является подсистема кодирования/декодирования, при реализации которых на FPGA возникает задача оптимизации ресурсов с целью повышения эффективности работы устройства, снижения его стоимости, расширения функциональных возможностей.

В докладе рассматривается вопрос оптимизации способа хранения кодовых слов LDPC-декодера, позволяющая более экономично расходовать ресурсы FPGA. В качестве примера был рассмотрен LDPC декодер, представленный в статье [1].

Основной проблемой является обращение к массиву, в котором хранится кодовое слово, для чтения и записи блоков кодового слова. Для рассмотренного LDPC-декодера является важным сохранение пропускной способности, поэтому чтение и запись блоков данных должны производиться за 1 такт, что приводит к увеличению числа входных и выходных шин блока хранения кодового слова и одновременно к увеличению затрат ресурсов FPGA.

Предлагается способ оптимизации блока хранения кодового слова путем подстройки данного блока под определенную проверочную матрицу, что позволяет значительно уменьшить затрачиваемые ресурсы FPGA. К минусам относится утрачивание универсальности блока хранения кодового слова. С другой стороны, уменьшение занимаемых ресурсов FPGA позволяет синтезировать несколько LDPC-декодеров с разными проверочными матрицами.

1. R. Goriushkin, P. Nikishkin, E. Likhobabin, V. Vityazev, "FPGA Implementation of LDPC Decoder Architecture for Wireless Communication Standards", 2021 10th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Thessaloniki, Greece, 2021.

## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССОРА ОМАР-L138**

П.В. Катков

Научный руководитель – Лихобабин Е.А., канд. техн. наук, доцент

Целью работы является: запуск примера для проверки работоспособности ядер процессора ОМАР-L138 с использованием IPC.

Решение поставленной задачи осуществлялось в 2 этапа: первый – выполнение простейшего примера «Hello world!» [1] для ознакомления с отладочным модулем; второй – запуск проекта-примера, использующего IPC. В ходе выполнения первого этапа было выполнено подключение к отладочному модулю, а также загружены и запущены исполняемые файлы на ядрах процессора.

В рамках выполнения второго этапа были выполнены работы по получению исполняемых файлов для ядер DSP и ARM, устранению ошибок, а также конфигурированию файлов products.mak. Все перечисленные работы проводились на операционной системе (ОС) Linux.

В качестве примера реализации IPC был выбран проект, использующий MessageQ [2], в рамках которого пользователь создает сообщение для передачи данных, загружает программу на host (ядро ARM). Host отправляет сообщение подчиненному ядру (DSP). Затем подчиненное ядро отправляет сообщение обратно на host. Этот процесс повторяется 14 раз. Затем host отправляет подчиненному ядру сообщение о завершении работы. Подчиненное устройство возвращает сообщение, выключается и повторно инициализируется для будущих запусков.

После устранения всех ошибок, конфигурирования файлов products.mak, подготовки среды к реализации примеров IPC, а также изучения необходимой документации были получены необходимые исполняемые файлы для ядер: server\_dsp.xe674 и app\_host.xa15fg.

Для исполнения проекта необходимо сначала запустить ядро DSP, и только после этого ARM. Результат работы проекта можно наблюдать в служебном окне представления объекта среды выполнения (ROV classic).

### *Библиографический список*

1. «Цифровые сигнальные процессоры», методические указания к выполнению практических работ, Витязев С.В., Рязань 2017.
2. [https://software-dl.ti.com/processor-sdk-rtos/esd/docs/latest/rtos/index\\_Foundational\\_Components.html#ipc-examples](https://software-dl.ti.com/processor-sdk-rtos/esd/docs/latest/rtos/index_Foundational_Components.html#ipc-examples) (Запуск примеров IPC).

## СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

### РАЗРАБОТКА МОДУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ СВЧ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

А.А. Близнюк

Научный руководитель – Горлин О.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривалась проблема, связанная со сложностью перехода на отечественную элементную базу устройств СВЧ диапазона, в конструкции которых используются зарубежные элементы, без потери их характеристик. В данной работе был взят твердотельный СВЧ усилительный модуль импульсного действия мощностью не менее 6 Вт в 3-см диапазоне длин волн на основе полевых транзисторов (рис.1).

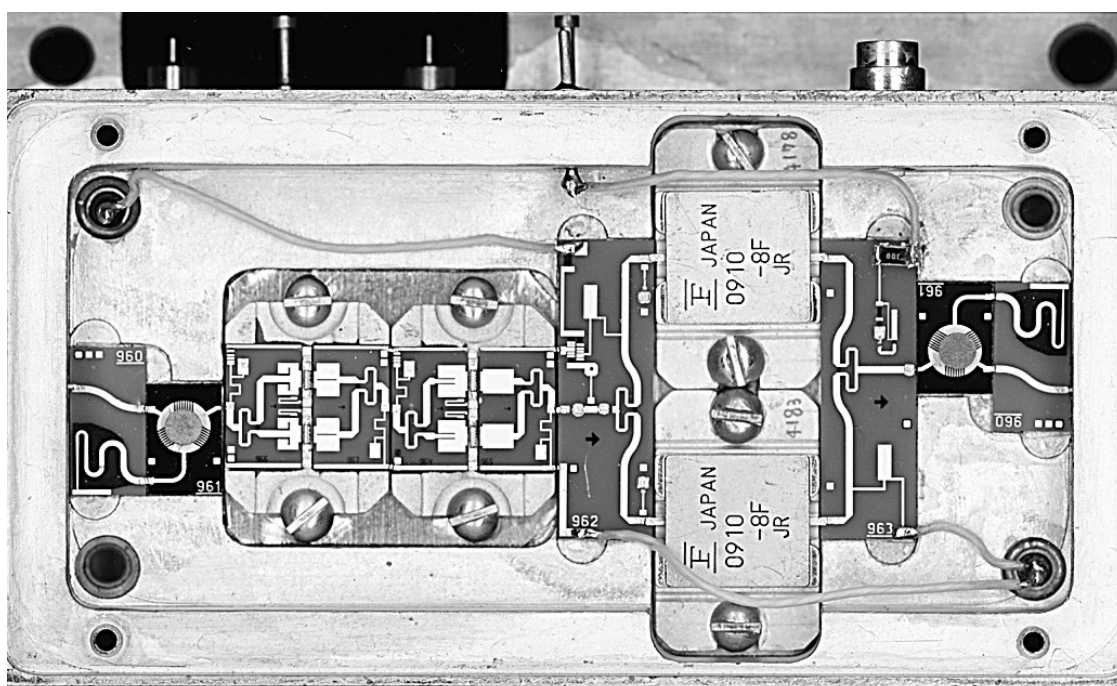


Рис. 1 Конструкция усилительного СВЧ модуля

В его конструкции используется зарубежный полевой транзистор IRLR3103 разработанный в немецкой компании Infineon Technologies. Он имеет следующие характеристики:  $U_{СИ\max}=30$  В,  $I_{С\max}=55$  А,  $R_{СИ\max}=0,019$  Ом. Прямых отечественных аналогов IRLR3103 не имеет и ближайшим по характеристикам является полевой транзистор 2П782Ж1. Он производится АО "Воронежский Завод Полупроводниковых Приборов - Сборка" и имеет следующие характеристики:  $U_{СИ\max}=60$ В,  $I_{С\max}=45$  А,  $R_{СИ\max}=0,028$ Ом. Из примера видно, что при переходе полностью на отечественную элементную базу получить характеристики устройства, которые оно имело при использовании полевого транзистора IRLR3103, не получится. В настоящее время по разработке полевых СВЧ транзисторов в России практически не занимаются, а просто закупаются в других странах, поэтому данная проблема заключается в создании различных устройств с использованием отечественной элементной базы.



## **РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С МАЛОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ**

М.А. Ганьшин

Научный руководитель – Серебряков А.Е., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются существующие проблемы в сфере мониторинга технического состояния и безопасности эксплуатации различных сооружений государственного и промышленного и местного назначения. Система мониторинга определяется измерением значений параметров смещения здания либо инженерного объекта с определенной частотой и последующей передачей данных по проводной линии связи либо беспроводной в централизованную систему обработки параметров без участия человека. Представленная система состоит из малогабаритных модулей с различными датчиками под управлением микроконтроллера, передатчик и специальное программное обеспечение для анализа. Каждый модуль состоит из датчиков определенного типа. Измеряемые параметры: ускорение, вибрация, крен, температура, деформация. В качестве детекторов представленной системы выступают: Тензометрические датчики, акселерометры, инклинометры, датчики температуры.

Существующими проблемами в системах мониторинга смещения сооружений на данный момент являются:

- На данный момент нет возможности использовать данные системы для контроля стратегических объектов как нефтепровод или ЛЭП по причине их удаленности и сложности в электропитании и передачи данных системы мониторинга.
  - Трудности обеспечения проводного цифрового соединения с централизованной базой данных (сервер) вследствие особенностей архитектурного сооружения.
  - Трудности при замене АКБ в беспроводных системах при их установке на высотных конструкциях.
  - Температурное воздействие на микромеханические части датчиков, что приводит к увеличению погрешности отклонения измерений.
  - Отсутствие системы мониторинга с полностью автономным питанием.
  - Отсутствие устройства регистрирующего механические скручивающие деформации в сооружениях.
  - Высокая стоимость обуславливается сложностью технологического процесса производства МЭМС компонентов.
- Проблемы проектирования:
- Выбор типа инерциальных датчиков.
  - Написание программного кода для юстировки, определения нуля и передачи полученных значений
  - Организация беспроводной сети отвечающей параметрам скорости передачи, дальности и емкости.
  - Поиск возможных возобновляемых источников питания для модулей
  - Разработка платформы сбора и анализа всех полученных параметров от модулей системы.

Исходя из уже существующих проблем, необходимо разработать систему мониторинга смещения сооружений отвечающую требованиям: малым электропотреблением, автономным или восполняемым источником питания, беспроводной ячеистой архитектурой передачи данных, достаточной чувствительностью.

#### *Библиографический список*

1. ОАО "Арзамасское научно-производственное предприятие" ТЕМП-АВИА [Электронный ресурс] URL: <http://www.temp-avia.ru> (дата обращения: 10.11.2018).

2. ОАО «Авиаавтоматика» имени В.В. Тарасова. [Электронный ресурс] URL: <http://www.aviaavtomatika.ru> (дата обращения: 11.10.2018).

3. ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rpkb.ru> (дата обращения: 20.10.2018).

### **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ВОЛНОВОГО ТВЁРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА**

М.В. Востриков

Научный руководитель – Мишин В.Ю., канд. техн. наук, доцент

Целью данной работы является обработка данных, регистрируемых с волнового твердотельного гироскопа.

Волновой твердотельный гироскоп - осесимметричное тело, в котором возбуждаются колебания стоячей волны [1]. При вращении датчика с какой-либо угловой скоростью, происходит смещение стоячей волны относительно её исходного положения в неподвижном гироскопе.

В ходе работы была выполнена регистрация сигналов с двух пар электродов, соответствующих пучности и узлу стоячей волны. ВТГ находился на планшайбе одноосного стенда СИО-3Ц. Измерения проводились при различных угловых скоростях вращения.

Для последующей обработки были построены зависимости в координатах напряжение пучности – напряжение узла. Обнаружилось, что данная зависимость описывается кривой второго порядка и напоминает эллипс.

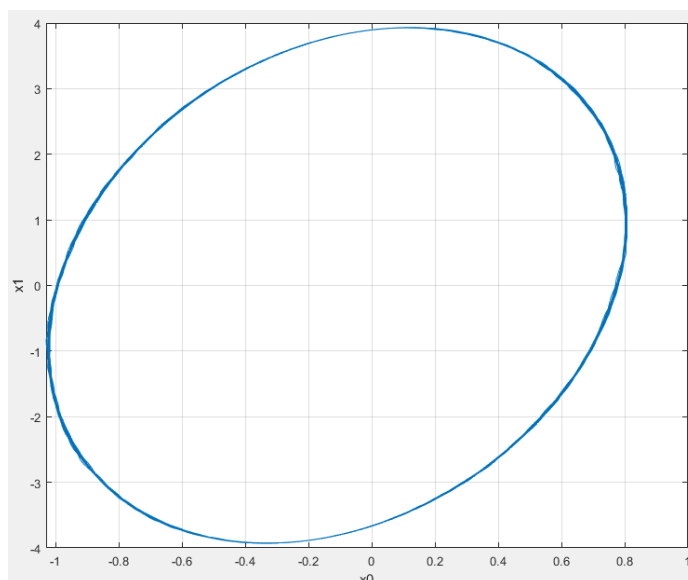


Рис. 1. Пример зависимости «пучность» - «узел»

Для получения информации об угле поворота стоячей волны, была проведена аппроксимация кривой второго порядка:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x \cdot y + C \cdot y^2 + D \cdot x + E \cdot y + F = 0.$$

Угол поворота стоячей волны определяется из коэффициентов эллипса[2]:

$$tg2\alpha = \frac{B}{A - C}.$$

Обработка экспериментальных данных показала, что аппроксимация даёт некорректные результаты.

Таблица 1 – Результаты расчёта

$\Omega$	15 °/с по ч.с.	10°/с по ч.с.	5 °/с по ч.с.	0°/с	5 °/с пр. ч.с.	10°/с пр. ч.с.	15 °/с пр. ч.с.
$\alpha, ^\circ$	-3,4588	6,3165	-10,2424	-3,7784	7,084	-2,8294	3,3551

Полученный некорректный результат может быть связан с: влиянием амплитуды сигнала на результат расчёта угла и влиянием сигнала возбуждения колебаний на измеряемый угол.

В результате выполнения работы была отклонён метод извлечения информации об угле поворота путём аппроксимации данных.

#### Библиографический список

1. Распопов В.Я., Волчихин И.А., Волчихин А.И., Ладонкин А.В., Лихошерст В.В., Матвеев В.В. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором/ под ред. В.Я. Распопова. Тула: Издательство ТулГУ, 2018. – 189 с.
2. Ефимов Н.В. Краткий курс аналитической геометрии. - М.: Наука, 1975. - 272 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛБВ В НЕЛИНЕЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Н.Е. Прокудин

Научный руководитель – Глебова Т.А. канд. физ.-мат. наук, доцент

С возрастанием амплитуды входного сигнала влияние поля бегущей волны на поток электронов становится более значительным, и, начиная с определенного уровня сигнала, переменные величины становятся сравнимыми с постоянными. Образующиеся при этом нелинейные явления могут быть описаны лишь в рамках теории большого сигнала и достаточно громоздки.

Режим полного подавления или постоянного затухания СВЧ сигнала реализуется при определенных, точно конкретных значениях потенциала и тока пучка лампы бегущей волны, которое приобрело в литературе наименование условий срыва Компфнера.

ЛБВ подавитель, который работает в режиме срыва Компфнера, применялся в основном с целью установления сопротивления связи и дисперсии ЗС. Достоинства применения срыва Компфнера с целью определения электродинамических данных ЗС связаны в первую очередь из-за того, что требования бесконечного затухания СВЧ сигнала очень чувствительны к величине потенциала и тока пучка. Небольшое отклонение от их критических значений ( $I_d$  и  $U_d$ ) приводит к возникновению СВЧ сигнала на выходе ЛБВ. Явление бесконечного затухания волны применялось, кроме того, в параметрических устройствах с целью перекачки энергии от структуры к пучку.

В данной работе были получены результаты численного моделирования зависимостей коэффициента передачи ЛБВ подавителя как от уровня мощности, и от частоты входного сигнала. Моделирование велось для значений тока пучка и ускоряющего напряжения, определенных для режима нелинейного срыва Компфнера.

С итогов моделирования следует, что при выбранных значениях напряжения и тока пучка режим практически полного подавления сигнала наблюдается уже в нелинейном режиме, на частоте  $f_{01}=758$  МГц. Здесь полное подавление сигнала совершается только лишь при конкретном значении мощности. Такое селективное по мощности подавление сигнала приводит к тому, что ЛБВ-подавитель функционирует в качестве ограничителя мощности.

Кроме числового моделирования систем пресечения монохроматического сигнала было получено численное моделирование прохождения импульсного сигнала через ЛБВ подавитель. Сдерживание главной части импульса и формирование на его фронте и срезе "всплесков" в виде коротких импульсов огибающей совершается только при переходе в нелинейный режим.

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЧАСТОТНОЙ ПОДСТАВКИ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ИНЕРЦИАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Н.А. Калинин

Научный руководитель – Мишин В.Ю., канд. техн. наук, доцент каф. ЭП

В трудах кафедры ЭП была реализована система прецизионной регистрации перемещений интерференционной картины путем дискретизации и цифровой обработки сигналов лазерного гироскопа.

Целью данной работы является разработка модуля формирования частотной подставки (МФЧП), позволяющего используя лишь данные, получаемые из квадратурных сигналов фотоприемника, осуществлять запуск колебательной системы и выполнять ошумление амплитуды колебаний, в котором в качестве сигнала обратной связи будет выступать напряжение, снимаемое с одной из пьезопластин виброподвеса.

В рамках работы была разработана электрическая принципиальная схема модуля, выполненная полностью на отечественных компонентах, согласно ГОСТ в среде Mentor Graphics.

В соответствии с электрической схемой была разработана печатная плата (ПП), с размещенными на ней электрическими компонентами и трассированными проводниками (рис. 1). По полученным файлам ПП был разработан комплект конструкторской документации, включающей в себя сборочный чертеж на ПП, сборочный чертеж на МФЧП и спецификацию на МФЧП.

Разработан алгоритм управления МК, являющегося центральным вычислительным элементом модуля. По разработанному алгоритму написана программа управления с помощью библиотек SPL для МК на языке СИ в среде Keil uVision.

По результатам выполненной работы проведены: экспериментальная отработка цифровой части разрабатываемого модуля и компьютерное моделирование аналоговой части схемы.

Исходя из полученных в ходе экспериментальной отработки результатов можно сделать вывод о пригодности разработанного модуля в качестве сервисной электроники лазерного гироскопа.



Рисунок 1 – Модуль формирования частотной подставки

# ОПТИЧЕСКАЯ НАКАЧКА МОЛЕКУЛ NH<sub>3</sub> ДЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ CO<sub>2</sub>-ЛАЗЕРА И ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ В ДИАПАЗОНЕ 11 — 13,5 мкм

И.Д. Колядов

Научный руководитель — Козлов Б.А., д-р канд. физ.-мат. наук, профессор

Продемонстрирована успешная работа одной из простейших схем оптической накачки NH<sub>3</sub>-лазера с полной развязкой каналов излучения CO<sub>2</sub>- и NH<sub>3</sub>-лазеров.

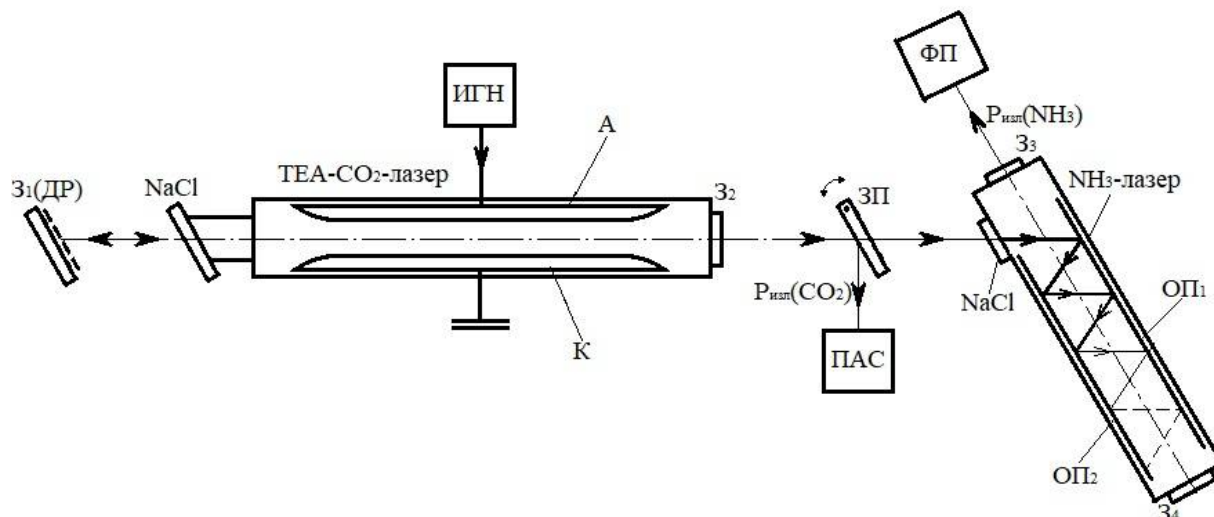


Рис. 1. Оптическая схема накачки NH<sub>3</sub>-лазера

На рисунке 1 резонатор CO<sub>2</sub>-лазера образован дифракционной решёткой Z<sub>1</sub>(ДР) и зеркалом Z<sub>2</sub>, резонатор NH<sub>3</sub>-лазера — зеркалами Z<sub>3</sub> и Z<sub>4</sub>. ИГН — импульсный генератор накачки, ПАС — панорамный анализатор спектра, ФП — ИК-фотоприёмник.

Излучение CO<sub>2</sub>-лазера должно вводиться в кювету с аммиаком под углом в 18 градусов, чтобы обеспечить необходимую пространственную однородность накачки. При ширине кюветы в 2,5 см, протяжённость активной среды NH<sub>3</sub>-лазера должна составлять 15 см, на этом расстоянии интенсивность излучения накачки падает в e раз, и дальнейшее его распространение неэффективно.

Достигнуто максимальное значение энергии излучения NH<sub>3</sub>-лазера в импульсе  $W_{\text{изл}} = 120$  мДж, при энергии накачки (энергии ТЕА-CO<sub>2</sub>-лазера)  $W_{\text{нак}} = 1,7$  Дж.

Достигнут максимальный КПД преобразования излучения CO<sub>2</sub>-лазера на длине волны 9,22 мкм в излучение NH<sub>3</sub>-лазера на длине волны 11 — 13,5 мкм, равный 7%

### Библиографический список

1. Квантовая электроника. Ч.1: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. Б.А. Козлов. – Рязань, 2011. – 96 с.

2. Б. И. Васильев, А. З. Грасюк, С. В. Ефимовский, В. Г. Смирнов, А. Б. Ястребков, Квантовая электроника, 1979, том 6, номер 3, 648–651.

## **КОНТРОЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МПФС ЛБВ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ**

В.А. Шальнев

Научный руководитель – Горлин О.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе предложена идея улучшения контроля магнитной периодической фокусирующей системы (МПФС) по анализу распределения поперечной составляющей магнитного поля ( $B_r$ ) в лампе бегущей волны (ЛБВ) с выходной мощностью до 1 кВт, которая является одним из главных узлов, определяющим выходные и массогабаритные параметры ламп бегущей волны О-типа. МПФС собираются на ЛБВ так, что соседние ячейки имеют противоположное направление поля в зазоре полюсных наконечников. При этом образуется знакопеременное периодическое магнитное поле [1].

Основным и наиболее важным требованием к магнитной периодической фокусирующей системе (МПФС) является минимальный разброс амплитудных значений магнитной индукции и заданное распределение. На данный момент на предприятии НПП «Исток» (г. Фрязино) контроль этих параметров осуществляется с помощью аналоговых самописцев после проведения начального подбора магнитов с дальнейшим анализом полученных данных, которые рассчитываются аналитически. Многократный повтор измерений занимает много времени и очень трудоемкий.

В ходе экспериментов была взята магнитная система с синусоидальным распределением магнитной индукции на 3-ей гармонике.

Для решения данной проблемы предлагается производить анализ данных в цифровом виде с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ). ДПФ позволяет разложить сигнал на синусоидальные составляющие (гармоники) [2].

Для ускорения вычисления используется быстрое преобразование Фурье. По результатам преобразования строится спектральная (амплитудная) характеристика, по которой можно делать вывод о настройке МПФС.

Экспериментальным путём была проверена возможность использования данного метода и определена зависимость амплитуд гармоник от распределения магнитного поля в ячейке. Выявленная зависимость позволит использовать устройства цифровой обработки данных, что ускорит и упростит процесс настройки МПФС.

### *Библиографический список*

1. Гилмор А.С.-мл. / Лампы с бегущей волной. // М.: Техносфера, 2013.
2. Гоноровский И. С. / Радиотехнические цепи и сигналы. // Изд-во М.: Радио и связь, 1986. – с. 21-36.

# **СОЗДАНИЕ КОМПАКТНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ ДО 120 кВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ "ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЕТРА" В ГАЗАХ СВЕРХ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ**

А.В. Цызман

Научный руководитель – Козлов Б.А., д-р техн. наук, профессор

Современные СО<sub>2</sub>-лазеры для снятия ограничений по мощности генерируемого излучения используют поперечную накачку и поперечную прокачку активной газовой среды. Поперечная прокачка газовой смеси помогает отводить теплоту механически, унося разогретую смесь, а не путем передачи на стенки лазера. Такие лазеры способны работать при атмосферном давлении и получили название ТЕА-лазеры (от англ. слов transverse excited at atmospheric pressure).

Дальнейшее повышение рабочего давления газовой смеси вызывает интерес, так как ведет к повышению мощности генерируемого излучения, а также приводит к ударному уширению полосы генерации. Ударное уширение полосы генерируемых частот позволяет создавать лазерные установки с плавной перестройкой излучения по длинам волн. Такие лазеры могут быть использованы для целенаправленного селективного разрушения молекулярных структур вещества по определенным межатомным связям без существенного затрагивания остальных связей, например для очищения бензина.

В ТЕА-лазерах для прокачки газовой среды используются системы с механическими вентиляторами. Такие системы обеспечивают хорошую скорость прокачки активной среды, но обладают существенным недостатком - возможностью загрязнения газовой смеси продуктами газоотделения электродвигателей. Этот недостаток не позволяет использовать механические вентиляторы при создании отпаянных газовых лазеров, так как такая система обладает недостаточной надежностью. Одним из решений этой проблемы является использование эффекта "электрического ветра", который заключается в увлечении молекул газовой смеси направленным потоком ионов, движущихся от коронирующего электрода к некоронирующему. Для создания системы прокачки на основе "электрического ветра" в лазер на место вентилятора вводится система коронирующих электродов, к которым в промежутках между импульсами прикладывается высокое напряжение, зажигающее коронный разряд.

Система прокачки газовой среды с помощью коронного разряда уже применялась в лазерах атмосферного давления. Целью моей настоящей работы является создание компактного источника напряжения до 120 кВ и током 50 мА для изучения эффекта "электрического ветра" в газах сверх атмосферного давления.



# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

И.С. Дюба

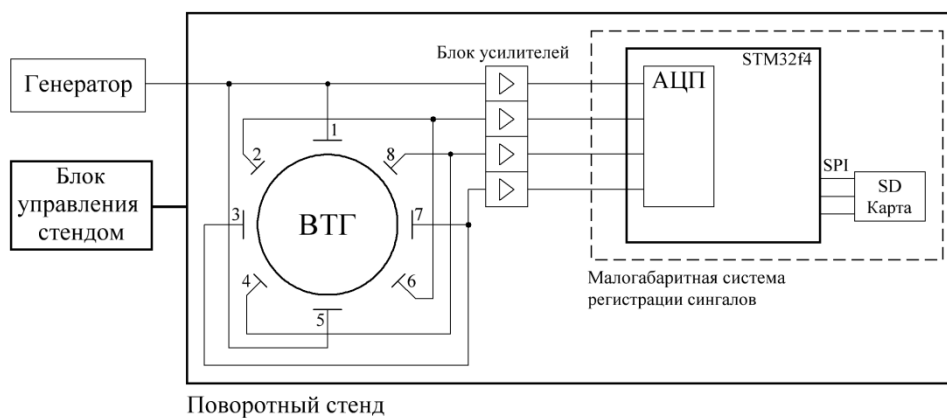
Научный руководитель – Мишин В.Ю., канд. техн. наук, доцент

Развитие бескарданных систем ориентации и навигации подвижных объектов выдвигает перед разработчиками сложные научно-технические задачи по созданию гироскопических приборов, обладающих малыми массой и габаритами, низким энергопотреблением, малым временем готовности, низкой себестоимостью, широким диапазоном измерения при сохранении высокой точности функционирования. Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ) в значительной степени удовлетворяет этим требованиям [1, 2]. В основе работы ВТГ лежит явление инертности упругих волн. Эффект возникает при изгибистых колебаниях тонкого кольца на вращающемся основании.

В работе была выполнена регистрация сигналов ВТГ с металлическим резонатором, при постоянных угловых скоростях вращения датчика. Заданная угловая скорость вращения обеспечивалась с помощью одноосевого испытательного стенда СИО-3Ц.

В записанных сигналах присутствуют сильные искажения, обусловленные наведением помех на провода, передающие аналоговый сигнал.

Для устранения помех в сигнале было предложено реализовать малогабаритную систему регистрации сигналов датчика. Вся схема будет располагаться рядом с датчиком на планшайбе одноосного испытательного стенда.



Экспериментальная установка с малогабаритной системой регистрации сигналов

В дальнейшем, полученные ранее сигналы будут использованы для проверки, разрабатываемой системы регистрации.

## Библиографический список

1. Распопов В.Я., Волчихин И.А. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором. Тула: Издательство ТулГУ. 2018. – 189 с.
2. Лунин Б.С., Матвеев В.А. Волновой твердотельный гироскоп. Теория и технология. Монография. - М.: Радиотехника, 2014. – 176 с.: ил.

## АЛГОРИТМЫ БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.Н. Доронин

Научный руководитель – Серебряков А.Е., канд. техн. наук, доцент

Особый интерес к бесплатформенным навигационным системам связан с развитием главным образом ракетно-космической области. Также БИНС выполняет множество целевых задач в составе мобильных роботов самого разного назначения.

БИНС выполняет 2 задачи: задачу навигации (определение текущих координат местоположения объекта) и задачу ориентации (ориентация оси координат, связанной с ЛА, относительно оси, связанной с географическим трехгранником).

В работе рассматривался вопрос об алгоритмах ориентации БИНС и проблемы их выбора. Основными алгоритмами ориентации БИНС являются алгоритмы с углами Эйлера-Крылова, с направляющими косинусами и параметрами Родрига-Гамильтона (кватернионы).

Алгоритм с углами Эйлера-Крылова основан на решении системы из трех дифференциальных уравнений, в котором в качестве неизвестных выступают как раз углы ориентации (угол рыскания  $\psi$ , угол тангажа  $\theta$  и угол крена  $\gamma$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\psi} = \frac{1}{\cos \theta} [\omega_y^{\text{отн}} \cos \gamma - \omega_z^{\text{отн}} \sin \gamma] \\ \dot{\theta} = \omega_y^{\text{отн}} \sin \gamma + \omega_z^{\text{отн}} \cos \gamma \\ \dot{\gamma} = \omega_x^{\text{отн}} - \text{tg } \theta [\omega_y^{\text{отн}} \cos \gamma - \omega_z^{\text{отн}} \sin \gamma], \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $\omega_x^{\text{отн}}, \omega_y^{\text{отн}}, \omega_z^{\text{отн}}$  - проекции вектора относительной угловой скорости на координатные оси.

Данный метод имеет свои плюсы: кинематические уравнения данного метода имеют невысокий порядок (3-ий) и понятную структуру. Однако, он имеет недостаток: вырождение при угле тангажа  $\theta=90^\circ$ . Для избежания этого недостатка применяется 2-ой метод – алгоритм с направляющими косинусами, который заключается в нахождении матрицы перехода  $C$  из связанной с ЛА системы координат к географической:

$$= \left\| \begin{array}{ccc} \cos \theta \cos \psi & -\cos \gamma \cos \psi \sin \theta + \sin \gamma \sin \psi & \sin \gamma \cos \psi \sin \theta + \cos \gamma \sin \psi \\ \sin \theta & \cos \gamma \cos \theta & -\sin \gamma \cos \theta \\ -\cos \theta \sin \psi & \cos \gamma \sin \psi \sin \theta + \sin \gamma \cos \psi & -\sin \gamma \sin \psi \sin \theta + \cos \gamma \cos \psi \end{array} \right\|, \quad (2)$$

где элементы данной матрицы  $c_{11}, c_{12}, \dots$  находятся путем решения 9 линейных дифференциальных уравнений. Углы ориентации в этом случае находятся из следующих соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi = \text{arctg} \frac{-c_{31}}{c_{11}} \\ \theta = \text{arcsin} c_{21} \\ \gamma = \text{arctg} \frac{-c_{23}}{c_{22}} \end{array} \right. \quad (3)$$

Эффективным средством повышения точности и экономичности алгоритмов БИНС является использование вместо направляющих косинусов параметров Родрига-Гамильтона. Использование этих алгоритмов вместо равноценных по точности алгоритмов, основанных на уравнениях Пуассона, позволяют уменьшить объем вычислений в среднем на 30 %. Суть метода заключается в нахождении углов ориентации через 4 числа  $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ , переходя к гиперкомплексным числам (кватернионам) [1]:

$$\mathbf{\Lambda} = 1\lambda_0 + i\lambda_1 + j\lambda_2 + k\lambda_3 \quad (4)$$

С одной действительной 1 и тремя мнимыми единицами  $i, j, k$ . Искомые углы находятся по следующим формулам:

$$\begin{cases} \psi = \arctg\left(-\frac{2\lambda_1\lambda_3 - 2\lambda_0\lambda_2}{2\lambda_1^2 + 2\lambda_0^2 - 1}\right) \\ \theta = \arcsin(2\lambda_1\lambda_2 + 2\lambda_0\lambda_3) \\ \gamma = \arctg\left(-\frac{2\lambda_2\lambda_3 - 2\lambda_0\lambda_1}{2\lambda_0^2 + 2\lambda_2^2 - 1}\right) \end{cases} \quad (5)$$

Однако, данный метод требует использование чисел, математический аппарат которых до конца ещё не изучен.

Таким образом, для описания взаимного положения сопровождающего и связанного с объектом трехгранников могут быть использованы различные кинематические параметры: углы Эйлера-Крылова, направляющие косинусы, параметры Родрига-Гамильтона и другие. С математической точки зрения, для описания алгоритмов идеальной БИНС все эти параметры приводят к одинаковым результатам. В зависимости от того, какие требования предъявляются к БИНС, может быть выбран один из этих методов.

1. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭОС ПУШКИ ПИРСА**

Т.С. Набатчикова

Научный руководитель – Рыбачек В.П., канд. техн. наук, доцент

Для поиска оптимальной структуры и оптимизации геометрических параметров разрабатываемых приборов исследователи на протяжении нескольких десятилетий используют компьютерное моделирование.

В настоящее время существует достаточно большое количество средств современной компьютерной техники, которые имеют определённые преимущества в отношении скорости, экономичности, а часто, и точности математического моделирования. Наибольший интерес представляет многофункциональная система автоматизированного проектирования (САПР) - Comsol Multiphysics, которая позволяет применять инструменты мультифизического моделирования с использованием удобной единой графической оболочки.

В данной работе описывается алгоритм моделирования электронно-оптической системы пушки Пирса в программе Comsol Multiphysics. Встроенные интерфейсы программы позволяют визуализировать процесс расчёта, и анализировать полученные результаты.

Алгоритм состоит из следующих этапов:

- Создание/импорт геометрии (раздел Geometry);
- Выбор материалов (раздел Materials);
- Определение параметров и граничных условий (раздел Physics);
- Сеточное разбиение (раздел Mesh);
- Исследование (раздел Study);
- Построение графиков (раздел Plot Groups).

В соответствии с вышеописанным алгоритмом была смоделирована электронно-оптическая система пушки Пирса и получены следующие результаты: распределение электрического потенциала, распределение напряжённости электрического поля и др.

В работе уделено внимание решению одной из главных проблем при проектировании электронной пушки, которая заключается в том, что электроны отталкиваются друг от друга и пучок «расплывается» в поперечном направлении.

## СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

### РАЗРАБОТКА АНАЛОГОВОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ЛАБОРАТОРНОГО БЛОКА ПИТАНИЯ ДЛЯ НИЗКОВОЛЬТНОЙ АППАРАТУРЫ

И.А. Быков

Научный руководитель – Круглов С.А., д-р техн. наук, доцент

В исследовательской работе рассматривалась возможность разработки трёхканального линейного источника питания с повышенным КПД [1, 2, 3, 4]. Предполагалось, что при тщательной подборке транзисторов получится улучшить выходные характеристики разрабатываемой радиоэлектронной аппаратуры. При помощи расчётов и моделировании схем в ECAD системах удалось добиться КПД 80% для линии 5 В и 87% для регулируемой линии 24 В. Устранив недочёты в схеме диммера, сигнал его выходного напряжения по форме приблизился к входному, что в следствии увеличило выходную мощность регулятора мощности.

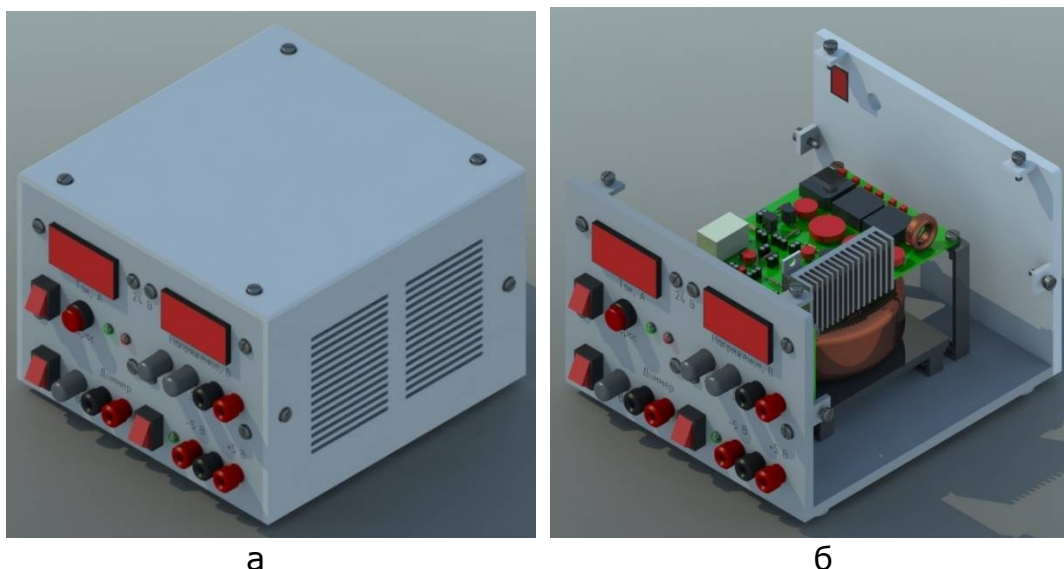


Рисунок - Разработанный лабораторный источник питания: а – корпус блока питания, б – внутренняя компоновка элементов блока питания

#### *Библиографический список*

1. *Ефимов И.П.*, Источники питания РЭА. Ульяновск, 2002.
2. *Гейтенко Е.Н.*, Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёты. Москва, 2008.
3. *Медведев В.А.*, Конструирование и технология производства электронных устройств. Тольятти, 2013.
4. *РД 50-708-97.*, Инструкция. Платы печатные. Требования к конструированию.

# ФОКУСИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА РАДИОЧАСТОТНОГО ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО МАСС-АНАЛИЗАТОРА С ПРОДОЛЬНОМ ДРЕЙФОМ ИОНОВ

Д.И. Кулин

Научный руководитель – Мамонтов Е.В., д-р физ.-мат. наук, профессор

В данной работе представлена конструкция исследуемого радиочастотного время пролетного масс-анализатора с продольным дрейфом ионов (Рисунок) [1, 2].

Приводятся результаты компьютерного моделирования фокусирующие свойства по начальной энергии, начальным координатам и углам, также рассмотрен принцип пространственного временного разделения ионных пакетов вдоль координаты Z анализатора.

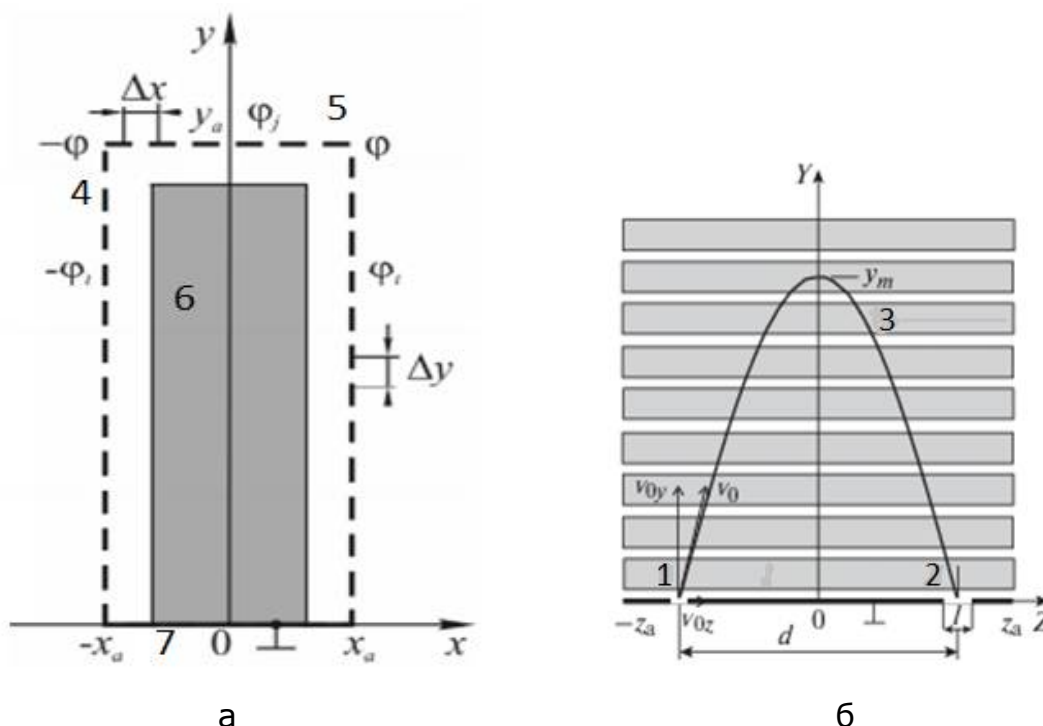


Рисунок - Исследуемая электродная система радиочастотного время-пролетного масс-анализатора с продольным дрейфом ионов: а - в плоскости ХУ, б - в плоскости YZ: 1 - входное окно масс-анализатора, 2 - входное окно вторично электронного умножителя, 3 - траектория движения ионов, 4 и 5 – дискретные электроды, 6 – рабочая область анализатора. 7 – Заземленное основание

### Библиографический список

1. Мамонтов Е.В., Гуров В.С., Журавлёв В.В., Двойнин В.Н., Дягилев А.А., Грачёв Е.Ю., Громова З.Ф. // ПТЭ. 2015. №4. С. 82.
2. Мамонтов Е.В., Громова З.Ф., Двойнин В.Н., Дятлов Р.Н, Шевяков А.Г. // ПТЭ. 2022. №1. С. 64-65.

# **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕТОДОМ ИСТИРАЕМОСТИ**

Г.О. Пархунов

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

В докладе рассматривается ряд проблемных вопросов по проектированию устройства проверки тонкоплёночных покрытий на износостойкость, обуславливается выбор метода проверки истираемости [1, 2, 3].

Описание видов машин трения по двум наиболее распространённым классификациям: первая описывает трение с точки зрения кинематических признаков, вторая, разработанная Л.И. Тушинским и А.В. Плоховым, в ней рассматриваются машины трения по принципу их работы.

Также в работе представлен прототип устройства разработанного в ходе работы.

Представлены результаты проведённых испытаний гальванопокровов типа Co-W и Ni-W, разработанных для производства магнитоуправляемых контактов (геркон). Испытания проводились с двумя типами инденторов: Первый мягкий, сделанный из резины, обёрнутый в батистовую ткань, для имитации работы устройства с большими площадями поверхностного контакта. Второй индентор вольфрамовый, для имитации работы устройства при низких контактных площадях и высокой твердости ответной части.

По результатам проведённого тестирования были выявлены недостатки конструкции. Отсутствие направляющей для индентора, вследствие чего груз отклонялся от вертикального положения, из-за чего сила трения изменялась. Вторым недочётом является отсутствие защитного купола, ввиду попадания пыли и посторонних частиц в сопрягаемые детали, при работе в помещениях с классом чистоты Р 7 и ниже по ГОСТ 50766-95.

В докладе произведён сравнительный анализ покрытий Ni-W и Co-W, по результатам проведённых проверок. Были выявлены следующие различия: Первое в виде разрушения покрытий Co-W преимущественно пластическая деформация, Ni-W разрушается по средствам снятия материала при заданных нагрузках. Также выявлены различия в прочности материалов. Ввиду меньшей пластичности Ni-W выдерживает большие нагрузки, но при этом при разрушении слой материала истощается быстрее.

## *Библиографический список*

1. Композитные покрытия и материалы / Р.С. Сайфуллин. – М.: Химия. 1977. – 272 с.
2. ГОСТ Р 52002-2003. Электротехника. Термины и определения основных понятий [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. - 50с.
3. Испытания металлических покрытий деталей и конструкций нефтегазового оборудования. Часть I. Определение физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств : учебное пособие / И. М. Ковенский, В. В. Поветкин, Н. Л. Венедиктов и др.; под ред. И. М. Ковенского. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – 80 с.

## **РАЗРАБОТКА СХЕМЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ С СУБМИКРОННОЙ ОБЛАСТЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ**

М.В. Блудов

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

Целью выпускной квалификационной работы является расчет характеристик рентгеновской трубки с субмикронной областью излучения с последующей ее разработкой.

Задачи, необходимые для выполнения поставленной цели:

1. Обзор существующей литературы по теме работы;
2. Расчет всех элементов конструкции схемы;
3. Моделирование схемы рентгеновской трубки и анализ ее работы с использованием программ MathCAD, «ФОКУС» и SolidWorks.

Рентгеновская аппаратура занимает особое место среди неразрушающих методов исследований, применяемых для изучения строения вещества, контроля качества изделий, исследования быстропротекающих процессов и решения других научных и технических задач.

В настоящее время актуальной является задача по значительному повышению эффективности исследований путем уменьшения диаметра фокусного пятна до субмикронных значений вплоть до нанометровых. Такие технологии сочетают в себе рентгеновскую трубку и современное программное обеспечение, позволяющее управлять параметрами интенсивности излучения, контрастности, резкости, яркости и даже дозой излучения. Важнейшими отличительными особенностями микрофокусной рентгенографии являются более высокая информативность и качество снимков, пониженная радиационная нагрузка на изучаемый объект и обслуживающий персонал. Также к достоинствам можно отнести малые габариты, вес и низкое энергопотребление используемой аппаратуры.

Моделирование работы схемы рентгеновской трубки включает в себя несколько этапов:

- 1) Расчет катодного узла систем электронной эмиссии и фокусировки;
- 2) Расчет траектории движения заряженных частиц в поле линз;
- 3) По результатам траекторного анализа определение размеров точки фокуса.

В процессе выполнения ВКР, необходимо использовать среду MathCAD, программы «ФОКУС» и SolidWorks.

Среда MathCAD требуется для проведения расчетов. Программа «ФОКУС» необходима для моделирования аксиально-симметричных электронно-оптических систем. Программа состоит из нескольких модулей (графический редактор, модуль вычисления электрического поля, модули траекторного анализа). SolidWorks необходима для построения 3D модели схемы рентгеновской трубки.



## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

А.С. Быков

Научный руководитель – Связов А.А., канд. техн. наук, доцент

Практически в каждой современной установке присутствуют резьбовые соединения, которые отражают качество всего изделия. В связи с распространённостью резьбовых соединений, разрабатываются новые способы их контроля при свинчивании, чтобы при эксплуатации соединение не отвинчивалось. Предлагается способ контроля и сборки резьбовых соединений с помощью ультразвука.

Преимущество ультразвука, воздействующее на соединение, заключается в уменьшении параметров трения и сил на свинчивание.

Для создания такого устройства необходимо рассчитать мощность ультразвукового генератора, который питает преобразователь. Датчик вибраций устанавливается на соединение и принимает ультразвуковые колебания, с помощью которых можно судить о степени затяжки резьбового соединения.

Учитывая длину и диаметр болта можно рассчитать мощность генератора ультразвуковых колебаний по следующим формулам:

$$F_{\max} \div F_{\min} \leq 0.25 \cdot \sqrt{\frac{E_0}{\rho}} \cdot \left( \frac{1.27}{\rho} \pm \frac{1}{L} \right), \quad (1)$$

где  $F_{\max} \div F_{\min}$  диапазон изменений частоты возбуждающих колебаний, кГц;  $E_0$  - модуль упругости материала болта, кгм/м<sup>2</sup>·с<sup>2</sup>;  $\rho$  - плотность материала болта кгм/м<sup>3</sup>;  $L$  - длина болта, мм;

$$U_{\text{возб}} = 0.413 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sigma_{\text{упр}}}{\sqrt[4]{E_0 \cdot \rho}} \cdot \sqrt{\frac{|z|}{\eta}} \cdot d^{1.65}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{возб}}$  - амплитуда возбуждающих колебаний, В;  $\sigma_{\text{упр}}$  - предел упругости материала болта, кгм/м<sup>2</sup>·с<sup>2</sup>;  $|z|$  - модуль сопротивления излучения акустического преобразователя, Ом;  $\eta$  - коэффициент преобразования пьезоэлемента акустического преобразователя, разы;  $d$  - диаметр болта, мм;

$$I = \frac{K_{\Pi} f^2 U^2}{\rho c}, \quad (3)$$

где  $K_{\Pi}$  - коэффициент учитывающий свойства пьезоэлектрического излучателя;  $f$  - частота;  $U$  - амплитуда возбуждающих колебаний;  $\rho c$  - акустическое сопротивление среды

$$P = \frac{IS}{\eta_a}, \quad (4)$$

где  $P$  - мощность, потребляемая излучателем для возбуждения акустических колебаний, Вт;  $I$  - интенсивность УЗ колебаний, Вт/м<sup>2</sup>;  $\eta_a$  - электроакустический КПД.

Исходя из рассчитанных значений, будет разработан регулируемый по мощности генератор ультразвуковых колебаний с преобразователем. Ультразвуковой преобразователь будет располагаться на ключе, который прижимается к головке болта.

# **РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ИЗУЧЕНИЕ ПОРЦИОННОГО СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ С ПОМОЩЬЮ КВАДРУПОЛЬНОГО МАСС-АНАЛИЗАТОРА»**

Н.В. Быков

Научный руководитель – Грачев Е.Ю., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается масс-спектрометрический метод, который лежит в основе газового анализа, проводимого в лабораторной работе. Масс-спектрометрический анализ — это всеобъемлющий измерительный метод, не редко единственный, позволяющий точно контролировать состав вещества в любых фазовых состояниях. Элементы такие как водород, углерод, азот, кислород, сера встречаются во множестве соединений, входящих в состав различных веществ, которые находятся в различных состояниях в том числе и в газе. В связи со значительной подвижностью этих лёгких элементов возникают трудности определения их малых содержаний, неоднородному распределению их в материалах и к большому изотопному фракционированию [1, 2].

В связи с широким распространением данного метода во множестве областей к примеру промышленность, медицина и криминалистика, моя тема является актуальной, так как важно привить будущим специалистам основы метода масс-спектрометрии и интерпретировании результатов эксперимента [3].

Главной целью работы является составление методических указаний к лабораторной работе.

Для достижения поставленной цели работы следует решить следующие задачи:

- изучение основ масс-анализа;
- рассмотрение методов интерпретации спектров масс;
- проведение экспериментального газового анализа на квадрупольном масс-спектрометре.

## *Библиографический список*

1. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии Издание второе, переработанное и дополненное Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 704 с.
2. Физическая энциклопедия / Под ред. А.М. Прохорова. М.: Большая рос. энциклопедия, 1992. Т. 3. – 672 с.
3. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2013. – 632с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АНОДОВ ПРОСТРЕЛЬНОГО ТИПА В МИКРОФОКУСНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБКАХ

М.А. Демидов

Научный руководитель – Грачев Е.Ю., канд. техн. наук, доцент

Основной проблемой в микрофокусной рентгенографии малая мощность излучения и срок службы трубок. Главным ограничивающим фактором является тепловой режим работы прострельного анода [1, 2, 3].

Электроны под действием  $U_{\text{уск}}$  проникают в глубь мишени. Большая часть их кинетической энергии превращается в тепловую. Траектория движения частиц хаотична, в следствии чего их распределение аппроксимируется в виде усеченной сферы. Центр сферы смещен на расстояние  $Z_s$  от поверхности мишени определяемое соотношением  $d_b/\delta_e$ . Для определения  $\delta_e$  используется модель Косслетта-Томаса:

$$\delta_e = \frac{0,074 \cdot U^{1,55}}{\rho}, \quad (1)$$

Толщина мишени  $h$  зависит от глубины проникновения электронов в твердое тело:

$$h = 1,1 \cdot \delta_e. \quad (2)$$

Исследование проводилось в условиях естественной воздушной конвекции на боковых стенках прострельного анода и бериллиевого Ве окна, а также температуры окружающей среды 293,15 К. Замер температуры производился на поверхности  $W$  мишени, в центре фокусного пятна, границе мишень-подложка  $W$ -Ве, а также на границе Ве окна. Влияние геометрических параметров прострельного анода. Увеличение толщины Ве подложки приводит к уменьшению плотности тепловыделения, что в свою очередь ведет к снижению температуры, следовательно, предел подводимой мощности  $P_{\text{max}}$  увеличивается. Влияние параметров теплоотдачи с внешней средой. При малых диаметрах фокусного пятна, порог подводимой мощности к мишени ограничен показателем теплопроводности материала. С увеличением диаметра электронного пучка, влияние теплопроводности материала уменьшается. Наибольший рост подводимой мощности возможен с применением вынужденного воздушного охлаждения. В ходе исследования будут получены оптимальные параметры  $W$ -Ве прострельного анода. Данная информация может оказаться полезной при производстве микрофокусных рентгеновских трубок.

## Библиографический список

1. Козлов Е.А., Трубицын А.А., Фефелов А.А., Грачев Е.Ю, МОДЕЛЬ ОБЪЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА В МИШЕНЯХ МИКРОФОКУСНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБОК ПРОСТРЕЛЬНОГО ТИПА, ФГБОУ ВО «РГРТУ».

2. Ф. А. Лукьянов, Э. И. Рау, Р. А. Сеннов «Глубина пробега первичных электронов, размытие электронного пучка и пространственное разрешение в электронно-зондовых исследованиях» ИЗВЕСТИЯ РАН. Серия физическая, 2009, том 73, № 4, с. 463-472.

3. Aamir Ihsan, Sung Hwan Heo, Sung Oh Cho. Optimization of X-ray target parameters for a high-brightness microfocus X-ray tube. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 264 (2007) 371-377.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛИНЗ

Э.Г. Кочергин

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

Целью научно исследовательской работы является оптимизация параметров электронных линз [1,2].

В докладе рассматриваются основные виды электростатических линз и их основные параметры.

Аксиально-симметричные поля можно называть электронными линзами. Они могут создавать изображения с помощью параксиальных электронных лучей (траекторий).

Электростатические линзы применяются в различных приборах для фокусировки или рассеивания потоков заряженных частиц, т.е., в общем случае, их основное предназначение заключается в управлении движением этих частиц. Линзы в случае электрических полей будут являться комбинациями электродов, обладающими общей осью симметрии. Существует обширное множество различных конструкций ЭОС. Все их принято разделять на типизированные группы.

1) Линзы диафрагмы. Линзами диафрагмами называют линзы, которые образованы металлической диафрагмой, на которую подан потенциал  $U_D$ , и с обеих её сторон расположены однородные электростатические поля с разными значениями градиентов напряженности, создаваемыми токопроводящими пластинами с потенциалами равными  $U_1$  и  $U_2$ . В зависимости от потенциалов электродов  $U_1$  и  $U_2$  такие линзы делятся на собирающие или рассеивающие.

2) Иммерсионные линзы. Это такие линзы, которые состоят из двух диафрагм или коаксиальных цилиндров. Конструкции линз, состоящих из двух коаксиальных цилиндров с потенциалами  $U_1$  и  $U_2$ , создают поля круговой симметрии. Диаметры таких цилиндров могут либо совпадать либо различаться. Оптический эквивалент иммерсионной линзы – это последовательность рассеивающей и собирающей линз. Оптическая сила может быть вычислена как сумма значений двух оптических сил этих линз. Иммерсионные линзы всегда являются собирающими.

3) Одиночные линзы. Одиночными линзами в электронной оптике называются конструкции, состоящие из трех диафрагм или коаксиальных цилиндров. Это линзы, по обе стороны которых присутствуют постоянные и одинаковые потенциалы. Одиночные линзы также всегда являются собирающими. В таких типах линз значения энергий заряженных частиц не изменяются, при формировании изображения.

### *Библиографический список*

1. Шерстнев Л. Г. Электронная оптика и электроннолучевые приборы. учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений М.: Энергия, 1971.
2. Кельман В. М., Явор С. Я. Электронная оптика 3-е изд. – Л., 1968.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФОКУСИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В МИКРОФОКУСНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБКАХ ПРОСТРЕЛЬНОГО ТИПА

И. А. Куланхин

Научный руководитель – Грачев Е.Ю., канд. техн. наук, доцент

В работе представлено программное приложение для расчета параметров магнитных линз электронно-оптической системы рентгеновских трубок. Приводится вид окна программного приложения и основные соотношения, применяемые для расчета.

Одной из задач возникающей при проектировании магнитной фокусирующей системы рентгеновской трубки является расчет параметров соленоида, формирующий магнитное поле. Параметры соленоида определяют рабочие характеристики электронного пучка рентгеновской трубки, а именно диаметр пучка на мишени, и фокусное расстояние магнитной линзы.

Для упрощения решения задачи расчета и автоматизации процесса ввода входных параметров и вывода полученных результатов, а также возможности их визуализации в виде графических зависимостей, сначала была разработана программа в среде *MATLAB*. После чего добавлен пользовательский интерфейс приложения с использованием встроенного GUI модуля в *MATLAB* (Graphical User Interface – средства графического пользовательского интерфейса) [1].

Для работы в программе необходимо ввести исходные данные для расчета основных параметров соленоида. Данные для расчета числа ампер-витков: 1) ускоряющее напряжение рентгеновской трубки  $U_0$  [кВ]; 2) средний радиус катушки  $R_{\text{сред}}$  [мм]; 3) внутренний радиус сердечника  $R_0$  [мм], 4) фокусное расстояние магнитной линзы  $f$  [мм]. Далее вводятся исходные данные по медному проводу: 1) допустимая плотность тока  $J_0$  [А/мм<sup>2</sup>]; 2) диаметр провода по меди  $d_0$  [мм]; 3) диаметр провода по изоляции  $d$  [мм]; 4) удельная масса провода  $m$  [кг/км]. Также для оценки температурного режима работы соленоида задается коэффициент теплоотдачи на поверхности катушки  $\alpha$  [Вт/м<sup>2</sup>К] [2].

В результате выполнения работы создана программа, которая позволяет беспрепятственно производить расчет основных параметров соленоида магнитной фокусирующей системы и исследовать конфигурации параметров соленоида простым вводом и последующей обработкой полученных результатов.

## Библиографический список

1. Ануфриев, И. *MATLAB 7.0* / И. Ануфриев, А. Смирнов, Е. Смирнова. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. – 1104 с. – ISBN 978-5-94157-494-0.
2. Технология обработки материалов. Оборудование электронно-лучевых комплексов: Учебное пособие / А. В. Щербаков, В. Н. Ластовирия, Р. В. Родякина, В. В. Новокрещенов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 183 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-10970-2.

# ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

С. А. Сафронов

Научный руководитель – Климаков В. В., канд. тех. наук, доцент

В докладе рассматриваются некоторые методы измерения коэффициента теплопроводности различных материалов, как с высоким ( $>100$  Вт/(м·К)), так и низким ( $\sim 0.1$  Вт/(м·К)) коэффициентом теплопроводности. Некоторые из перечисленных ниже методов могут применяться для исследования аморфных материалов, что актуально для измерения теплопроводности термоинтерфейсов.

Таблица - Методы измерения теплопроводности

Метод	Направление измерения	Требования к образцу	Достоинства	Недостатки
1. Метод продольного теплового потока	Продольное	Высокотеплопроводный материал	Измерение теплопроводности $>100$ Вт/(м·К)	Сложность минимизации тепловых потерь; жёсткие требования к геометрии образца
2. Метод Егера и Диссельхорста	Продольное	Однородный электропроводящий материал	Простота измерения	Неприменим к диэлектрикам; сложность реализации
3. Метод коаксиальных цилиндров	Поперёк ёмкости	Газ или дегазированная жидкость	Возможность исследования горючих веществ	Требует строгую concentricity цилиндров относительно друг друга
4. Метод нагретой проволоки	Поперёк ёмкости	Газ или дегазированная жидкость	Возможность исследования горючих веществ	Требует строгую concentricity нити и колбы
5. Метод лазерной вспышки	Поперечное	Пластина в виде диска	Быстродействие; диапазон измерения: $0.1 - 2000$ Вт/(м·К); возможность исследования аморфных материалов	Сложность реализации; высокие требования к геометрии образца
6. ASTM D5470	Поперечное	Твёрдые и аморфные материалы с теплопроводностью $0.1 - 20$ Вт/(м·К)	Получение зависимости теплопроводности от давления; возможность исследования аморфных материалов	Необходимость точно знать теплопроводность блоков нагрева и охлаждения

# **ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ ОСНОВАНИЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

А. Н. Чувилин

Научный руководитель – Фёфелов А. А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд методов, позволяющих определить теплофизические характеристики материалов, применяемых при изготовлении оснований печатных плат.

При проектировании печатных плат с элементами, обладающими высоким тепловыделением, необходимо знать теплофизические характеристики материала подложек как при распространении тепловых потоков вдоль платы, так и поперёк. Это связано с наличием анизотропии свойств в некоторых материалах при разных направлениях теплового потока. Примерами таких материалов являются гетинакс, текстолит и стеклотекстолит. У них коэффициенты теплопроводности вдоль и поперёк волокон могут значительно отличаться. Для определения этих характеристик существует несколько различных методов.

1. Определение теплопроводности материала методом плоского слоя.

Данный метод позволяет определить теплопроводность при распространении теплового потока поперёк исследуемого образца. Образец должен быть выполнен в виде диска с диаметром 100 мм. Установка позволяет измерить толщину образца, значение которой необходимо при определении его теплофизических свойств.

2. Определение теплопроводности материала методом плоского слоя с двумя образцами.

С помощью данного метода можно измерить теплопроводность при поперечном распространении тепла. В нем используются два одинаковых образца из одного материала в виде квадратных или круглых пластин, которые располагаются с двух сторон от нагревателя. Такое расположение позволяет уменьшить тепловые потери с нагревателя.

3. Определение теплопроводности материалов методом регулярного режима третьего рода.

Данный метод позволяет измерить теплопроводность образца в виде квадратной или круглой пластины в поперечном направлении. Достоинство данного метода в том, что основной измеряемой величиной является время, методы точного измерения которого давно изучены.

4. Определение теплопроводности методом лазерной вспышки в продольном направлении.

Этот метод относится к группе нестационарных методов. Он подразумевает определение теплопроводности вдоль плоского цилиндрического образца при облучении одной из его сторон коротким лазерным импульсом и фиксацию изменения температуры со временем с противоположной его стороны. Метод требует точного позиционирования образца.

5. Определение теплофизических свойств двухслойных теплоизоляционных материалов с металлическим покрытием.

Метод основан на определении теплофизических свойств вдоль образца при регуляризации теплового процесса не всего тела, а его определённой области. Образец представляет собой двухслойную пластину, верхний слой – металлический, нижний слой – низкотеплопроводный полимер.

## **ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ КОНТАКТОВ ГЕРКОНОВ**

В.А. Шевелёв

Научный руководитель – Суворов Д.В., канд. техн. наук, доцент

Технология, о которой идёт речь в моей дипломной работе является достаточно актуальной. Долгие годы защитные покрытия контактов герконов формировались гальваническим способом [1]. Защитные покрытия выполняют несколько основных функций: защита от коррозии, защита от эрозии, увеличение срока службы герконов, увеличение электропроводимости и, естественно, уменьшение переходного сопротивления. Гальванический метод имеет ряд серьёзных недостатков:

- трудоёмкость, токсичность и нестабильность процесса;
- дороговизна оборудования и электролитов;
- электро – и материалоёмкость.

В связи с этим актуальным является поиск альтернативных технологий нанесения защитных покрытий контактов герконов, позволяющих исключить использование дорогостоящих материалов и снизить себестоимость изготовления герконов. Такая технология была найдена. Ионно – плазменная технология формирования защитных покрытий контактов герконов представляет собой обработку контакт деталей в аномальном тлеющем разряде (АТР). Данная технология может быть реализована внутри каждого геркона на финишной стадии его изготовления. Также данная технология исключает использование дорогостоящих материалов. Покрытия формируются путём азотирования контакт деталей. Сами контакт детали изготовлены из пермаллоя, сплава никеля и железа. За счёт того, что баллон геркона наполнен азотом, под действием АТР, атомы азота бомбардируют контакт детали, результатом этого является то, что в сплаве никель – железо обнаруживается азот, что доказывает образование нитридов, которые и являются защитным покрытием контактов герконов.

Для достижения требуемых результатов, ставятся следующие цели и задачи:

- найти режим, который будет обеспечивать стабильный АТР;
- найти режим обработки, который сможет обеспечить низкое переходное сопротивление;
- разработать устройство, которое позволит обрабатывать одновременно до 100 герконов.

1. Т.А. Ворончев, В.Д. Соболев Физические основы электровакуумной техники. - М.: Высшая школа, 1967. - 352 с.



# **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАГНИТНОЙ ФОКУСИРОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ**

О.А. Петрова

Научный руководитель – Трубицын А. А., д-р физ.-мат. наук, профессор

В докладе рассматриваются основные особенности микрофокусных источников рентгеновского излучения, их технические свойства, а также основные области, в которых они могут быть применимы.

Из всех бессчетных способов неразрушающего контроля материалов и изделий рентгеновский способ играет особую роль в связи с довольно высокой проникающей способностью и большого разрешения[1].

Были описаны уникальность систем некоторых типов микрофокусных рентгеновских трубок (далее будем называть их «МРТ»). Приведены главные узлы конструкции систем[3], а именно:

- катодный узел;
- анодный узел;
- фокусирующая система.

Продемонстрировано воздействие на диапазон излучения рентгеновской трубки материала мишени анода и описана нестандартная система МРТ с жидким анодом и приведены её основные достоинства и уникальность. Детально описанная специфика расчетов систем фокусировки, различные варианты конструкций нынешних рентгеновских трубок, а также данные об применяемых катодах (катод из LaB<sub>6</sub> и вольфрамовый острейный катод) в трубках, дают полную информацию о состоянии фокусировки в рентгеновских трубках на сегодняшний день[2].

Таким образом, можно сказать, что МРТ в настоящее время представляют собой высокотехнологические устройства, с помощью которых появляется возможность проведения исследований для широкого ряда объектов с довольно высоким разрешением. Выявлено ведущее достоинство управления с использованием МРТ, которым считается высокая разрешающая способность.

## *Библиографический список*

1. Микрофокусные рентгеновские трубки [Электронный ресурс] URL: <https://re.eltech.ru/jour/article/download/551/559>
2. Последние достижения в технологии рентгеновского контроля [Электронный ресурс] URL: [https://global-smt.ru/articles/advanced\\_in\\_x-ray\\_technology/](https://global-smt.ru/articles/advanced_in_x-ray_technology/)
3. Микрофокусная рентгеновская трубка [Электронный ресурс] URL: <https://patents.google.com/patent/RU2645749C2/ru>

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

К.О. Сошников

Научный руководитель – Связов А.А., канд. техн. наук, доцент

Рассматривается устройство контроля и регулирования параметров технологического процесса. Разрабатываемое устройство позволит измерять и регулировать давление газа в трубопроводе, а также измерять его температуру. Оно способно передавать данные с датчиков на расстояние до 1200 м в условиях сильных электромагнитных помех без искажения результата.

Устройство будет использоваться в отраслях промышленности, где необходимо осуществлять непрерывный контроль и регулировку параметров технологического процесса, среди них энергетика, газовая промышленность, нефтяная промышленность.

Данное устройство передает данные с датчиков давления и температуры на микроконтроллер по интерфейсу RS-485, микроконтроллер обрабатывает полученные данные и выдает команды регулировки клапаном трубопровода. Показатели давления и температуры выводятся на ЖК-дисплей и передаются по сети Wi-Fi на персональный компьютер.

В результате проделанной работы был произведен обзор датчиков давления, температуры и регулировочных клапанов с выходным интерфейсом RS-485, разработана функциональная схема устройства.



Рисунок - Функциональная схема устройства

Схема состоит из следующих функциональных блоков: микроконтроллер, датчики давления, датчик температуры, регулирующий клапан, приемопередатчик RS-485, ЖК-дисплей, Wi-Fi – модуль для связи с ПК.

Также, исходя из технического задания были выбраны компоненты для принципиальной схемы устройства и реализовано устройство в виде экспериментального макета.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВАКУУМНЫХ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ КОНТАКТОВ**

Т.А. Филькина

Научный руководитель – Иваников А.С., канд. техн. наук, с.н.с., доцент

Отечественный рынок вакуумных магнитоуправляемых контактов стабилен и сформирован потребностью высокотехнологичных отраслей промышленности в малогабаритных, надежных, дешевых коммутационных элементах. Во многих предприятиях таким контактам нет замены.

Актуальность и практическая значимость применения приборов заключается в высокой надежности, простой конструкции, и долговечности. Их устойчивый спрос определен такими техническими характеристиками, как:

- полная гальваническая развязка коммутируемых цепей;
- отсутствие потребления тока в «ждущем» режиме;
- низкое электрическое сопротивление;
- работа в широком интервале температур и в агрессивных средах.

Надежность работы герконов существенно зависит от физических процессов, происходящих в контактной зоне. Этому вопросу уделено особое внимание. Были проведены исследования влияния случайных факторов на надежность герконов. Эксперимент доказал, что если представительная выборка по сопротивлению отвечает критерию Колмогорова, то вся партия герконов будет работать надежно со степенью доверия 0,95.

Цель данной работы - оценка надежности и годности изготовленных приборов по измерениям пробивного напряжения и переходного сопротивления. Исследовалось влияние на электрическую прочность величины межэлектродного зазора и площади перекрытия при неизменных размерах контакт - деталей. Результатом анализа стали зависимости пробивного напряжения и переходного сопротивления.

Также было выяснено, что величина переходного сопротивления зависит от материала, из которого изготовлены герконы, степени обработки поверхностей контактов, силы нажатия контактов, степени окисления, геометрической формы и размеров. Полученные результаты подвергались статистической обработке.

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

А.А. Васильев

Научный руководитель – Иваников А.С., канд. техн. наук, доцент

«Зелёная» энергетика – термин, которым зачастую называют возобновляемые источники энергии. Именно такая энергетика обретает всё большую популярность в электроэнергетической промышленности, играя важную роль в экономическом развитии любой страны. Разработка новых информационных и телекоммуникационных технологий, внедрение инноваций во всех сферах промышленности, технологическая модернизация производства, всё это требует значительных затрат, не только финансовых, но электроэнергетических.

Рост энергопотребления, а соответственно и истощение невозобновляемых источников энергии заставляет нас прибегнуть к использованию альтернативных (возобновляемых) источников. Именно поэтому сейчас большинство стран мира строят свою энергетическую политику, придавая особое значение экологически чистым возобновляемым источникам энергии. Наиболее активно в направлении полного перехода на «альтернативную энергетiku» развиваются страны Запада.

Относительно нашей страны ситуация складывается гораздо хуже. В значительной степени из-за отсутствия господдержки в последние годы в Российской Федерации исследования в направлении «зеленой» энергетики практически не ведутся. Несмотря на это, наше государство всё же имеет определенные достижения в данной сфере, среди таких – наличие геотермальных и ветряных электростанций, развёртывание солнечных станций, развитие приливной энергетики.

Когда обычный человек слышит об «альтернативной энергии» применительно к частным домам, то он сразу же представляет здания, крыши которых покрыты солнечными батареями. Да, это действительно самый распространенный и реальный вариант полного или частичного обеспечения дома электроэнергией, полученной из возобновляемого источника. Однако такой вариант в данном случае не самый лучший из-за ряда фактов. Во-первых, для того, чтобы преобразовать солнечную энергию в электрическую, жильцу дома необходимо будет закупить и установить достаточно большое количество дорогого оборудования, заказав при этом индивидуальный проект альтернативного электроснабжения своего дома. Во-вторых, солнечные батареи не гарантируют стабильное получение необходимого объема электроэнергии, ведь её выработка напрямую зависит от погоды, сезона и региона, в котором расположен дом.

Однако, как известно, не только солнечный свет можно использовать как возобновляемый источник энергии. Существуют такие виды альтернативной энергетики как: ветроэнергетика, биомассовая, волновая, градиент-температурная, приливная, геотермальная энергетика и др.

Таким образом, использование «зелёной» энергетики является очень перспективным направлением в современном мире, ведь в большинстве случаев такая экологически чистая энергетика может заменить традиционные невозобновляемые источники энергии.

## **МЭК 61850. ТИПОВОЙ ОБМЕН ДАННЫМИ**

М.С. Ерузаев

Научный руководитель – Васильева Т.Н., д-р техн. наук, профессор

МЭК 61850 – международный стандарт, который не только определяет процессы обмена данными, но и объединяет принципы построения систем микропроцессорных устройств защиты, управления и автоматики. Это означает, что клиенты могут пользоваться приборами от разных производителей и собирать их в единую сеть [1].

Преимущества данного протокола заключаются в совместимости между различными устройствами, благодаря стандартизированным технологическим процессам и связи, единой модели обмена данными всех уровней и общим языком общения, высокой пропускной способности, готовые интерфейсы, с помощью которых возможно быстрое и упрощенное проектирование систем.

В комплексе технических средств цифровой подстанции выделяются уровень подстанции (программно-технические средства, выполняющие функции в рамках подстанции в целом, в совокупности с информацией получаемой от уровня присоединения), уровень присоединения (функции автоматизированного технологического управления) и уровень процесса (цифровые ТТ и ТН, коммутационные аппараты). В соответствии с МЭК 61850 в данной структуре происходит распределение протоколов передачи данных, а именно MMS – шина подстанции, GOOSE и SV – шина процесса [1].

Преимуществами цифровой подстанции с использованием стандарта МЭК 61850 перед традиционной подстанцией является:

- Уменьшение количества устройств РЗА;
- Сокращение сроков проектирования, монтажа и пусконаладочных работ;
- Возможность вывода оборудования в режим тестирования;
- Уменьшение затрат на мониторинг и самодиагностику вторичных связей, выявление причин отказов
- Повышение уровня управляемости и наблюдаемости.

1. ГОСТ Р МЭК 61850-7-1-2009. — Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082215> (дата обращения: 09.04.2022).

## **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА ПРЕДПРИЯТИЯ**

Т.С. Желнина

Научный руководитель – Сливкин Е.В., канд.техн.наук, доцент

При проектировании сети электроснабжения крупных потребителей электроэнергии, включающих в себя специальные цеха предприятий, нужно принять во внимание очень многие условия. Исходные данные такого проектирования оказываются под влиянием ряда факторов, начиная от специализации конкретного предприятия и заканчивая его географическим расположением на местности, ведь необходимо предусмотреть не только мощность, потребляемую работающим на предприятии оборудованием, но и необходимые текущие затраты на освещение и теплоснабжение работающих площадей. Грамотно выполненный проект электроснабжения цеха делает работу установленного в этом цехе оборудования надежной, рациональной и бесперебойной. А энергопотребление при этом важно сделать минимально допустимым для данного процесса.

Наиболее сложным и трудоемким является первый этап проектирования, заключающийся в планировании и расчете внутреннего электроснабжения. Этот этап включает в себя нахождение и расчет потребляемой мощности нагрузки. В основе расчета лежат как данные по паспортной потребляемой мощности всего имеющегося оборудования, так и все возможные режимы работы этого оборудования. Учитываются все факторы, в том числе реактивная мощность, требующая компенсации при помощи профессионального оборудования – компенсаторов реактивной мощности (КРМ) для обеспечения равномерной нагрузки трехфазной сети.

На втором этапе проектирования используются сведения первого этапа и масштабный план расположения технического оборудования, а также подбирается тип распределительной сети. В то же время при проектировании следует брать во внимание факторы: расположение приёмников электроэнергии на территории цеха; требования к надежности электропитания; режим работы.

Вследствие подобранной схемы распределительной сети будет зависеть расход ресурсов линий электропередач (ЛЭП), в том числе размещение трансформаторных подстанций и распределительных щитов.

Существуют следующие виды распределительных сетей:

- Радиальная схема;
- Магистральная схема;
- Комбинированная схема.

Так сложилось, что непосредственно комбинированные сети имеют широкое распространение. Поскольку именно они позволяют достаточно оптимально использовать имеющиеся на предприятии материальные ресурсы без понижения надежности работы. Также надо учитывать требования приемников к надежности подаваемого питания, как и закладывать схемы резервирования подачи электроэнергии.

Третий этап проектирования базируется на 2-ух предыдущих. Он подразумевает расчет необходимого количества и мощности распределительных устройств (РУ), подстанций, КРМ.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД НА ПОДСТАНЦИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 220 КВ И ВЫШЕ**

И.Д. Ипец

Научный руководитель – Фефелов А.А., канд. техн. наук, доцент

Собственные нужды подстанции (СН ПС далее) – это потребность в электроэнергии конкретной подстанции (ПС далее) для обеспечения технологических процессов функционирования ПС: формирование источника оперативного тока, обогрев помещений, обогрев оборудования, охлаждение трансформаторов (далее Т), освещение, питание системы управления ПС, компрессоров, насосов, ЭВМ и прочие расходы.

Тема энергетической эффективности СН ПС в электроэнергетической системе нашего государства всегда считалась пренебрежительно несущественной. Это обуславливалось тем, что СН ПС входят в состав технологических потерь и составляют от общего количества технологических потерь в среднем 3-5%. Но в масштабах федеральной сетевой компании в финансовом эквиваленте это может составлять внушительные денежные средства. На сегодняшний день расход на СН ПС всё так же регулируется, весьма вероятно, устаревшим РД 34.09.208 от 1981 года [1].

По нормированным результатам исследований, проведённых на подстанциях ПАО ФСК ЕЭС в 2011-2015 годах, самые большие затраты электроэнергии на СН ПС представлены охлаждением силовых Т, обогревом помещений и оборудования ПС: 38, 18, 15% соответственно, суммарно 72%. СН составили 4,4% от всех технологических потерь (22 млрд кВт·ч/год), то есть 1 млрд кВт·ч/год [2]. Оценивая данные показатели, представляется масштаб экономической выгоды от повышения энергоэффективности СН аналогичных ПС.

Для повышения энергоэффективности СН ПС 220 кВ и выше (ПС далее) предлагается применить ряд современных технологий к наиболее энергозатратным секторам СН, а также разработать методику наиболее эффективного применения комбинации внедряемых современных технологий.

Данные технологии, внедряемые на ПС: 1) объединение процессов охлаждения силовых Т и обогрева помещений, оборудования ПС; 2) использование теплового грунтового насоса в качестве резервного гарантированного источника тепла, а также в летний сезон использование его в реверсивном режиме для эффективного охлаждения Т; 3) внедрение автоматики регулирования частотного режима охлаждения Т и масляных насосов. Интеграция данной автоматики с АСУ ТП ПС.

### *Библиографический список*

1. РД 34.09.208. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ. М., 1981.
2. Рябин Т.В., Давыдов Е.Ю., Паринов И.А. Возможности снижения расхода энергии на собственные нужды подстанций // Энергосбережение, 2016, № 6. С. 36–42.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛА “ПРОИЗВОДСТВО, ТРАНСПОРТИРОВКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ”**

А.А. Цибизов

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

В докладе рассматривается ряд проблемных вопросов, связанных с заменой не возобновляемых источников питания новыми, более экологичными, а так же более безопасными, надежными и дешевыми. Одним из примеров таких источников является водород.

Водородная промышленность имеет ряд преимуществ над другими возобновляемыми источниками (ветро-, гелио-, гидроэнергетика и атомные станции). Она не зависит от конкретной местности, не требует особой специфики расположения, что позволит обеспечивать электроэнергией целые города.[1]

Водородная энергетика вполне соответствует мировой тенденции автономного и локального энергопотребления. Так, в программе по обеспечению электроэнергетики жителей Европы включено понятие “домашняя водородная электростанция”. Это агрегат не большого размера, выдающий мощность примерно 5 кВт. Он экологичен, как минимум потому, что позволяет производить столько энергии, сколько нужно потребителю, и расходовать ее без потерь.

Однако есть и проблемы, связанные со стоимостью производства водорода. Это сейчас главный вопрос, который решается современными учеными.

Водород – это первый элемент периодической системы Д.И. Менделеева. Это бесцветный газ, без запаха и вкуса. В чистой форме практически не встречается, но разнообразие способов получения является одним из главных преимуществ водородной энергетике. К ним относятся: электролиз воды, паровая конверсия природного газа, пиролиз, частичное окисление, биологическое разложение. В настоящее время в промышленности пользуются популярностью электролиз воды и паровая конверсия.[2]

Для хранения и транспортировки водорода требуются безопасные системы, такие как: газовые баллоны, стационарные и передвижные резервуары, криогенные контейнеры, трубопроводы и стеклянные микросферы.

Водород можно использовать в качестве топлива для двигателя внутреннего сгорания, топливных элементов для электростанций, аккумуляторы, а так же для питания автономных домашних станций.

## *Библиографический список*

1. Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. Водород в энергетике. – Екб.: Издательство Уральского университета, 2014. – 234 с.
2. Л.Ф. Козин, С.В. Волков. Водородная энергетика. – К.: Наукова Думка, 2002. – 336 с.



## АНАЛИЗ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ НА ПП «ДЯГИЛЕВСКАЯ ТЭЦ»

П.В. Андрейкин

Научный руководитель – Васильева Т.Н., д-р техн. наук, профессор

По присоединениям производственного подразделения «Дягилевская ТЭЦ» были обработаны статистические данные величин емкостных токов при однофазных замыкание на землю (ОЗЗ) за пять лет и проведен анализ их распределения.

За пять лет по присоединениям Дягилевской ТЭЦ произошло 129 ОЗЗ. Емкостной ток варьировался от 10,195А до 35,223А (рис.1)

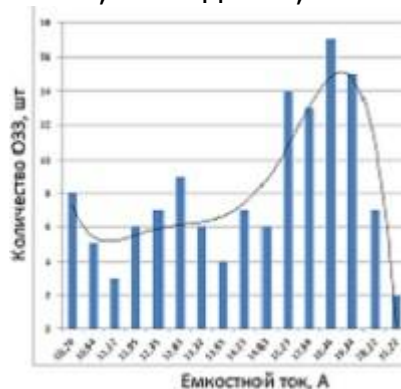


Рис.1 Статистика однофазных замыканий на землю за пять лет на ПП «Дягилевская ТЭЦ»

Половина ОЗЗ приходится на диапазон емкостного тока от 14,826 А до 19,338 А, 43% ОЗЗ - на диапазон тока до 14,128 А. И лишь 7% ОЗЗ превышают емкостной ток 20 А.

В большей степени от однофазных замыканий на землю и их негативных последствий пострадали кабельные и воздушные линии.

Всего за пять лет в кабельной сети 6кВ произошло 98 повреждений. Половина повреждений (49 %) обусловлена током более 18 А. Причем сюда нужно отнести отказ такого оборудования как: трансформатор -1отказ, разъединителей – 5отказов, выключателей - 7 отказов, распределительные шины - 3 и кабелей – 49 отказов. Большой процент повреждений произошел в 2017-2018 годах (51%), когда в работе находились дугогасящие катушки №1, 2 , а дугогасящие реакторы №3, 4 были в ремонте. Из-за нехватки оперативного персонала, вследствие долгосрочного ОЗЗ (более 6 часов) мощности дугогасящих катушек №1, 2 было недостаточно и замыкание из однофазного замыкания на землю перерастало в двухфазное. Далее релейная защита отключила поврежденные линии, однако были ситуации, когда она не отработывала в должной мере. Отказали за этот период составили 46 кабельных линий, 2 выключателя, 1 разъединитель и 1 шина.

За период времени с 2019 по 2021 годы повреждения были у 36 кабельных линий, 5 выключателей, 4 разъединителей, 2 шин, одного трансформатора.

Экономическими потерями по причине не должной работы дугогасящих реакторов считаются потери от недоотпуска электроэнергии потребителям, в том случае, когда однофазное замыкание переходит в двухфазное (вследствие потери мощности из-за перегрева ДГР и недокомпенсации емкостного тока). Общие потери от недоотпуска электроэнергии за период 2017-2021гг составили 121551,14 руб.

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УЧАСТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОДСТАНЦИИ 35/10 КВ «ДУДКИНО»**

Р.Н. Лузянин

Научный руководитель – Тарабрин Д.Ю., канд. техн. наук, доцент

Анализ эффективности работы электрической сети является важным элементом в работе всей системы электроснабжения, так как позволяет контролировать данные показатели и своевременно реагировать на их изменения.

В населенном пункте преобладают потребители III категории для которых приемлемы коэффициентом загрузки является  $k_z=0,9-0,95$ . Трансформаторы работают с приемлемыми коэффициентами загрузки, причем трансформаторы, установленные на ТП-1 и ТП-3 проходят по данному параметру и с учетом коэффициента роста на 5 лет. Трансформатор, установленный на ТП-2 работает с максимальным коэффициентом загрузки равным 0,82 и при учете коэффициента роста на 5 лет возникает необходимость его замены на более мощный трансформатор. Однако для данной ТП подключение новых потребителей не планируется, поэтому данный трансформатор также может продолжать свою работу дальше.

По результатам сравнения реального расположения ТП и их расчетных центров нагрузки установлено, что расчетные центры нагрузок для ТП-2 и ТП-3 практически совпадают с их реальным местом расположения. Реальное расположение ТП-1 значительно отличается от расчетного центра, из-за подключения к данной ТП новых потребителей. В результате происходит смещение центра нагрузки в сторону новых потребителей и увеличивается длина линии.

По результатам расчётов, видно, что потери напряжения линии 1 для ТП-1 и линии 2 для ТП-2 превышают 10%. Высокие потери связаны с большой протяженностью линий (длина линии 1 от ТП-1 – 2,001 км, линии 2 от ТП-2 – 1,119 км). Для остальных линий потери напряжения находятся в пределах до 7,5 %.

По оптимальной протяженности воздушных линий 0,4 кВ длина линии не должна превышать 0,5 км от ТП до наиболее удаленного потребителя, а суммарная длина ВЛ не должна превышать 2 км. На исследуемом участке линия 1 от ТП-1 не проходит по обоим условиям так как суммарная длина линии составляет 2,001 км, до НУ потребителя – 0,725 км.

Также стоит обратить внимание на чувствительность предохранителей, установленных на ТП и головных участках, отходящих от них линий. Из-за низкой чувствительности предохранители могут не сработать на токи минимального КЗ, что в свою очередь может привести к возникновению более тяжелых аварийных ситуаций (переход однофазных КЗ в двух- или трехфазные КЗ).

Как видно из расчетов наибольшие потери мощности возникают в линиях 0,4 кВ. Самые большие потери наблюдаются в линии 1 ТП-1 протяженностью 2 км.

Таким образом использованием устаревшей марки проводов А-25 с высокими активными и реактивными сопротивлениями и большая протяженность линий являются главными показателями низкой эффективности работы линий электропередачи.

## **КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА АО «РЯЗАНСКИЙ РАДИОЗАВОД»**

А.Д. Ойцев

Научный руководитель – Серезин А.А., канд. техн. наук, доцент

Акционерное общество «Рязанский радиозавод» – ведущий отечественный производитель систем связи 5-го поколения для вооруженных сил, государственных структур и МВД. Электроснабжение объекта осуществляется от стороннего источника АО «Рязанская энергетическая сбытовая компания». На территорию предприятия приходят 3 кабельные линии напряжением 6кВ, подключенных к электрической сети ПАО «МРСК Центра и Приволжья» филиал «Рязаньэнерго». На предприятии используется система компенсации реактивной мощности, построенная на базе батарей статических компенсаторов. В подавляющем большинстве случаев компенсирующие устройства разработаны и изготовлены силами энергетической службы объекта в период 1980-х годов. Данные компенсаторы не имеют автоматического регулирования степени компенсации.

Наиболее эффективным является режим полной компенсации реактивной мощности, когда потребляется только активная мощность. Реактивная составляющая мощности при этом отсутствует. Данная ситуация возможна, когда от источника электрической энергии отбирается ток синусоидальной формы, совпадающий по фазе с синусоидой напряжения питающей сети.

Комплексный анализ системы электроснабжения объекта показал, что на предприятии используется система компенсации реактивной мощности, построенная и изготовленная силами энергетической службы в период 1980-х годов. Данные компенсаторы не имеют автоматического регулирования степени компенсации. Так как нагрузка в течение дня активно изменяется, изменяется и ее характер. Количество генерируемой нагрузкой реактивной мощности постоянно меняется. Поэтому неизбежно возникают ситуации, когда эта реактивная мощность становится больше, чем та, которую компенсирует конденсаторная батарея. Этот режим называется «недокомпенсация», и общее потребление приобретает индуктивный характер. Либо, наоборот, генерируемая конденсаторной батареей мощность превышает значения реактивной мощности нагрузки. Такой режим называется «перекомпенсация», и общее потребление приобретает емкостной характер. Все это приводит к потерям мощности, напряжения и к росту затрат. Имеющиеся конденсаторные установки не обеспечивают должной компенсации реактивной мощности. Появилась необходимость определить точки, в которых происходит активная генерация реактивной мощности. Для проведения замеров воспользуемся прибором «АКТАКОМ АТК-2012».

Данный прибор позволяет проводить измерения переменного тока и напряжения, измерения частоты, анализ гармоник, измерения активной, реактивной и полной мощностей, коэффициента мощности, угла сдвига фаз, расчет электроэнергии.

## РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

А.А Харьков

Научный руководитель - Васильева Т.Н., д-р техн. наук, профессор

Системы электроснабжения распределительных электрических сетей в основном (свыше 90% от общей протяженности линий электропередачи) выполнены воздушными линиями электропередачи с неизолированными проводами. При сближении или пересечении воздушных линий друг с другом в сети возникает наведенное напряжение. Величина напряжения, наводимого в отключенной линии, может достигать значений, представляющих смертельную опасность для обслуживающего персонала, [1].

Проанализирована электрическая составляющая наведенного напряжения воздушных линий электропередачи. Электрическая составляющая емкости обусловлена напряжением на проводниках, взаимной емкостью проводников отключенной и влияющей линий, а также емкостью проводников отключенной линии относительно земли, [2].

Рассчитаны необходимые геометрические параметры воздушных линий – средняя высота опор, среднее расстояние между проводами на опоре. Рассчитана емкость проводов отключенной линии относительно земли и относительно проводов влияющей линии. На основе полученных данных были вычислены величины наведенного напряжения в проводах отключенной воздушной линии ( $U_{НА}$  – напряжение, фиксируемое в фазе А,  $U_{НВ}$  – в фазе В,  $U_{НС}$  – в фазе С).

Таблица

Расчетные величины наведенного напряжения

Линия	$U_{НА}, В$	$U_{НВ}, В$	$U_{НС}, В$
1. ВЛ 110 кВ Истье-Парская	203	193	192
2. ВЛ 110 кВ Пушино-Вожа	200	191	189
3. ВЛ 110 кВ Алексеево-Забелино	202	193	191
4. ВЛ 110 кВ Забелино-Бельки	203	193	192
5. ВЛ 110 кВ Касимов-Сабурово	206	197	192
6. ВЛ 110 кВ Кутуково-Коловрат	185	176	170
7. ВЛ 110 кВ Мурмано-Сумбулово	198	187	184
8. ВЛ 110 кВ Соломино-Алексеево	210	202	198
9. ВЛ 110 кВ Клепики-Соломино	204	195	192

Выявлено, что величина расчетного наведенного напряжения на каждой из рассмотренных воздушных линий превышает безопасное значение 25 В и составляет не менее 170 В. Данный факт подтверждает наличие наведенного напряжения на рассмотренных линиях и требует применения специальных организационно-технических мероприятий для зачисты персонала от поражения электрическим током.

### Библиографический список

1. Залесова О. В., Селиванов В. Н. Расчет наведенного напряжения на отключенных линиях электропередачи 110 кВ: Статья. – Апатиты: Труды Кольского научного центра РАН, 2015 – 12 с.
2. Бессонов В. А. Электромагнитная совместимость: Учебное пособие. - Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2000. – 80 с.

# **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

М.О. Мишина

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

Цель работы – разработка мероприятий по энергосбережению и повышению электроэнергетической эффективности предприятия на основе расчета и анализа воздушной линии [1]. Реализация поставленной цели будет осуществляться путем снижением потерь электроэнергии в линии.

Практическая значимость работы заключается в улучшении системы электроснабжения путем снижения потерь при замене проводов ВЛ.

Для проведения расчета использовались данные производственной деятельности предприятия филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» – «Рязаньэнерго».

Основной задачей энергопредприятий является снабжение потребителей с определенной надежностью электроэнергией нормированного качества при минимальных приведенных затратах на выработку, передачу и распределение электроэнергии.

Для достижения данной цели необходимо выполнить ряд задач:

- проанализировать воздушную линию и определить необходимость замены проводов;
- рассчитать потери в линиях при передаче электроэнергии;
- предложить решение проблемы энергосбережения;
- обеспечение критериев надежности, безопасности и экономической эффективности при осуществлении деятельности по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Снижение потерь – одна из приоритетных задач электроэнергетики. Применение СИП [2] обеспечивает высокое качество передачи электроэнергии, что позволяет снизить потери в электросетях. Замена голых проводов на СИП – мероприятие, которое позволит не только снизить потери при передаче электроэнергии, но и повысит надёжность эксплуатации ЛЭП, так как изолированный провод имеет большой ряд преимуществ над неизолированным проводом.

В ходе исследования был сделан вывод, что при анализе потерь электрической энергии доказана необходимость в реализации мероприятия по энергосбережению на ВЛ с изолированным проводом.

## *Библиографический список*

1. Воротницкий В.Э., Калинкина М.А., Апряткин В.Н. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающих организаций «Энергосбережение» №3 2000 г.
2. Галимова А.А. Основы энергосбережения в электроэнергетике: учеб. пособие. – Самара: Самарский государственный технический ун-т, 2013.

## **АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ 10 КВ**

Н.М. Гордиенко

Научный руководитель – Иванов В.С., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается внедрение цифрового оборудования при реконструкции воздушной линии (ВЛ) 10 кВ. Одной из главных задач энергетических систем является обеспечение потребителей качественным и бесперебойным электроснабжением.

По мере быстрого развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и стремительной децентрализации энергетических систем, осуществление контроля над ними становится все сложнее и сложнее. Цифровизация дает новые возможности по осуществлению управления энергетическими системами.

На сегодняшний день самыми распространенными и широко используемыми средствами цифровизации энергосетей являются: интеллектуальные сети (Smart Grid), реклоузеры и цифровые подстанции. В данной работе основное внимание уделено внедрению реклоузеров.

Стоит отметить, что возникают такие моменты, в которых короткие замыкания (КЗ) неустойчивы и самоустраняются за очень короткое время (порядка пары секунд). Это происходит по ряду различных причин: переклест проводов, молний, налегание ветвей деревьев и т.п. Неоспоримым остается тот факт, что отключение и дальнейшее автоматическое повторное включение линии устраняет фактор повреждения и уменьшает возможность появления длительного перерыва в электроснабжении.

Основной компонент реклоузера – вакуумный выключатель. Когда параметры сети отклоняются от нормальных значений, реклоузер автоматически отключает линию. Реклоузер схож по принципу с автоматическим выключателем, только он изготавливается на напряжение до 35 кВ.

Важным моментом является возможность легкого внедрения реклоузера в уже существующие сети, так как в основном нет необходимости в перенастройке защиты, которая установлена на головном участке ВЛ. Еще одним преимуществом является то, что реклоузер зарекомендовал себя как необслуживаемое устройство, т.е. нет необходимости в присутствии человека. Это важно для труднодоступных районов.

На ВЛ среднего напряжения шанс возникновения неустойчивого повреждения в сети намного выше, чем устойчивого. Данные обстоятельства зачастую были причиной необоснованного перебоя в электроснабжении потребителей. Внедрение реклоузера позволит создать абсолютно другое условие работы средств защиты линии. Имея элементы логического анализа и быстроедействие, реклоузер позволяет согласовывать его совместную работу с предохранителями на ответвлениях ВЛ.

Применение реклоузеров – это эффективный способ повышения надёжности электроснабжения потребителей, а также ведёт к повышению уровня автоматизации и управления электрическими сетями. Важным моментом остается то, что его внедрение можно осуществить и при создании новых энергетических систем, и при реконструкции уже имеющихся. Это позволит избежать огромных финансовых затрат на демонтаж старых, проектирование и введение в эксплуатацию новых энергетических систем.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА**

А.А. Донских

Научный руководитель – Тарабрин Д.Ю., канд. техн. наук

Одной из главных проблем в электроэнергетике является проблема возникновения аварийных ситуаций при проведении оперативных переключений. Подавляющее число всех аварий, включающих в себя отказ оборудования, происходит из-за неправильных действий диспетчерского персонала.

При проведении сложных переключений, с большим количеством операций, многократно повышается вероятность совершения диспетчером ошибки, которая может стать фатальной не только для дорогостоящего оборудования, но и человеческой жизни. Истинный представитель данной профессии должен обладать не только внушительным багажом знаний, в его обязанности входит видеть все возможные варианты развития событий при различном алгоритме оперативных переключений. Данная способность приходит с опытом, а большое количество проведённых оперативных переключений станет для неё отличным подспорьем. Но прежде чем приступить к переключениям на реальных энергообъектах, необходимо во время обучения совершать комплексные тренировки в симуляторе.

Оптимальным решением для этой задачи станет комплекс программ TWR-12. Этот комплекс будет полезен не только молодым специалистам, но и действующим работникам оперативно-диспетчерского персонала, а также станет надёжным подспорьем для улучшения профессиональных навыков.

Тренажер TWR-12 является набором программ для создания тренировок по оперативным переключениям. Он имеет большую базу стандартных элементов, возможность создания схемы любой сложности и класса напряжения, доступный для интуитивного восприятия дизайн. Все перечисленные ранее качества дают право называться TWR-12 современным тренажером для подготовки диспетчерского персонала.

Процесс разработки тренировки сводится к записи порядка переключений в машинный код программы TWR-12 TRAINING для типовой схемы, созданной в программе TWR-12 CAD, затем необходимо установить исходное оперативное состояние каждого элемента.

На данный момент все алгоритмы для автоматизированной системы диспетчерского управления создаются человеком и даже после завершения программы цифровой трансформации ни один автоматизированный объект не застрахован от аварийных ситуаций, при которых оперативные переключения будут производиться как на обычном объекте электроэнергетики.

Следовательно, задача повышения качества и эффективности обучения диспетчерского персонала стоит на первом месте. Внедрение тренажерного комплекса TWR-12 поможет снизить процент ошибок при проведении реальных оперативных переключений переключениях.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА КИПИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК АО ГРПЗ**

Д.Р. Исмазов

Научный руководитель – Мамонтов Е.В., д-р физ.-мат. наук, профессор

Цели работы - повышение энергоэффективности предприятия путём совершенствования системы электроснабжения, а именно:

1) Внедрение удаленного доступа (показ режимов, температуры и т.д. на компьютер мастера).

2) Модернизация системы освещения.

3) Замена машинных генераторов на инвертные (современные электронные частотные преобразователи).

Производится анализ выбора системы удаленного доступа на основе характеристик оборудования и специфики предприятия.

Производится расчёт количества лампочек для замены люминесцентных ламп на светодиодные, а также анализируется целесообразность их замены.

В результате анализа системы удаленного доступа была выбрана система «Стандарт IEEE 802.15.4 ZigBee», имеющая функцию так же как Bluetooth и Wi-Fi, являться персональной радиосетью (нелицензируемый частотный диапазон 2,4 ГГц) и не требует отчислений за трафик сторонним организациям. [1]

В результате расчёта освещения был выявлен наиболее оптимальный метод: «Метод коэффициента использования для расчета количества светильников»

И были выявлены следующие преимущества светодиодных ламп над люминесцентными:

- повышается производительность труда работников за счет нормализации условий работы, благодаря качественной цветопередаче.
- риск для здоровья снижается к нулю так, как в светодиодных лампах нет ртути.
- сокращение расходов на оплату электроэнергии.
- Долговременный срок службы (от тридцати до ста тысяч часов);
- малая инерционность (включается сразу на полную яркость);
- простая конструкция (нет необходимости в статоре и других вспомогательных элементах);
- срок службы не зависит от количества циклов включения-выключения;

1. Яманов А.Д., Дианов Д.И., Упоров А.Ю. Специфика использования GSM-модемов в системах расходомерии // «Беспроводные технологии». 2011. №4



## **АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ РЗА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИЯХ ПОДСТАНЦИЙ**

Р.О. Ковбий

Научный руководитель – Дягилев А.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются достоинства микропроцессорных терминалов релейной защиты и автоматики [1], актуальность их применения при реконструкциях подстанций в свете Концепции «Цифровая трансформация 2030» и исходя из основных принципов цифровой трансформации [3].

Рассматриваются направления модернизации и инновационного развития устройств релейной защиты и автоматики, в том числе обучение обслуживающего персонала и комплектование служб РЗА высококвалифицированными специалистами для обслуживания устройств нового поколения и навыки, которые дополнительно должен будет приобрести персонал на этапе перехода к новым технологиям [2].

Обозначены недостатки микропроцессорных терминалов релейной защиты и автоматики, спорные вопросы, которые возникли в процессе их эксплуатации и перспективы их устранения. Отдельное внимание уделено влиянию политики импортозамещения на качество и стоимость терминалов, которые используются при реконструкциях подстанций, конкурентоспособности отечественных продуктов на рынке [4].

На основании вышеизложенного сделаны выводы о перспективности дальнейшего развития и внедрения микропроцессорных терминалов релейной защиты как устройств, надежно выполняющих как основные функции релейной защиты и автоматики, так и функции по регистрации, хранению и передаче данных о защищаемом объекте, что особенно актуально для реализации Концепции цифровой трансформации электроэнергетики.

### *Библиографический список*

1. Преимущества и недостатки микропроцессорных защит оборудования электроустановок. [Электронный ресурс]: Школа для электрика: электротехника и электроника. URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1431-mikroprocessornye-ustrojstva.html>

2. Средства релейной защиты и автоматики: состояние и перспективы. [Электронный ресурс] :Рынок Электротехники. Отраслевой портал. URL: <https://marketelectro.ru/content/sredstvareleynoyzashchity>

3. Концепция «Цифровая трансформация 2030». Москва 2018г. [Электронный ресурс] URL: <https://www.rosseti.ru/>

4. Кураш И.М. Надежность функционирования систем РЗА в условиях импортозамещения.[Электронный ресурс]:КиберЛенинка — научная электронная библиотека. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-funktsionirovaniya-sistem-rza-v-usloviyah-importozamesheniya>

## **ВЫБОР МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СВЯЗИ**

П. А. Краморев

Научный руководитель – Махмудов М.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент

В современном мире сотовая устойчивая работа объектов связи является одной из самых важных задач для операторов и государства.

Поскольку существует тенденция на оптимизацию объектов связи, включающая экономию на затраты от электроснабжения и повышение надежности и энергонезависимости объектов связи, эта проблема является крайне актуальной [1].

Целью работы является оптимизация объектов связи и повышение надежности объекта. Задачей является снижение затрат на электроэнергию, при этом увеличение надежности работы энергетической системы объекта. Существуют несколько основных способов позволяющих это сделать: установка аккумуляторных батарей, установка солнечных панелей, установка ветровых генераторов.

Ветровые генераторы и солнечные панели могут быть использованы для автономного снабжения объектов связи или как дополнительный источник энергии в часы пиковых нагрузок. Их установка требует сложных расчетов, учитывающих число солнечных дней, розу ветров и другие факторы. Эти устройства не всегда можно применять на территории России из-за погодных условий, и лишь малая часть регионов страны для этого пригодны. Минусом также является необходимость установки больших аккумуляторных батарей, из-за необходимости запастись энергией в случае отсутствия солнечных дней и ветра, и как следствие использование при нехватке запасов энергии, «дорогой» электроэнергии днем, а также дороговизна этих установок.

Аккумуляторные батареи, питающиеся от электрической сети – являются самым выгодным решением для объектов связи. Они позволяют запасать электрическую энергию в ночные часы, при этом, цена на электроэнергию в это время суток, минимальна. В дневное время объект полностью работает за счет запасенной ночью электрической энергии, лишь при нехватке запасенной энергии, потребляя недостающую электроэнергию из сети по дневному тарифу. Надежность работы объекта связи при этом повышается многократно, особенно при аварийных отключениях на питающих сетях в дневное время – объект попросту продолжит работу в нормальном режиме. В отличие же от ветрогенераторов и солнечных панелей ёмкость аккумуляторов требуется значительно меньшая, а тарифы в ночное время более низкие, что позволяет снизить стоимость оптимизации и эксплуатации.

Подытожив, можно сделать вывод, что оптимизация с помощью аккумуляторных батарей более выгодно и дешево по сравнению с установкой солнечных панелей и ветрогенераторов. Поэтому, стоит сделать выбор в пользу аккумуляторных батарей, питающихся от сети.

1. «Сотовая связь»: [Электронный ресурс]. – URL: <http://celnet.ru>.

# **АНАЛИЗ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

М.П. Лисин

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

В наше время энергетическая система представляет собой сложный и многогранный объект, включающий в себя не только силовое оборудование, но и различные электронные комплексы. Безотказная работа данной системы базируется на правильной эксплуатации, своевременной диагностике, так же немало важным является процесс мониторинга состояния каждой единицы оборудования. Цифровая трансформация России подразумевает единую систему энергообъекта, которая включает в себя не только контроль оперативных переключений, показателей энергетической системы, но и анализ общего технического состояния помещений, где размещено данное оборудование.

Особенно это важно на больших заводах и предприятиях с технологическим процессом повышенной сложности, где любая аварийная ситуация, связанная с отказом энергетической системы, приводит к большим экономическим потерям. Следовательно, проблема разработки современной модели пожарной сигнализации, которая будет подключена к единой цифровой энергетической системе объекта особенно актуальна.

Своевременная и быстрая локализация очага возгорания играет решающую роль для предотвращения дальнейшего повреждения оборудования энергосистемы. Для максимального контроля за пожарной безопасностью энергетической системы предполагается использование адресных и аналоговых датчиков, приборов контроля за состоянием силового и коммутационного оборудования. Именно интегрированная гибридная система пожарной безопасности сможет максимально обезопасить оперативный персонал, оборудование и энергетическую систему в целом.

Главной целью выполняемой работы является проектирование и создание модели системы пожарной сигнализации на производственном предприятии в условиях цифровой трансформации энергообъектов России.

Базироваться разрабатываемая система будет на основе оборудования марки "Орион". Данная система будет обеспечивать:

- 1) Сбор, обработку, передачу, отображение и регистрацию извещений о состоянии шлейфов пожарной сигнализации;
- 2) Максимальную информативность о локализации очага возгорания, задымления
- 3) Управление пожарной автоматикой объекта;
- 4) Взаимодействие с единой цифровой энергетической системой;
- 5) Защиту протоколов обмена данными по каналу связи между приборами.

В процессе работы будет создана проектная документация, включающая в себя выбор необходимого цифрового оборудования, смету и схему подключения всего комплекса необходимых устройств.

# **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Д.А. Морозов

Научный руководитель – Сливкин Е.В., канд. техн. наук, доцент

Проблема использования возобновляемых источников энергии имеет большое значение в современных реалиях. Солнечные батареи, ветрогенераторы, гидрогенераторы получили массовое распространение не только на государственных объектах, но и стали доступны для гражданского сектора. Постоянный рост технологического процесса приводит к снижению стоимости и увеличению мощности возобновляемых источников энергии при неизменном значении их исходных габаритов [1].

Солнечные батареи являются оптимальным вариантом для использования их в автономных системах получения электрической энергии, так как они обладают наименьшим весом, по сравнению с другими источниками, солнечный свет более доступен, чем порывы ветра или наличие потока воды. Так же следует упомянуть простоту технического обслуживания солнечных батарей, лёгкость их транспортировки и достаточно высокий коэффициент полезного действия.

Общая концепция модернизации данного кемпинга заключается в создании для него автономного источника питания. Солнечные панели смогут обеспечить как подзарядку аккумулятора, так и питание необходимых электрических нагрузок [2].ю

Рассмотрим создание гибридной системы автономного питания, на основе отечественного кемпингового прицепа автомобиля марки "Велес". Общая концепция модернизации данного кемпинга заключается в установке солнечных элементов, которые смогут обеспечить как подзарядку аккумулятора, так и питание необходимых электрических нагрузок. В моменты снижения интенсивности светового потока аккумулятор будет играть роль вспомогательного источника питания. При ночном передвижении кемпинга аккумулятор будет подзаряжаться от автомобильного генератора. ночное

На основе анализа электрических нагрузок кемпинга необходимо выбрать используемые электрические устройства исходя из мощности устанавливаемых солнечных батарей, автомобильного генератора, аккумулятора, электрических преобразователей, как для подзарядки батареи аккумулятора, так и для бортовой сети 220В. На основе данных осуществим выбор оптимального экономически выгодного сечения силовых сетей и разработаем принципиальную электрическую схему коммутации оборудования кемпинга.

Отметим, что только грамотный комплексный подход позволит разработать максимально эффективную систему автономного питания, основанную на базе солнечных элементов.

## *Библиографический список*

1. Возобновляемые источники энергии. [Электронный ресурс],-  
.http://minenergo.gov.ru
2. Источник автономного электропитания для электрического транспортного средства <https://findpatent.ru/patent/256/2563920.html>

## ОЦЕНКА НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

В.А. Петаева

Научный руководитель – Махмудов М.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент

Наведенное напряжение – это разность потенциалов между некоторыми проводящими частями электроустановок (например, воздушной линией или оборудованием подстанции) и точкой нулевого потенциала. Оно возникает в результате влияния электромагнитного поля действующего электрооборудования на электроустановки, которые находятся в непосредственной близости.

Наведенное напряжение имеет две составляющие – электростатическую и электромагнитную. Электромагнитная часть появляется при влиянии магнитного поля тока нагрузки на контур отключенной, а также заземленной воздушной линии в формате контур-земля. Электростатическая часть имеет ряд особенностей: например, она напрямую зависит от соотношения емкостей ВЛ, от расстояния и от рабочего напряжения на влияющую воздушную линию.

В зависимости от числа заземляющих устройств и места их установки потенциал будет перераспределяться по линии. При расчете и измерении электромагнитной составляющей наведенного напряжения в качестве основной используется схема замещения с двумя заземлениями по краям отключенного участка.

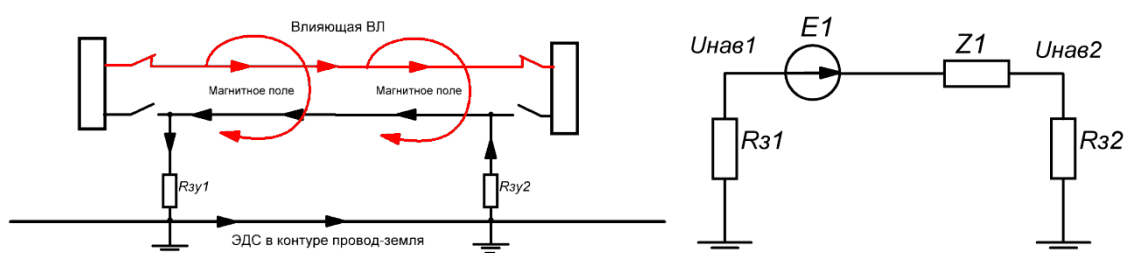


Рисунок - Электромагнитная составляющая наведенного напряжения и схема замещения для расчета и измерения составляющей

После теоретического расчета величины наведенного напряжения линии делятся на 3 типа.

- 1) Линии со значением наведенного напряжения менее 25 В принимаются линиями без наведенного напряжения;
- 2) При величине наведенного напряжения от 25 В до 50 В требуется измерение специальным для этого прибором;
- 3) При величине более 50 В линия однозначно находится под наведенным напряжением, следует принять меры.

В процессе изучения и расчета величины наведенного напряжения был выявлен ряд недостатков существующей методики. В частности, методика не рассматривает наличие наведенного напряжения на линиях 0,38 кВ. В связи с этим отсутствуют табличные данные для коэффициента индуктивной связи линий  $F(a)$  для данного класса напряжения.

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИЯХ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

И.Р. Пронякин

Научный руководитель – Серезин А.А., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время электроэнергетика является значимой частью промышленности и народного хозяйства, электричество, в свою очередь, играет важную роль в жизни каждого человека. Развитие промышленности, внедрение новейших технологий производства и бурный рост количества потребителей резко повышают значимость такой отрасли, как энергетика и требуют от нее максимальной стабильности и бесперебойности в работе. В отличие от других стран, Россия отличается суровыми климатическими условиями и огромными расстояниями между объектами электрохозяйств. Чтобы удовлетворять условиям, которые задаются возросшими аппетитами со стороны потребителей, следует любыми методами повышать качество отпускаемой электроэнергии с максимальной оптимизацией этапов генерации, преобразования и передачи электричества.

В условиях недостаточного финансирования инвестиционных программ по замене устаревшего оборудования на новое наиболее выгодным является проведение реконструкции энергетических объектов, поскольку именно реконструкция требует меньших вложений и небольшой промежуток времени на работу, в сравнении с сооружением новых энергетических объектов. Актуальность проблемы обусловлена старением действующего оборудования на электростанциях и подстанциях.

Современный мир все чаще опирается на цифровые технологии, применяя их повсеместно в каждой сфере производства [1, 2]. Электроэнергетика также не может оставаться в стороне из-за большого количества систем производства, передачи и накопления электроэнергии. Поэтому в данной сфере был разработан проект цифровой трансформации, который позволит системно решить проблему с заменой устаревшего оборудования на новейшее с поддержкой цифровых устройств. Такие перемены позволят: создать информационную базу о энергообъектах и их работе; оптимизировать выработку и отпуск электроэнергии конечному потребителю; планировать техническое обслуживание и ремонт на основе информации, передаваемой от цифровых устройств; вести контроль в реальном времени как за работой оборудования, так и за персоналом, обслуживающим его.

В рамках данного направления Минэнерго России разработало проект «Цифровая энергетика», куда входит электроэнергетика, нефтегазовый комплекс и угольная промышленность. Решением поставленной задачей планирует заниматься специально созданная ассоциация «Цифровая энергетика» (АЦЭ), в состав которой входит «Интер РАО», «Россети», «Системный оператор единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») и «Росатом».

### *Библиографический список*

1. Просто о цифровой трансформации [Электронный ресурс] URL: <https://ecm-journal.ru/transformation>
2. Стратегии цифровой трансформации [Электронный ресурс] URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064/>

## ВЫБОР СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА АККУМУЛЯТОРА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Александр А. Шахов

Научный руководитель – Трубицын А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор

Широкому распространению электротранспорта в данный момент препятствует слабая инфраструктура, по этой причине на сегодняшний день актуальна разработка зарядных устройств для электромобилей. Поскольку ведется активная борьба за экологию, интерес представляют в первую очередь возобновляемые источники энергии.

В данной работе рассмотрены несколько вариантов солнечных панелей от различных передовых производителей. Основное требование – блок из 12 панелей должен обеспечивать напряжение порядка 550 В (45,8 В на одной панели).

Результаты обзора сведены в таблице для удобства анализа, вся информация взята из свободно предоставляемой документации на сайте производителей.

Таблица – Сравнительная таблица солнечных панелей

Название	P, Вт	P, Вт/кг	P, Вт/м <sup>2</sup>	U <sub>mpp</sub> , В	Деградация, %/год	Двусторонняя
EVPV410H	410	20	221,6	42,7	0,25	-
JKM610N-78HL4-BDV	610	17,6	218,2	45,6	0,4	+
TSM-DEG21C.20	665	17,2	214,1	38,2	0,45	+
CS7N-665MB-AG	665	17,5	214,1	38,5	0,45	+
SIL-490 HN	490	19	208,8	45,2	0,45	-
Q.PEAK DUO XL-G11.3/BFG 570-585	585	17	213,5	45,1	0,45	+

В данной таблице введены следующие обозначения: P, Вт – мощность панели, P, Вт/кг – мощность панели на единицу массы, P, Вт/м<sup>2</sup> – мощность на единицу площади, U<sub>mpp</sub>, В – напряжение в точке максимальной мощности. Следует отметить, что двусторонние модели могут выдавать мощность на 10-20% выше заявленной в таблице при хороших погодных условиях и расположении.

Из таблицы можно сделать вывод, что наиболее подходящим вариантом в рамках решаемой задачи будет выбор модели JKM610N-78HL4-BDV, которая среди двусторонних конкурентов имеет лучшие показатели мощности в расчете на единицу массы и площади, а также максимальное напряжение в точке максимальной мощности среди всех рассмотренных панелей.

Стоит подчеркнуть, что тестовые условия идеализированы, поэтому абсолютно точно предсказать поведение каждого модуля в эксплуатационных реалиях трудно. Нельзя оценить поведение каждой панели при мягкой тени, качество закаленного стекла, предназначенного для защиты ячеек от пыли и механических воздействий.

## РЕКЛОУЗЕРЫ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Андрей А. Шахов

Научный руководитель – Махмудов М.Н., канд. физ. -мат. наук, доцент

Цель работы – ознакомление со строением и принципом действия реклоузера, определение оптимального количества секционирующих аппаратов и места их установки.

Анализируется возможность определения оптимального количества реклоузеров на линии методом коэффициента надежности для радиальной и кольцевой системы электроснабжения. Рассматриваются основные функции секционирующего аппарата.

Производится анализ оптимального места установки реклоузеров двумя основными методами: по годовому недоотпуску электроэнергии и по показателю надежности.

В ходе исследования оптимального количества реклоузеров на линии были сделаны следующие выводы:

- Для радиальной сети, средняя эффективность применения реклоузеров уменьшается, начиная с одного аппарата. Для радиальной схемы электроснабжения, наиболее оптимальным является применение от одного до двух аппаратов.

- Для кольцевой сети, средняя эффективность применения реклоузеров уменьшается, начиная с трех аппаратов. Для кольцевой схемы электроснабжения, наиболее оптимальным является применение от трех до четырех аппаратов.

В результате анализа оптимального места установки реклоузеров на линии были сделаны следующие выводы:

- Метод недоотпуска электроэнергии наиболее точен, из-за наличия дополнительного коэффициента спроса, но из-за необходимости расчета суммарного недоотпуска для каждого варианта секционирования, расчет усложняется.

- Метод показателей надежности лишен недостатков первого метода и позволяет точно найти оптимальное место установки секционирующего аппарата.

### *Библиографический список*

1. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г., Багметов А.А. Критерии оптимизации места установки реклоузера в распределительной сети 6-10 кВ // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. -№4(53).

2. «Таврида Электрик»: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tavrida.ru>.



## **АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ НОВЕЙШЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРНУЮ ПОДСТАНЦИЮ 10/0.4 КВ**

О.Ю. Шашкина

Научный руководитель – Иванов В.С., канд. техн. наук, доцент

Рассматриваемая тема на сегодняшний день является весьма актуальной, ведь развитие энергосистем напрямую зависит от качества и бесперебойности электроэнергии.

Анализ новейшего оборудования и его внедрения в трансформаторную подстанцию необходим с целью улучшения показателей качества и надежности с учетом требований экологической безопасности.

Подстанции – важная часть энергосистемы. Благодаря им происходит сообщение сетей различных уровней напряжения. Они необходимы для стабильной работы всей энергосистемы. Поэтому их можно назвать «сердцем» энергосистемы. Цифровизация подстанций – одно из главных решений на пути успешной цифровой трансформации всех энергосистем. На данный момент в основном все крупные энергетические компании широко внедряют цифровое оборудование в свои комплексы.

Цифровая подстанция дает возможность получить единые цифровые данные, в которых отображается техническое состояние управляемого объекта.

Цифровая подстанция имеет ряд преимуществ над традиционной:

- упрощенная установка (меньшее количество проводов);
- универсальность (подходят устройства от разных производителей);
- высокая надежность;
- повышенная точность измерений и получения информации;

Одна из главных особенностей цифровой подстанции, отличающей ее от традиционной ПС, – это замена физических связей на цифровые. Это помогает в значительной мере сэкономить место и упростить кабельное хозяйство, т.к. один цифровой кабель может заменить тысячи физических. Следующая особенность заключается в наличии мощного микропроцессорного устройства, благодаря которому возможно выполнение огромного количества функций. Последняя значимая особенность – это появление цифровых трансформаторов тока и напряжения, которые отличаются повышенной точностью.

Большое влияние на развитие информационных систем в энергетике оказывает концепция Smart Grid. Smart Grid ("умные сети") – это усовершенствованные сети электроснабжения, использующиеся как информационные, так и коммуникационные сети для сбора информации об энергопроизводстве, автоматически повышающие эффективность, надежность, экономическую выгоду, стабильность производства и распределения электрической энергии.

Для успешной цифровой трансформации в энергетике понадобится очень много усилий, решительный подход к выбору оборудования и рациональное использование капитала, а также его привлечение для расширения возможностей по внедрению и созданию новейших интеллектуальных технологий. Это наиболее верный способ, который позволит решать имеющиеся задачи и создать необходимое количество возможностей для формирования будущего.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Д.В. Лукьянов

Научный руководитель – Мамонтов Е.В. д-р физ.-мат. наук, профессор

В докладе рассмотрен пример работы АВР на контроллере AVR-02 (02-3.1) в схеме с 3-мя вводами (рисунок).

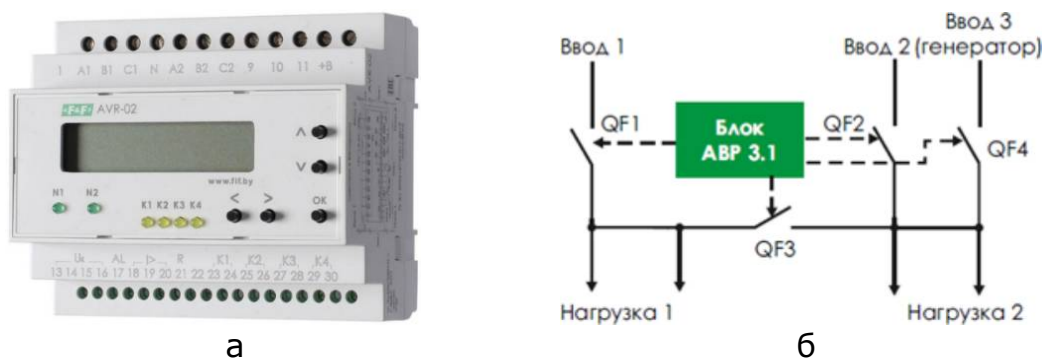


Рисунок - АВР на контроллере AVR-02 (02-3.1): а – внешний вид, б – принципиальная схема включения АВР в схеме с 3-мя вводами

В схеме имеется основной ввод, резервный и ввод 3 – генераторная установка (в качестве генераторной установки может использоваться источник бесперебойного электропитания).

Имеется секционный выключатель, который разделяет нагрузки 1 и 2. В идеальном состоянии контроллер, когда первый ввод питает одну нагрузку, второй вторую контакторы 1 и 2 в работе, на контроллере следующая индикация: работает первый ввод, второй ввод, контактор 1 и контактор 2 подключены. Если произошла аварийная ситуация (например: пропала одна из фаз на вводе 1), контроллер отключает контактор 1 запускает сигнал и подключает секционный выключатель т.е. нагрузка с ввода 1 стала питаться с ввода 2. На самом контроллере индикация аварии на вводе 1. Далее произошла авария на вводе 2, контроллер отключает нагрузки (контакторы), запускает сигнал К4 на запуск генератора, запустился генератор и через реле контроля фаз подключаются нагрузки и подключается секционный выключатель. Если восстановилось напряжение на одном из вводов происходит отключение подключение первой нагрузки подключается секционный выключатель отключается генератор.

## АНАЛИЗ ТОКОВ НАСЫЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМИ ЗАЩИТАМИ

В.В. Захаркин

Научный руководитель – Сливкин Е.В., канд. техн. наук, доцент

Помимо основных гармоник при коротком замыкании также возникают апериодические составляющие, которые искажают исходную форму сигнала. Для расчета характеристики насыщения необходимо определить эквивалентную постоянную времени и время затухания апериодической составляющей тока КЗ:

$$T_{p.эКВ} = \frac{1}{I_{КЗсумм}} \left( \sum_{i=1}^n I_{КЗi} * T_{pi} \right) \quad \text{и} \quad T_{pi} = \frac{X_i}{\omega * R_i'}$$

При переходном процессе в первичной обмотке начинает протекать суммарный ток апериодических составляющих, которые так же делятся на намагничивающие и трансформируемые. Возникает режим насыщения, при котором в случае совпадения вектором магнитного потока от первичного тока с магнитным потоком остаточной намагниченности [1]. В данном режиме ток намагничивания растет гораздо быстрее, чем рабочий ток до тех пор, пока сердечник трансформатора не будет полностью насыщен. Само время до насыщения ТТ определяется по формуле:

$$t_{нас} = T_{p.эКВ} * \ln \frac{\omega * T_{p.эКВ}}{\omega * T_{p.эКВ} - A * (1 - K_r) + 1}$$

До наступления насыщения вектор и фаза вторичного тока будут сильно отклонены от первичного, что создает дополнительную погрешность его величины, а также выход за пределы рабочей зоны кривой намагничивания трансформатора. Определим параметры насыщения с помощью программной модели. Для ТОЛ-СЭЩ-10 кВ, при токе КЗ равном 21 кА и постоянной времени 150 мс, время до насыщения трансформатора тока будет равно  $t_{нас} = 45,8$  мс:

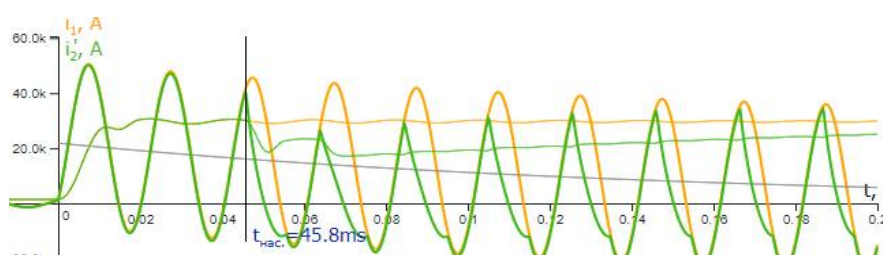


Рисунок – Первичный и вторичный токи КЗ

Данные режимы приведут к ошибочной работе цепей релейной защиты и, возможно, к их отказу. Предупреждение таких режимов особенно важно для ДФЗ, ДЗЛ и ДЗШ, поскольку токи небаланса будут изменяться вместе с величиной токов намагничивания трансформаторов тока. Следовательно, отстройка для ДЗТ на время срабатывания должна составлять не более 45,8 мс, для данного условия подойдет терминал ЭКРА типа ШЭ 2607 041 [2].

### *Библиографический список*

1. И. Матюхов. «Измерительные трансформаторы. Нормативно-техническая документация», Новости Электротехники, №1 (85) 2014 г.
2. Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. – М.: Инфра-Инженерия, 2014 - 248 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ РЯЗАНЬЭНЕРГО НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 КВ**

Д.О. Стеняев

Научный руководитель – Иванов В.С., канд. техн. наук, доцент

Цель работы – анализ сети электропередач ПАО "Россети Центр и Приволжье" - "Рязаньэнерго" с номинальным напряжением 10/0,4 кВ и нахождение методов и способов снижения потерь электроэнергии на примере отдельного участка сети.

Анализируется линия электропередач в своем текущем состоянии, основные причины потерь в сетях электропередач и основные методы снижения потерь, актуальные для данной энергосистемы.

Основной эффект в снижении потерь может быть получен за счёт реконструкции, повышения сбалансированности режимов сетей и повышение надежности их работы, технического перевооружения, увеличения пропускной способности. В настоящее время основой для разработки мероприятий по энергосбережению помимо технического должны учитываться экономический и правовой аспекты.

В результате анализа выделяются следующие стратегически важные направления развития энергосистемы в России:

- совершенствование процесса распределения и передачи электроэнергии, при котором особое внимание уделяется предотвращению несанкционированного отбора электроэнергии. В ходе проведения модернизации возможно обновление значительной части оборудования в электрических сетях, производимое с целью сокращения потерь при передаче электроэнергии

- внедрение эффективных программ энергосбережения на значительной части промышленных предприятий, реализуемых на действующих промышленных мощностях.

- использование новых разработок в сфере энергоэффективного промышленного оборудования.

- внедрение повышенных стандартов энергоэффективности, охватывающих все уровни отечественной экономики.

## **ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА ПОТЕРЬ ПРИ ПОМОЩИ МОДУЛЯ «АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ» ELA**

А.В. Изосимова

Научный руководитель – Васильева Т.Н., д-р техн. наук, профессор

В докладе рассматривается ряд вопросов по энергоснабжению и учёту фактических потерь в распределительной сети.

Анализ режима работы сети на предмет уровня потерь и уровня напряжения на базе информативно-технологической платформы СК-11 является одним из направлений цифровой трансформации в электроэнергетике [1]. Проект состоит из двух расчетно – аналитических модуля:

- «Анализ установившихся режимов TNA;
- «Анализ потерь электроэнергии» ELA.

Модуль ELA позволяет в режиме реального времени на основе данных приборов учета производить расчет и анализ потерь и баланса электроэнергии. Выявляются области и элементы сети, обладающие большим уровнем потерь, также небаланс.

Работа с модулем ELA происходит в три этапа:

- Занесение точек поставки;
- Загрузка показаний приборов учета за определенный период времени;
- Проведение расчета в ELA.

Модуль позволяет выставлять и корректировать максимальное допустимое значение потерь, область и метод их расчета. На схеме наглядно отображается оборудование, вошедшее в выбранную зону, а также потери, превышающие установленное пороговое значение.

ELA использует данные расходов по приборам учета. Если прибор учета имеет систему АСКУЭ, для расчета используются часовые замеры за определенный период. Для занесения большого количества исходной информации используется импорт информации в базу данных СК-11 через программу Excel. Полученные в ходе расчетов результаты можно сохранить, сделать общими, удалить, а также выполнить экспорт результатов в формате *xlsx* для дальнейшей работы с данными.

После проведения расчета потерь в программе формируется информация о технических потерях, коммерческих потерях и балансе электроэнергии. Данная информация позволяет оценить проблемные области в сети и определить в каком оборудовании больше всего потерь.

Использование модулей ELA и TNA в программном комплексе СК-11 позволяет производить комплексный анализ данных телеметрии и телеуправления.

### *Библиографический список*

1. Информационный портал АО «Монитор электрик». Пакет приложений СК-11. [Электронный ресурс]:  
<https://monitel.ru/applications/ems-and-dms/>

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТОЧКИ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 6(10) КВ С МАГНИТОТРАНЗИСТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

А.А. Шаров

Научный руководитель – Круглов С.А., д-р техн. наук, доцент

В докладе описана структура и принцип работы автоматизированной точки коммерческого учёта электроэнергии (АТКУЭ) с магнитотранзисторным преобразователем, применяемой при уровне напряжения 6(10) кВ.

Комплекс АТКУЭ состоит из первичных преобразователей и измерительно-коммуникационного блока. Основное назначение первичных преобразователей – формирование сигналов, имеющих однозначное соответствие токам и напряжениям в первичной сети, пригодных для восприятия аналого-цифровых преобразователей измерительно-коммуникационного блока. Кроме того, первичные преобразователи имеют отдельные элементы высоковольтного блока питания измерительно-коммуникационного блока.

В качестве первичного преобразователя тока для коммерческого учёта электроэнергии используется пояс Роговского, а в качестве измерительного преобразователя тока в аварийных режимах работы первичной сети используется магнитотранзисторный преобразователь с его схемой управления и нормализации сигнала. В качестве магнитотранзисторного преобразователя используется биполярный двухколлекторный магнитотранзистор. Модуль управления и нормализации сигнала магнитотранзисторного преобразователя необходим для задания нормального режима работы магнитотранзистора, а именно величины токов и напряжений коллекторов магнитотранзисторов, а также приведения уровня полезного сигнала в соответствии со шкалой аналого-цифровых преобразователей измерительно-коммуникационного блока.

Измерительно-коммуникационный модуль включает в себя:

- 1) Wi-Fi-модуль для передачи данных по учёту электроэнергии на не большое расстояние (до 50 м) на мобильный терминал;
- 2) ГЛОНАСС/GPS модуль, для синхронизации измерений и «Журнала событий»
- 3) GSM модуль для организации канала передачи данных на верхний уровень АИИС КУЭ.

Измерительно-коммуникационный модуль необходим для выполнения следующих функций:

- 1) преобразование в цифровой код сигналов первичных преобразователей и модуля управления и нормализации сигнала магнитотранзисторного преобразователя;
- 2) расчета значений действующих значений токов напряжений, активной и реактивной мощности;
- 3) хранения данных по профилю нагрузки и по активной и реактивной электроэнергии и др.

Применение АТКУЭ обеспечивает выполнение следующих основных функций: анализ информации об энергопотреблении, обеспечивающий оптимизацию распределения электроэнергии; обнаружение безучетного и бездоговорного потребления – несанкционированных подключений к электросети; удалённое управление приборами учёта.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

С.И. Карпухин

Научный руководитель – Иванов В.С., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются существующие проблемы в сфере энергосберегающих осветительных приборов и особенности их эксплуатации [1, 2, 3, 4]. На смену ламп накаливания пришли люминесцентные лампы, затем светодиодные с параметрами во много раз выше, чем у предшественников. Стоит задача не только создать источник света максимально приближенный к солнечному, но и сделать его экономным, пригодным для различных условий эксплуатации.

Существующими проблемами в энергосберегающих системах освещения на данный момент являются:

- Высокая стоимость производства такого рода устройств.
- Нестабильная работа при сверхнизкой температуре окружающей среды, что характерно для северных регионов нашей страны.
- Выход из строя приборов в жарком климате, что наблюдается в южных районах.
- Возможные наводки в электросети (возникают из-за дросселей и тд.).
- Слабая устойчивость к скачкам напряжения в сети.
- Низкая степень ветро-влагозащиты.
- Малая защита от внешних воздействий (физических).
- Вредное производство энергосберегающих приборов.
- Трудозатратная и дорогостоящая утилизация отработавших свой срок службы приборов.
- Вредные для человеческого глаза пульсации светового потока.
- Инертность освещения (долгое включение, остаточное свечение).
- Низкая ремонтпригодность.

Исходя из существующих проблем, необходимо разработать энергосберегающую систему освещения, характеризующуюся малым электропотреблением, высокой светоотдачей, надежностью и степенью защиты IP, устойчиво работающую в широком диапазоне температуры окружающей среды.

## *Библиографический список*

1. Люминесцентная лампа: устройство, принцип работы, виды, маркировка [Электронный ресурс]  
URL: <https://www.asutpp.ru/lyuminestsentnaya-lampa.html>
2. Лампа ДРЛ: расшифровка, характеристики, устройство, принцип работы [Электронный ресурс] URL: <https://rusenergetics.ru/lampochki/drl>
3. История изобретения и развития светодиодов [Электронный ресурс] URL: <https://svetodiodnyiekran.ru/poleznaya-informatsiya/istoria-vozniknovenija-svetodiodov.html>
4. ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013, MOD). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

# СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Д.Б. Заборов

Научный руководитель – Фефелов А.А., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время, страны, обладающее развитой промышленностью производят основную часть своей электроэнергии на больших, централизованных электростанциях. Исходя из этого была проанализирована структура электроэнергетики РФ. По функциональному назначению и расположению принято выделять 3 части:

- Центры производства электроэнергии;
- Дальние и магистральные ЛЭП большой мощности;
- Зоны распределения электроэнергии и распределительные сети [1].

Учитывая структуру и мощности в этих автономных регионах целесообразно внедрение полноборных, распределенных удобных для монтажа модульных систем энергоснабжения на базе ВИЭ [2].

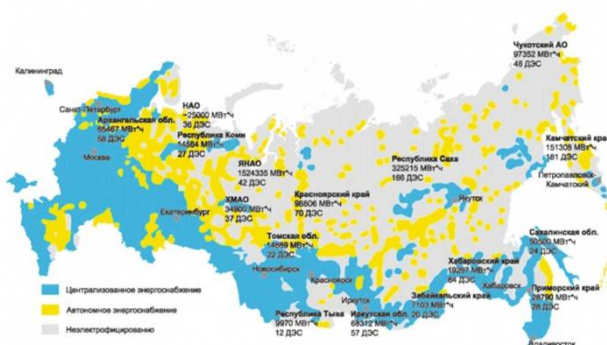


Рисунок - Структура энергопотребления и мощности автономных ДЭС

Для рассмотрения мной был выбран населенный пункт – поселок Новый Кудом, в Рязанской области, Спасском районе, (КТП – 3497). Поселение располагается на достаточно большом удалении от районного центра (45 км). Дополнительными отягощающими условиями являются труднодоступная местность, а именно, проселочные дороги, проходящие через леса.

В период с 1 января 2020 по 31 декабря 2021 года в поселке Новый Кудом Спасского района, где ведет свою деятельность Рязанская областная электросетевая компания, было зафиксировано 16 отключений, часть из которых превышает допустимые нормы в 24 часа. В основном они связаны с обрывом линии, то есть обрывом одного фазного провода 10 кВ. Анализ способов повышения надежности электроснабжения показал возможность использования резервирования на основе ВИЭ, для резервирования 11,2 кВт в среднем за сутки простоя.

## Библиографический список

1. The Concept of Autonomous Power Supply System Fed with Renewable Energy Sources, [Электронный ресурс], // <https://www.sdewes.org/jsdewes/index.php> Journal of sustainable development of energy, water and environment systems, 2017. URL: <https://www.sdewes.org/jsdewes/pid5.0160> (дата обращения 01.04.2022);



2. Елистратов В.В., Федоров М.П. Автономное энергоснабжение территорий РФ энергокомплексами на основе традиционных и возобновляемых источников энергии: Мат. REENFOR-2014. — М.: ОИВТ РАН, 2014.

## СИСТЕМА УЧЁТА В ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Б.С. Дусмуродов

Научный руководитель – Васильева Т.Н., д-р техн. наук, профессор

В докладе рассматриваются особенности системы учёта электроэнергии в цифровых подстанциях, а также принцип работы оптических измерительных трансформаторов [1, 2, 3].

Как правило, чем длиннее провод между измерительными трансформаторами и счетчиками электроэнергии, тем выше потери и ниже класс точности измерительной системы. Чтобы уменьшить потери и повысить класс точности, в соответствии с протоколом МЭК 61850 информации передаются по оптоволоконным кабелям. Для этой цели используются специальные преобразователи аналогового сигнала на цифровой сигнал такие как, Merging Units и Micro RTU. Merging Units - это преобразователь соединяющий приборы учета с измерительными трансформаторами. Micro RTU - используется для связи между измерительными трансформаторами и коммутационных устройств.

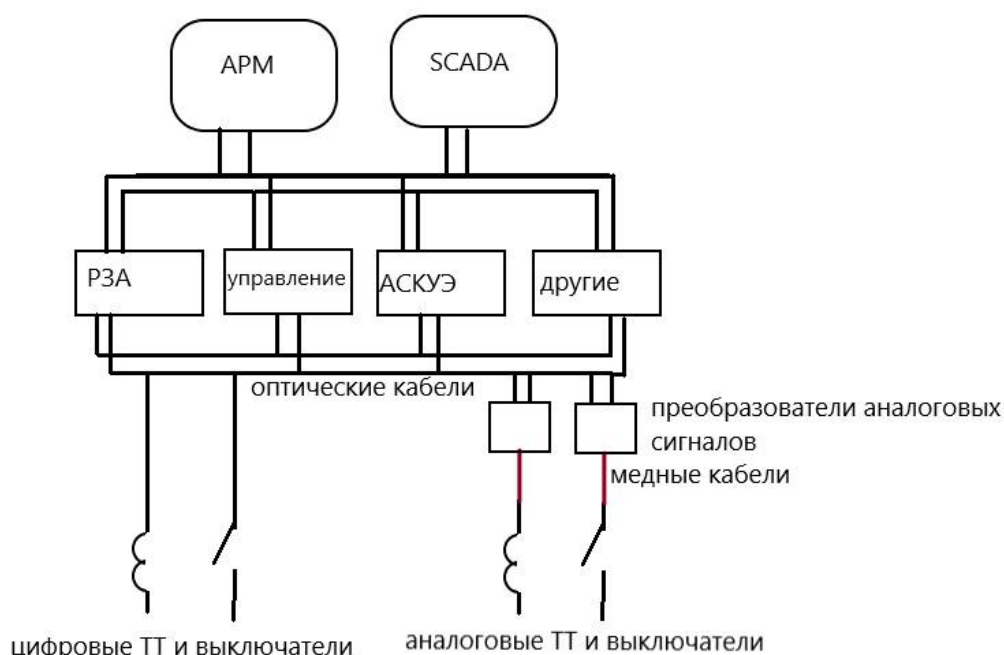


Рис.1. Схематическое изображение цифровой подстанции

В сегодняшнее время для применения в цифровых подстанциях производятся цифровые измерительные трансформаторы. Необходимо отдельно отметить измерительные трансформаторы нового поколения - оптические трансформаторы тока и напряжения. Уникальность таких трансформаторов заключается в том, что их принцип работы основана на оптических эффектах. Внутри одного такого устройства установлен два блока: элек-

тронный и оптический. На стороне высшего напряжения расположен оптический блок и работает по принципу эффекта Фарадея или эффекта Керра и Пекельса. Аналоговый световой сигнал генерируется на выходе этого оптического привода. Электронный блок в соответствии с МЭК 61850 преобразует данные на цифровой сигнал для передачи по оптоволоконному каналу.

В аналоговой системе учёта потери могут достигать до 2%. Применение цифровых технологий в системе учёта даёт возможность уменьшить потери в 4 раза, т.е. в цифровых системах учёта максимальное значение потерь может достигать - 0,5%.

#### *Библиографический список*

1. Протокол МЭК 61850. Коммуникационные сети и системы подстанций. Общий обзор для пользователей. Drew Baigent, Mark Adamiak, Ralph Mackiewicz;
2. Структура стандарта МЭК 61850. Alexander Golovin, Alexey Anoshin;
3. Аношин А.О., Головин А.В. Стандарт МЭК 61850. Протокол GOOSE. Новости ЭлектроТехники. 2012. № 6 (78).

### **АНАЛИЗ И РАСЧЕТ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ 10/0,4 КВ РЯЗАНСКОГО РЭС**

Р.О. Новичков

Научный руководитель – Иванов В.С., канд. техн. наук, доцент

Цель работы – анализ сети электроснабжения ПАО "Россети Центр и Приволжье" - "Рязаньэнерго" Рязанский РЭС с номинальным напряжением 10/0,4 кВ и поиск методов снижения несимметрии напряжения на примере отдельного участка сети.

Проводится исследование участка цепи в текущем, на момент проверки, состоянии. Выявляются предположительные причины появления несимметрии напряжения и методы их решения исходя из состояния участка цепи и его соответствию современным требованиям.

Снижения уровня несимметрии напряжения можно достичь перераспределением нагрузок в цепи 0,4 кВ, реконструкцию подстанции и ВЛ участка 0,4 кВ, установка умных приборов учета и проведением актуализации схем для улучшения качества обслуживания участка цепи.

Анализ участка сети электроснабжения приводит к важным направлениям развития сетей, которые касаются любого участка цепи:

- улучшение и адаптация к современным реалиям сетей 10/0,4 кВ , недопуск морального и технического устаревания оборудования.

- совершенствование контроля передачи электроэнергии потребителям путем установки современных ПУ и периодических осмотров сети.

- установка оборудования соответствующая мощностям потребителя с некоторым запасом для возможности подключения новых, без увеличения потерь и несимметрии напряжений.

- актуализация и проверка элементов сети на техническое состояние, улучшение надежности электроснабжения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ И ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ РЯЗАНЬЭНЕРГО**

Р.Б. Манафов

Научный руководитель – Иванов В.С., канд. техн. наук, доцент

На сегодняшний день на основании Федеральным Законом "Об электроэнергетике" идёт модернизация электроэнергетики. Ее основной задачей характеризуется достижение результата равновесия экономических интересов потребителей электроэнергии на основе максимально допустимых конкуренций и рыночных отношений как главного элемента увеличения эффективности электроэнергетики.

Внедрение в электроэнергетику критериев рыночных отношений и конкуренции нацелит тактику сетевых предприятий в направлении уменьшения затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание, рост производительности трудовой деятельности, к тому же усовершенствование всех сфер производства.

Главными методами роста экономичности деятельности электрической сети характеризуется уменьшение технологических потерь электроэнергии до экономической целесообразности, допустимой экономической плотности тока ( $j$ ), а также уменьшение промышленных потерь в распределительных электрических сетях.

## **АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АВР С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЛЕ ZELIO LOGIC**

Д.И. Кочетков

Научный руководитель – Иваников А.С., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассмотрены типовые схемы подключения АВР, а именно схемы «два ввода на систему шин», «два ввода с секционированием», «два ввода с секционированием + ввод от ДЭС». Приведены примеры использования АВР в промышленности с целью сохранения непрерывности технологического процесса.

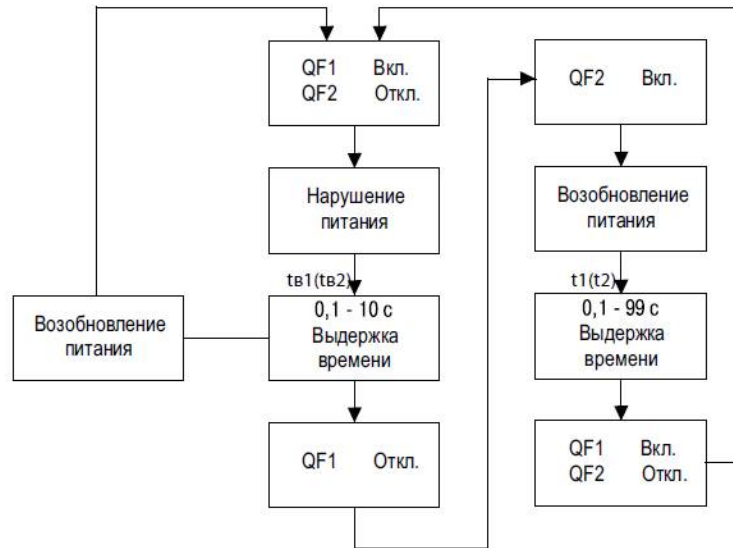


Рисунок 1. Структурная схема алгоритма работы АВР в схеме «Два ввода на систему шин».

Рассмотрим работу блока АВР в данном режиме «Два ввода на систему шин» .

В данном случае QF1 является выключателем основного ввода, QF2 – выключателем резервного ввода. При нарушении электропитания на основном вводе изменится положение контактов реле CV1 или CV 2. По прошествии времени  $t_{в1}$  выполняется команда на отключение автоматического выключателя QF1 основного ввода. Приняв сигнал об отключенном состоянии, блок управления АВР отправляет команду на включение автоматического выключателя QF2 резерва. Начало работы АВР осуществляется при наличии напряжения на резервном вводе, в случае если автоматический выключатель QF1 находится в нерабочем состоянии, контроллер SA1 находится в положении «авт.», на входе «блокировка АВР» отсутствует сигнал.

Если напряжение на основном вводе восстанавливается до установленного уровня за время меньше  $t_{в1}$  , то сигнал на отключение QF1 не отправляется.

## СЕКЦИЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

### РАСЧЕТ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ С КВАНТОВОЙ ЯМОЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ИЗЛУЧАТЕЛЯ ЗЕЛЕННОГО СВЕТА

И.Ф. Шерова

Научный руководитель - Литвинов В. Г., д-р физ.-мат. наук, доцент

В докладе рассмотрены результаты расчета полупроводниковой гетероструктуры с квантовой ямой и зонной диаграммой второго типа, которая может быть использована для создания излучателей зеленого света.

Для проведения модельных расчетов была выбрана гетеропара широкозонных полупроводниковых соединений A<sub>2</sub>B<sub>6</sub>. В качестве материала для квантовой ямы (КЯ) для электронов был выбран твердый раствор Zn<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>S, в качестве потенциального барьера - ZnS<sub>y</sub>Se<sub>1-y</sub>. При определенных значениях молярных долей x и y, слои в 2D-структуре могут быть согласованы с периодом кристаллической решетки доступной подложки GaAs. В такой структуре минимизированы внутренние упругие напряжения, что обеспечивает большой квантовый выход, и делает структуру более долговечной в эксплуатации [1]. В качестве рабочей длины волны излучательного перехода выбрана длина 520 нм при энергии излучения 2,38 эВ. Выполнение расчетов производилось в среде MathCad. На основе приближения твердого тела (Model solid) [2] были рассчитаны энергии минизон размерного квантования электронов с учетом влияния упругих напряжений на зонную энергетическую структуру. Воздействие упругих напряжений уменьшило величину разрыва зоны проводимости, увеличив при этом энергию излучательного перехода, что учитывалось при подборе ширины КЯ в пределах 5-7 нм и молярной доли Cd. При высоком уровне накачки КЯ электронами зоны изгибаются. В валентной зоне образуется треугольная КЯ для дырок, начинается размерное квантование их потенциальной энергии. В работе произведена оценка размерного квантования в треугольной потенциальной яме для различных величин напряженности электрического поля. С увеличением напряженности электрического поля на порядок (от 0,2 В/мкм до 2 В/мкм), энергия излучательного перехода увеличивается на 20-30 мэВ. В результате расчетов были получены длины волн, соответствующие волновому диапазону зеленого света. Длина волны 520 нм получена в результате перехода с основного энергетического уровня электронов в валентную зону ZnS<sub>y</sub>Se<sub>1-y</sub>. Работа выполнена в НОЦ «ННМУ» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

#### *Библиографический список*

1. В. И. Козловский, Д. А. Санников, Д. Е. Свиридов. Наноразмерные гетероструктуры ZnCdS/ZnSSe для полупроводниковых лазеров // Краткие сообщения по физике. Москва, ФИАН, 2007, 10 с.
2. Van de Walle C.G. Band lineups and deformation potentials in the model-solid theory // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. P. 1871-1883.

# **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЛУБОКИХ ЦЕНТРОВ НА ВРЕМЯ ЖИЗНИ НЕОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

Д. Р. Горячкин

Научный руководитель – Гудзев В.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

Нестабильность параметров элементов микро- и наноэлектроники во многом обусловлена дефектами и примесями, которые возникают в структурах в технологическом процессе изготовления или появляются в результате эксплуатации.

Глубокие центры (ГЦ) влияют на время жизни носителей заряда, поэтому исследование глубоких энергетических уровней в основных структурах современных элементов микро- и наноэлектроники позволяет понять их физику и выбрать режим технологического процесса, ограничивающий дефектообразование.

В настоящее время разработано множество методов экспериментального исследования параметров ГЦ и определения времени жизни носителей заряда.

Целесообразнее всего объединить в одно температурное сканирование определение времени жизни и исследование параметров ГЦ, воспользовавшись совмещением метода релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ) и метода модуляции проводимости в точечном контакте.

Метод РСГУ является наиболее чувствительным по определению концентрации глубоких центров и позволяет определить их энергию активации и сечение захвата [1]. В основе метода РСГУ лежит изучение изменения барьерной емкости диода Шоттки (р-п-перехода) или тока через него при изменении заселенности электронами (дырками) глубоких уровней в области пространственного заряда под действием внешнего напряжения или освещения.

Метод модуляции проводимости в точечном контакте не требует использования коллекторного контакта, нелинейность которого осложняет измерения, позволяет измерять локальное время жизни, характерное для небольшой приконтактной области как на специальных образцах, так и непосредственно на слитках, менее чувствителен к состоянию поверхности, позволяет просто измерить температурную зависимость времени жизни носителей заряда.

Подавая последовательно два тестовых импульса для определения времени жизни, а затем импульсы заполнения и опустошения глубокого уровня, можно в одном температурном цикле определить время жизни неосновных носителей заряда и параметры ГЦ, такие как, энергию активации, сечение захвата и концентрацию. Такое совместное исследование даст возможность понять влияние ГЦ на время жизни неосновных носителей заряда в полупроводнике.

1. Гудзев В.В Исследование глубоких энергетических уровней в барьерных структурах на основе кристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния / Дисс. канд. физ. мат. наук: Рязань, 2015. 168 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНДИНЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ Ge-Sb-Te ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Е.С.Трофимов, Н.М. Толкач

Научный руководитель – Вишняков Н.В., канд. техн. наук, доцент

В работе проведены исследования степени кристалличности локальных участков пленки Ge-Sb-Te (GST) при разных параметрах лазерного импульсного воздействия.

Степень кристалличности пленок GST оценивалась с помощью комбинации метода фотометрии на отражение и на просвет и приближения эффективной среды (типа Брейггемана) в виде аморфной матрицы с растущим количеством сферических кристаллитов по следующей формуле:

$$C = (\bar{n}^2 - \bar{n}_a^2) (2\bar{n}^2 + \bar{n}_c^2) / (3\bar{n}(\bar{n}_c^2 - \bar{n}_a^2)), \quad (1)$$

где  $\bar{n}$ ,  $\bar{n}_a$  и  $\bar{n}_c$  - комплексные показатели преломления пленки GST в текущем, аморфном и кристаллическом состоянии, соответственно [1].

Пленки GST толщиной 24 нм наносились методом магнетронного распыления на стеклянную подложку со слоем проводящего окисла ITO. Для экспериментальных исследований использовался измерительный комплекс на базе зондовой лаборатории Ntegra-Spectra (NT-MDT SI, Россия), позволяющий проводить исследования методами рамановской спектроскопии, атомно-силовой микроскопии (АСМ), оптической микроскопии, фотометрии и лазерную модификацию пленки. Изменение фазового состояния локальных областей пленки GST с кристаллического на аморфное проводилось с помощью импульсного лазера 405 нм. При этом диаметр сфокусированного пятна составлял около 1 мкм, длительность импульсов от 5 до 30 нс и энергетическое воздействие от 2 до 4 нДж/мкм<sup>2</sup>. Длина волны 405 нм модифицирующего лазера выбиралась из-за его высокого поглощения пленкой GST. Степень кристалличности оценивалась по спектрам комбинационного рассеяния света. Фотометрия локальных областей использовалась для измерения отражательной способности и пропускающей способности пленки при длине волны 1550 нм.

Обнаружено, что изменение энергетической экспозиции лазерного излучения в обозначенных выше пределах приводит к изменению коэффициентов отражения и пропускания минимум вдвое. что определяется степенью кристалличности. Эти результаты демонстрируют возможность многоуровневой модуляции оптического сигнала на длине волны 1550 нм и позволяют установить оптимальные режимы лазерного излучения на длине волны 405 нм для инициирования преобразований фазового состояния материала GST с необходимой степенью кристалличности.

Работа выполнена с использованием оборудования РЦЗМкп РГРТУ им. В.Ф. Уткина в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (FSSN-2020-0003).

1. Kim D H, Merget F, Laurenzis M, Bolivar P H, Kurz H 2005 J. Appl. Phys. 97(8) 83538

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫПРЯМЛЯЮЩЕГО КОНТАКТА МЕТАЛЛ - ПОЛУПРОВОДНИК**

Ю.Д. Гудков

Научный руководитель – Мишустин В.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент

В докладе рассмотрены результаты разработки программы, позволяющей моделировать электрофизические характеристики выпрямляющего контакта металл – полупроводник в зависимости от характеристик контактирующих материалов и внешнего приложенного напряжения. Результаты моделирования визуализируются посредством динамически изменяющейся энергетической зонной диаграммы контакта при изменении внешнего напряжения.

Был проведен анализ доступных математических программ, позволяющих реализовать данное моделирование. Выбор был сделан в пользу программного пакета «Maple». Данный программный продукт представляет собой систему компьютерной алгебры, которая позволяет пользователям решать математические задачи практически любой сложности, содержит более 5000 встроенных функций, а также обладает функционалом для создания 2D- и 3D- визуализации и анимации [1].

Математический аппарат, используемый при моделировании зонной диаграммы, базируется на решении одномерного уравнения Пуассона в приближении полного обеднения [2]. В результате получают пространственное распределение электростатического потенциала внутреннего электрического поля и ширины области пространственного заряда в зависимости от концентрации легирующей примеси, встроенного потенциала и внешнего приложенного напряжения. Здесь не учитывается влияние температуры и наличие дефектов на границе раздела металл – полупроводник на результаты моделирования.

Для реализации динамического изменения зонной диаграммы контакта в зависимости от приложенного внешнего напряжения были использованы команды «Explore» и «Animate». Можно непосредственно в окне программы перемещать движок, соответствующий внешнему напряжению, и наблюдать изменения зонной диаграммы, а также можно сформировать исполнительный файл с расширением exe, либо реализовать gif анимацию.

Результаты работы могут быть использованы для моделирования более сложных барьерных структур типа p-n и p-i-n переходов, гетеропереходов, а также многослойных полупроводниковых структур. Кроме того программа моделирования может быть использована в качестве наглядного пособия на лекционных и практических занятиях по дисциплинам «Физические основы микро- и нанoeлектроники», «Твердотельная электроника» и др.

### *Библиографический список*

1. Система компьютерной алгебры Maple [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://basissoft.ru/map\\_product\\_maple.html](https://basissoft.ru/map_product_maple.html) (дата обращения: 09.04.2022).

2. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков: учеб. пособие. - М.: "Высш. школа". 1977. 448 с., ил.



# ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОНКИХ ПЛЕНОК CZTS И НАНОПОРИСТЫХ ПОРОШКОВ ZNO

А.А. Жарков

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Рыбина Н.В.

Математическая обработка данных о рельефе поверхности тонких пленок CZTS [1] и нанопористых порошков ZnO [2] в данной работе производилась несколькими методами. Основой из них является метод Scale-Space. Представляет собой обработку изображения поверхности сглаживающей функцией Гаусса [3]. С помощью метода двумерного флуктуационного анализа с исключенным трендом (2D DFA) можно определить корреляционный вектор, по которому можно установить периодичность в структуре, и скейлинговый показатель, отражающий тип структуры [4]. С помощью совместного применения методов 2D DFA и Scale-Space был получен график скейлингового показателя  $\alpha$  от масштаба периода Гауссовой функции. Третьим методом обработки данных являлся метод средней взаимной информации (СВИ). Используется для определения степени корреляций в структуре материала по построению двумерного распределения средней взаимной информации по ненаправленному вектору между точками, характеризующими структуру материалов [4].

Поверхности, выбранные для обработки данными методами, были рельефы тонких пленок CZTS и нанопористых порошков ZnO, полученных при разных температурах. Методом СВИ были получены графики взаимной информации от масштаба гауссовой функции. Кроме графиков были получены числовые значения характеристик. По ним было определено, что изученные поверхности при разных температурах имеют разные значения упорядоченности структур, информационной емкости и энтропии. Сравнительный анализ полученных значений показал, что упорядоченность, информационная емкость исследованных структур увеличивалась в зависимости от роста температуры получения образцов.

## *Библиографический список*

1. He, J., Sun, L., Chen, Y., Jiang, J., Yang, P., & Chu, J. (2014). Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> thin film solar cell utilizing rapid thermal process of precursors sputtered from a quaternary target: a promising application in industrial processes. RSC Adv., 4(81), 43080–43086.
2. Virtudazo, R.V.R., Guo, Q., Wu, R., Takei, T., & Mori, T. (2017). An alternative, faster and simpler method for the formation of hierarchically porous ZnO particles and their thermoelectric performance. RSC Advances, 7(51), 31960–31968.
3. Алпатов А.В., Рыбина Н.В, Применение методики scale-space к исследованию самоорганизующихся структур// Поверхность. рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, №7, 2019 г. С. 92-98.
4. Алпатов А.В., Вихров С.П., Вишняков Н.В, Мурсалов С.М., Рыбин Н.Б., Рыбина Н.В, Комплексный метод исследования корреляционных параметров самоорганизованных структур// ФТП, 2015, т. 49, вып.1, 2016 г. С. 23-29.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ БАРЬЕРНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ АДМИТТАНСА

Ю.Н. Денисова

Научный руководитель – Мишустин В.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент

В докладе описано применение методики спектроскопии адмиттанса (полной проводимости) для исследования полупроводниковых материалов и барьерных структуры микро- и наноэлектроники. Метод продемонстрировал свою эффективность для диагностики большинства применяемых в электронике полупроводниковых материалов в широком диапазоне основных электрофизических характеристик: значений концентраций носителей заряда, их подвижности и др.

Представлены результаты экспериментального исследования различных образцов многослойных полупроводниковых барьерных структур, которые отличаются типом проводимости полупроводника, удельным сопротивлением подложки, параметрами техпроцесса (температурой и временем осаждения) пленки  $\alpha$ -Si:H.

Толщины пленки  $\alpha$ -Si:H на подложке и состояние ее поверхности контролировались методами атомно-силовой (зондовая нанолаборатория INTEGRA-AURA, NT-MDT, Россия) и растровой электронной микроскопии (растровый электронный микроскоп JSM-6610LV, JEOL, Япония). Электрофизические измерения были выполнены на измерительно-аналитическом комплексе на основе прецизионного измерителя LCR E4980A (Agilent Technologies, США). Автоматизация процессов измерения и обработки данных реализована в среде инженерно-графического программирования LabView.

Для измерения спектров полной проводимости в экспериментальных структурах были использованы две эквивалентных схемы – параллельная и последовательная. По полученным данным были построены графики вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик для каждого из образцов. Анализ этих данных позволил установить преобладающие механизмы токопереноса, характеристики барьеров на границах раздела в исследуемых структурах, а также построить их энергетические зонные диаграммы. Полученные экспериментальные результаты были сопоставлены с известными теоретическими моделями.

Работа выполнена с использованием оборудования Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования РГРТУ.

## *Библиографический список*

1. Зубков В.И. Диагностика полупроводниковых наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса. (СПб.: ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор», 2007), 220 с.
2. Зубков В.И. Диагностика гетероструктур с квантовыми ямами  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$  методом вольтфарадных характеристик: разрывы зон, уровни квантования, волновые функции // ФТП, 2007. Т. 41, вып.3, С. 331.
3. Zubkov V.I., Kapteyn C.M.A., Solomonov A.V., Bimberg D. Voltage-capacitance and admittance investigations of electron states in self-organized  $\text{InAs}/\text{GaAs}$  quantum dots // J. of Physics: Condens. Matter, 2005, v. 17. P. 2435.

## СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ АЛКИЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП НА ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕГО ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ

С.А. Малахова, М.С. Лобанова, К.М. Суджян

Научный руководитель – Маслов А.Д., канд. физ.-мат. наук, доцент

В данной работе проводится диагностика признаков проведения алкилирования поверхности пористого кремния методом ИК-спектроскопии. Цель работы регистрация алкилзамещенного пористого кремния методом ИК-спектроскопии в результате некаталитической модификации. Для достижения поставленной цели необходимо получить пористый кремний и отметить наличие в нем Si-H связей, которые необходимы для дальнейшего модифицирования поверхности алкилированием.

Пористый кремний можно получить с помощью кислотного травления. Для этого использовался образец кремния n-типа размером 2x3 см. Состав электролита травления представлял собой плавиковую и азотную кислоты в соотношении 8:2. Время травления составило 20 секунд. Тара для травления: термоустойчивый полиэтилен. Для того, чтобы отследить образование Si-H связей после травления, пластина кремния была исследована на ИК-спектрометре. По результатам исследования, в диапазоне  $2350\text{см}^{-1}$  наблюдался пик, который согласно литературным данным [1] означает связь  $\text{O}_3\text{Si}-\text{H}$  (кислород в этой связи является следствием окисления протравленной пластины кремния).

Для проведения алкилирования по связям Si-H без использования катализаторов протравленный образец пористого кремния был погружен в октен-1 в толуоле и нагревался до  $100\text{-}130\text{ }^\circ\text{C}$  примерно 8 часов. Далее образец высушивался в течение 20 минут при температуре  $130\text{ }^\circ\text{C}$ , которая превышает температуру кипения октена-1 ( $121\text{ }^\circ\text{C}$ ), это позволило удалить с поверхности пористого кремния октен-1, задержавшийся в результате физического взаимодействия. Дальнейшее исследование на ИК-спектрометре, несмотря на низкую чувствительность данного метода, подтвердило присутствие алкильных групп по характерным пикам в диапазоне  $2800\text{-}3000\text{ см}^{-1}$  [2]. Таким образом, алкильные группы на поверхности пористого кремния в результате его некаталитической модификации были зафиксированы.

#### *Библиографический список*

1. Исследование электронного строения и химического состава пористого кремния, полученного на подложках n- и p-типа, методами XANES и ИК спектроскопии / А.С. Леншин, В.М. Кашкаров, П.В. Середин и др. // Физика и техника полупроводников. – 2011. – том 45. – вып. 9. – С. 1229-1234.
2. Alkylation of porous silicon by direct reaction with alkenes and alkynes/ James E. Bateman, Robert D. Eagling, David R. Worrall, Benjamin R. Horrocks, Andrew Houlton // Chem. Int. Ed. – 1998.- 37. - No. 19. – P.2682-2685.

## ПЕРЕРАБОТКА КРЕКИНГ-ОСТАТКА УСТАНОВКИ ВИСБРЕКИНГА В ВАКУУМНОЙ КОЛОННЕ К-5 АВТ-1

С.Н. Райович

Научный руководитель – Семенов А.Р.

В докладе рассматривается возможность переработки крекинг – остатка установки висбрекинга в вакуумной колонне [1] К-5 ЭЛОУ – АВТ – 1. На инженерной модели вакуумной колонны К-5 АВТ-1 было проведено разделение крекинг – остатка, полученного в инженерной модели установки висбрекинга. Выходящие 1,2,3 и 4 масляные фракции объединены в общий поток вакуумного газойля (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение полученных значений со значениями «Башнефть-Новойл»

Наименование	Башнефть - Новойл	Расчетные данные
	% масс	% масс
Поступило		
Гудрон	100,00	93,13
ЛГКК	-	6,87
Итого	100,00	100,00
Получено		
Сероводород	0,28	-
Жирный газ	2,56	1,32
Бензин висбрекинга	6,15	3,31
Газойль висбрекинга	15,93	-
КДТ+ДТ ВСС	-	16,88
Вакуумный газойль	8,56	18,58
Вакуумированный остаток	66,52	59,91
Итого	100,00	100,00
Показатели качества		
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1082,50	1082,44
Содержание серы, % масс.	4,13	3,29

Результаты, полученные на инженерной модели, сопоставимы с показателями работы установок «Башнефть-Новойл» и УНПЗ. Также наблюдаются существенное увеличение верхнего продукта К-5, что повлечет за собой рост нагрузки на ВСС.

Проведенные расчеты показали возможности переработки крекинг-остатка установки висбрекинга в вакуумной колонне К-5 АВТ-1, при доработке технологических ограничений предлагаемой схемы.

1. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.

## **СЕКЦИЯ АВТОМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ**

### **КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ЗАШУМЛЕННЫХ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОЙ ПОРОГОВОЙ И БЕСПОРОГОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННО- ОРИЕНТИРОВАННЫХ ДЕРЕВЬЕВ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Д.С. Воробьев

Научный руководитель - Бехтин Ю.С., д-р техн. наук, профессор

Цель данной работы - представить полностью автоматическую схему комплексирования зашумленных изображений путем совмещения двух вариантов обработки их вейвлет-коэффициентов для расчета пикселей итогового изображения повышенного качества. Первый вариант предусматривает пороговую обработку вейвлет-коэффициентов, упорядоченных в виде пространственно-ориентированных деревьев (ПОД) для каждого из изображений. Тем не менее, пороговая обработка приводит к появлению артефактов звона в комплексированном изображении, что занижает значения критериев качества, такие как пиковое отношение сигнал-шум (ПОСШ) и индекс структурного сходства (SSIM). Поэтому, чтобы избежать артефактов в финальном изображении, предлагается применять логическую процедуру обработки, чтобы сохранить полезный контент входных изображений. Так, выбирая для комплексированного изображения минимальный вейвлет-коэффициент, организуется беспороговая обработка ПОД. Таким образом, возникает задача выбора соответствующего правила обработки ПОД в процессе комплексирования мультиспектральных зашумленных изображений.

В работе предлагается использовать следующей принцип отбора правила обработки ПОД. Для каждого ПОД вычисляется дисперсия шума как первый элемент автокорреляционной функции вейвлет-коэффициентов, участвующих в формировании ПОД. Затем производится сравнение полученных значений дисперсий шума в вейвлет-коэффициентах и отбирается ПОД с самым высоким уровнем шума. К данному ПОД применяется пороговая обработка. Остальные ПОД остаются без изменений. Наконец, ко всем ПОД применяется вторая схема логической обработки для выбора вейвлет-коэффициентов из всех ПОД с минимальным значением.

Результаты имитационного моделирования показали преимущество предложенного метода комплексирования по критериям ПОСШ и SSIM по сравнению с такими методами как усреднение, медианная фильтрация, отбор максимального вейвлет-коэффициента, грубая пороговая обработка + селекция максимального вейвлет-коэффициента и т.п.

# **ОЦЕНИВАНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕЧНОГО ОБЪЕКТА В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ С СУММИРОВАНИЕМ И МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ ЛИНЕЕК ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Д.Р. Абрамов

Научный руководитель - Бехтин Ю.С., д-р техн. наук, профессор

Сегодня актуальным является обнаружение точечных объектов (ТО) и оценка их координат в бортовых инфракрасных системах, используемых в различных гражданских приложениях, включая дистанционное обнаружение лесных пожаров, световых сигналов от заблудившихся людей, утечки газа или нефти из трубопроводов и т.д. [1] Обычно диаметр светового пятна ТО на выходе объектива фотоприемника равен размеру площадки фоточувствительного элемента (ФЧЭ). В работе рассматриваются фотоприемники с линейками ФЧЭ, содержащих до нескольких тысяч элементов. Однако для обнаружения слабых оптических сигналов используют режим временной задержки и накопления сигналов, суммируя и мультиплексируя сигналы с выходов нескольких ФЧЭ (принцип ВЗН). Таким образом, в процессе сканирования световое пятно ТО последовательно проходит все объединенные ФЧЭ [1].

В данной работе предлагается для повышения точности оценивания координат ТО использовать информацию со всех объединенных ФЧЭ, если имеется возможность после мультиплексирования записать во временную память «промежуточные» сигналы. Следовательно, можно искусственно увеличить диаметр пятна рассеяния, используя какой-либо алгоритм аппроксимации. Данный подход позволяет снизить влияние следующих факторов.

Во-первых, низкая частота встроенных мультиплексоров приводит к небольшому числу выборок для импульсов от светового пятна по каждому ФЧЭ, и, следовательно, к малым амплитудам импульсов, поскольку положения импульсов случайны по отношению к моментам выборки. Во-вторых, обнаружение таких слабых сигналов проводится в условиях действия геометрического шума (ГШ), включая ГШ темнового тока, ГШ чувствительности (или неоднородности коэффициентов передачи ФЧЭ), ГШ дефектных элементов, теплового шума (описывается как коррелированный белый шум).

Таким образом, если проблема обнаружения ТО путем согласованной фильтрации слабых сигналов и решается с помощью ВЗН, то оценка координат возможна только с точностью до десятых долей размера площадки ФЧЭ. Как показали результаты имитационного моделирования, предложенный подход методом со взвешиванием дает точность в оценке координат до сотых, а иногда и до тысячных долей размера ФЧЭ.

1. Y. Yardimci, J. Cadzow, and M. Zhu, "Comparative study of high resolution algorithms for multiple point source location via infrared focal plane arrays," Proceedings of the SPIE, Signal and Data Processing of Small Targets, 1993, pp. 59–69.

# УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СУБПОЛОСНОЙ ВЕЙВЛЕТ-ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ОДНОРОДНОСТИ ТЕКСТУРЫ

Е.С. Гончарова

Научный руководитель - Бехтин Ю.С., д-р техн. наук, профессор

Для устранения мультипликативных и низкочастотных помех на изображениях применяются различные методы обработки, в том числе с использованием вейвлет-преобразований. В последнем случае для фильтрации применяется пороговая обработка вейвлет-коэффициентов, приводящая к появлению блочных артефактов на изображении.

Известен помехоустойчивый цифровой стабилизатор импульсных сигналов [1], который ориентирован на восстановление их заданного уровня в условиях действия высокочастотных и низкочастотных помех. В случае зашумленного изображения можно перейти к рассмотрению многоуровневого восстановления его данных. В этом случае целесообразно говорить о помехоустойчивом аналого-цифровом преобразователе (ПАЦП) [2]. Однако, как было установлено экспериментально, ПАЦП эффективен для одномерных сигналов. В связи с этим в работе предлагается использовать вейвлет-преобразование зашумленного изображения, после которого вейвлет-коэффициенты каждой высокочастотной субполосы (т.н. детали), динамический диапазон которых ограничен, разбиваются на относительно небольшое количество уровней однородности (5-9). Затем все вейвлет-коэффициенты, попавшие в интервал между разрешенными уровнями, подвергаются стабилизации к заданному уровню на основе вероятностного реле [2]. При этом нахождение оценки вейвлет-коэффициента сводится к вычислению апостериорных вероятностей того, что неискаженный вейвлет-коэффициент превышает заданные уровни квантования (уровни однородности). В настоящий момент последовательность изменения состояний вейвлет-коэффициентов по уровню описывается простой цепью Маркова с двумя состояниями.

Результаты статистического моделирования показали, что предлагаемый метод улучшения качества зашумленных изображений показывает удовлетворительные результаты по критериям пикового отношения сигнал-шум, индексу структурного сходства SSIM, не внося дополнительных артефактов и искажений.

## *Библиографический список*

1. Y. S. Bekhtin, Y. A. Filatov and A. A. Lupachev, "Digital Stabilizing Pulse Signals on the Base of their State Estimators under Noise Environment," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-7.
2. Коршунов Ю.М., Симкин А.В., Филатов Ю.А. Статистический метод определения интервала существования импульсного сигнала относительно порогового уровня // Приборостроение. 1982. №8. С.12-15.



# **МОДЕЛЬ ЕСТЕСТВЕННО-ЯЗЫКОВОГО ОПИСАНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВОДИТЕЛЕМ ВЕДУЩЕГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО УПРАВЛЕНИЮ КОЛОННОЙ АВТОРОБОТОВ**

А.В. Елманов

Научный руководитель - Бехтин Ю.С., д-р техн. наук, профессор

Система поддержки принятия решений (СППР) водителя ведущего транспортного средства по управлению колонной автороботов в условиях экстремальной и нестационарной среды выполняет оценку дорожной обстановки, генерирует решения, сценарии, обеспечивает постоянный обмен информацией, согласует групповые решения в колонне, моделирует принимаемые решения, осуществляет динамический компьютерный анализ возможных последствий принимаемых решений, производит сбор данных о результатах реализации принятых решений и осуществляет оценку результатов.

Как показывает опыт обработки реальных нештатных ситуаций в колонне автороботов с помощью такой СППР, для принятия решения часто бывает недостаточно знать только проявления нештатной ситуации из-за неполноты информации о внутреннем состоянии системы датчиков. Тогда для получения более детальной информации водитель может воспользоваться естественно-языковой диалоговой системой.

Для синтеза нужного сообщения по запросу водителя необходимо иметь семантическое представление звена нештатной ситуации или неисправности. Семантический конструкт – это представление сообщения в векторном семантическом пространстве. Для построения семантического конструкта и синтеза сообщения используются разные алгоритмы. На практике хорошо зарекомендовала себя модель CBOW (Continuous Bag of Words) в составе набора алгоритмов Word2vec [1]. Модель CBOW предназначена для предсказания семантически близких в векторном пространстве слов для поданного на вход контекста.

Разработанный алгоритм использует методы машинного обучения с применением модели нейронных сетей для создания высококачественно двухмерного представления слов, которое позволяет определить отношения между словами на основе статистических методов. Это позволяет использовать простые алгебраические операции над векторами слов. Например, вектор («Неисправность гидроусилителя») - вектор («Отказ») + вектор («Рулевой блок») приводит к вектору, который ближе всего к векторному представлению слова «Неисправность гидроусилителя».

CBOW использует один скрытый слой, полностью подключенный к нейронной сети. Нейроны в скрытом слое линейны. Размер входного слоя зависит от количества слов в обучающей выборке, и должен быть максимально большим, чтобы вместить в себя как можно больше слов.

1. Mikolov, Tomas; Yih, Wen-tau; Zweig, Geoffrey (2013). "Linguistic Regularities in Continuous Space Word Representations." *HLT-NAACL*: pp. 746–751.

# ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ С ОБХОДОМ ПРЕПЯТСТВИЯ

М.Д. Корниенко

Научный руководитель – Бобиков А.И., канд. техн. наук, профессор

Представим задачу о движении объекта в плоскости, заданного моделью  $x'_1 = u_1; x'_2 = u_2$  с ограничением управления  $\varphi(u) = u_1^2 + u_2^2 - 1 \leq 0$ . Необходимо привести объект из произвольного состояния в начало координат за минимальное время  $J = \int_{t_1}^{t_2} dt$ , избегая препятствия в виде квадрата, описанного в единичный круг с центром в  $(2, 0)$ . Допустимая область определяется функцией  $\phi(x, t) = 1 - (x_1 - 2)^2 - x_2^2 \leq 0$ . Принцип минимума действует пока траектория находится внутри допустимого пространства  $s$ , приводит к Гамильтониану  $H(x, \lambda, u) = 1 + \lambda_1 u_1 + \lambda_2 u_2$  и его расширению без учета ограничения на состояние  $\tilde{H} = H + \mu\varphi = H + \mu(u_1^2 + u_2^2 - 1)$ . Задача сводится к проблеме переместить машину Дубинса из точки  $a(\theta = \pi/4)$  в точку  $k(\theta = -\pi/4)$  за минимальное время с обходом препятствия в виде прямоугольника.

Для решения задачи необходимо вписать прямоугольник в круг серого цвета радиусом  $R$ . Затем расположить соответствующим образом окружности с радиусом  $r$ , равным радиусу допустимого поворота машины Дубинса. Для реализации оптимального пути необходимо использовать два вида движения: отрезков прямых и дуг.

Так как гамильтониан линейно зависит от управления, то были найдены выражения для регулярной дуги  $x_p(t) = t \cos K + K_1, y_p(t) = t \sin K + K_2, t \leq t_1$ . Все траектории представляют собой только прямые линии.

Применяя принцип максимума Понтрягина [1], находим для  $u = +1$ , уравнения для движения на дуге:

$$\theta(t) = (t - t_i + \theta(t_i));$$

$$x(t) = x(t_i) + \sin[(t - t_i + \theta(t_i))] - \sin \theta(t_i);$$

$$y(t) = y(t_i) - \cos[(t - t_i + \theta(t_i))] + \cos \theta(t_i).$$

Очевидно, что конечное условие о положении машины дает:

$$x(t) = x(t_i) + \sin[(\tau_i - t_i + \theta(t_i))] - \sin \theta(t_i) - (t_{fi} - \tau_i) \cos \theta(\tau_i) = x(t_{fi});$$

$$y(t) = y(t_i) - \cos[(\tau_i - t_i + \theta(t_i))] + \cos \theta(t_i) - (t - \tau_i) \sin \theta(\tau_i) = y(t_{fi}).$$

Решая эти уравнения, мы находим значение момента переключения  $\tau_i$  и оптимальное значение конечного времени  $t_{fi}^*$ .

1. Pontryagin, L.S.; Boltyanskii, V.G.; Gamkrelidze, R.V.; Mishchenko, E.F. The Mathematical Theory of Optimal Processes; Interscience: New York, NY, USA, 1962.

## **ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

О.В. Мурлейкина

Научный руководитель – Филатов Ю.А. канд. техн. наук, доцент

Важнейшим показателем состояния национальной экономики считается ВВП, изменение которого во времени показывает поведение экономики страны. На основании этого осуществляется перспективное планирование экономики, учитывающее прогнозы ВВП на последующие годы. Прогнозы, в свою очередь, формируются на основании математических моделей поведения ВВП.

Обычно в экономических исследованиях используют статические, например, регрессионные модели. В работе вместе с этим делается попытка применить динамическую модель на примере ВВП США, представленного на интервале 1970- 2015 гг.

Вначале выбирается статическая модель поведения ВВП в виде двухфакторной функции Кобба-Дугласа, показывающей формируется ВВП посредством преобразования факторов - капитала и трудовых ресурсов. Производится параметрическая идентификация функции с целью оценки ее параметров на интервале 1970 – 2009 гг. на основании наблюдений за ВВП, капиталом и трудовыми ресурсами.

По полученной статической модели Кобба –Дугласа делается прогноз на 2010 – 2015 гг. Точность прогнозирования оценивается относительной ошибкой, которая оказывается равной 10,7%.

Затем в качестве модели ВВП выбирается линейная стационарная динамическая модель, имеющая два входа и один выход. Динамическая модель представляет собой две дискретные линейные подсистемы с конечной памятью, на вход одной из них поступают ежегодные данные о капитале, на вход другой – данные о трудовых ресурсах. Выходы подсистем описываются дискретными свертками с соответствующими весовыми функциями. Выход модели, формирующий ВВП, образован суммированием выходов подсистем.

По данным о ВВП, капитале и затратах трудовых ресурсов на интервале 1970 – 2009 гг. осуществляется идентификация весовых функций обеих дискретных подсистем. После этого оценивается адекватность модели наблюдаемым данным.

Далее в работе производился прогноз ВВП на период 2010 – 2015 гг. с помощью динамической модели при различной ее памяти, оценивалась точность прогнозирования посредством относительной ошибки. Эта ошибка при памяти модели, равной 10, получилась равной 3%, а при памяти 20 - 2%.

Таким образом, применение линейной динамической модели ВВП приводит к существенному повышению точности прогнозирования ВВП по сравнению со статической моделью.

# **РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ НАБОРА И СТАБИЛИЗАЦИИ ОБОРОТОВ СЛЕДЯЩЕГО ГИРОКООРДИНАТОРА**

С.А. Потапов

Научный руководитель – А.А. Селяев, канд. техн. наук, доцент

Одной из тенденций современного приборостроения является применение специальных способов подвески подвижных элементов для создания приборов и устройств с особыми свойствами, прежде всего гироскопов, малогабаритных сканирующих устройств и центрифуг. Например, в гировертикали массивный ферромагнитный ротор на воздушной подушке приводится во вращение полем, возбуждаемым статором.

Поскольку силовое взаимодействие подвижной части с неподвижной осуществляется, как правило, через электромагнитное поле, электродинамика этих приборов весьма существенна и специфична для их использования. В электрических машинах обычного типа ротор имеет одну степень свободы движения относительно статора. С применением вместо подшипниковых щитов специальных способов подвески ротор будет иметь относительно статора несколько степеней свободы.

Прежде всего, трехстепенные электрические машины (ТЭМ) имеют трехмерное распределение электромагнитного поля. Движение ротора ТЭМ описывается тремя угловыми координатами, по которым действуют три составляющих магнитного момента, вместо одной составляющей в обычных электрических машинах. Причем добавочные составляющие имеют существенное значение для использования ТЭМ по назначению: они могут вызывать ошибки гироскопа, могут использоваться в качестве коррекции оси вращения ротора. Обеспечение необходимого соотношения момента является специфической задачей теории ТЭМ, не имеющей аналога в обычных электрических системах.

Рассмотренная в докладе модель является одним из простых приближений настоящих систем поддержания частоты вращения в трехстепенных электрических машинах, однако наглядно демонстрирует сложность математического описания и физической реализации данных систем. Поэтому, существуют множество вариантов развития и улучшения данных систем для улучшения качества работы гироскопов, используемых на электромагнитных подушках в различных системах слежения.

## *Библиографический список*

1. Милых А. Н., Барабанов В. А., Двойных Е. В. Трехстепенные электрические машины. К., Изд-во АН УССР, 1979.
2. Милых А. Н. Основы теории электродинамических систем с тремя степенями свободы движения. К., Изд-во АН УССР, 1956.

# РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ В ЦИФРОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Д.Р. Холин

Научный руководитель – Бобиков А.И., канд. техн. наук, профессор

Одним из многообещающих и быстро развивающихся методов для проектирования нелинейных регуляторов является метод, основанный на применении уравнения Риккати [1].

Однако в связи с трудностью поиска цифрового ЗСУР управления в аналитическом виде для объектов высокого порядка возникает необходимость создания инструментария, в котором применяется численный метод.

Инструментарий позволяет проектировать цифровой ЗСУР регулятор, в котором увеличение точности при неизменном шаге дискретизации достигается благодаря использованию последовательных приближений высокого порядка.

Сам инструментарий представляет собой окно, на котором присутствуют поля для ввода исходных данных, а также поля для вывода полученных графиков переменных состояния и графиков сигналов управления, значений оценок приближений.

В инструментарии для получения цифрового (дискретного) управления нелинейной системы используется метод согласования управления/функции Ляпунова [2]. Основная идея этого метода заключается в нахождении такого закона управления при котором свойства дискретной системы управления были бы близки к свойствам субоптимальной непрерывной системы.

Ожидается, что разложения улучшат эффективность цифровой системы управления при достаточно больших периодах дискретизации по сравнению со случаем эмуляции.

Также для увеличения точности проектирования в инструментарии используется введения дополнительных коэффициентов в члены разложения экспоненциального ряда Ли.

Цель использования данного метода повысить точность перепроектирования при заданном периоде дискретизации и фиксированном порядке регулятора за счет введения постоянных коэффициентов в слагаемые, представляющие цифровой закон управления.

Проверка работоспособности проводилась с использованием модели синтетического нелинейного объекта управления второго порядка:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{3}x_2^2 + u. \end{aligned}$$

## *Библиографический список*

1. Бобиков А.И. Субоптимальные нелинейные системы управления: метод расширенной линеаризации. Рязань. 2015.
2. V. Tanasa // Development of theoretical and computational tools for the design of control strategies for nonlinear sampled-data systems.

## АЛГОРИТМ ЛОКАЛИЗАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.В. Яковлев

Научный руководитель – Муравьев В.С., канд. техн. наук

Алгоритмы локализации и распознавания номеров транспортных средств (ТС) применяются для подсчёта количества свободных мест на парковках, контролю проведённого на парковке времени того или иного автомобиля, в системах контроля дорожного движения, в работе станций технического обслуживания и т. п. Данную задачу можно разделить на две части: локализацию автомобильного номера и распознавание.

Из всех подходов, выполняющих локализацию регистрационного номера ТС, стоит особым образом выделить нейронную сеть (НС) YOLO [1], так как она имеет большую скорость работы при приемлемом качестве. В экспериментах применялась третья версия данной НС в двух модификациях: полная версия «YOLOv3» и облегчённая «YOLOv3-tiny».

В экспериментах по обучению данных НС использовался набор данных из 7709 изображений. Обучение длилось на протяжении 100 эпох.

Обучение производилось на протяжении 100 эпох. Для оценки качества работы обученных НС использовали метрики: среднее время обработки изображения  $t_{cp}$ , медианна от отношения площади пересечения к площади объединения  $IoU_{med}$  (Intersection over Union), ошибка первого рода  $L_1$ , ошибка второго рода  $L_2$ . Результаты точности локализации номеров для НС YOLOv3:  $L_1=1,11\%$ ,  $L_2=0,33\%$ ,  $IoU_{med}=99,78\%$ ,  $t_{cp}=0,13с.$ , а для НС YOLOv3-tiny:  $L_1=2,12\%$ ,  $L_2=0,22\%$ ,  $IoU_{med}=99,81\%$ ,  $t_{cp}=0,09с.$

Для решения второй части задачи, задачи распознавания регистрационного номера ТС, была предложена НС с собственной архитектурой для удобства обозначаемая «our\_net». Данная НС работает с цветными изображениями номеров ТС размером 200 по ширине на 50 пикселей по высоте. Архитектура НС состоит из трёх свёрточных слоёв с субдискретизирующими слоями между ними и двумя слоями с элементами LSTM (long short-term memory) в конце НС. В процессе обучения применялся набор данных из 48031 изображения.

При тестировании НС «our\_net», для оценки качества, применялось отношение количества полностью правильно распознанных номеров ТС к их общему количеству  $R$  (в процентах) и время обработки одного изображения  $t$  в секундах. Измерение времени работы каждой НС производилось на видеокарте Nvidia GeForce 1660Ti. В результате тестирования значения показателей качества работы НС составили  $R = 98,3\%$  и  $t = 0,038с.$

В ходе работы были написаны программы на языке программирования Python выполняющие обучение и тестирование рассматриваемых НС. Результаты проведенных исследований по обучению и тестированию рассмотренных НС имеют высокие показатели точности локализации и распознавания номеров ТС при высокой скорости работы.

1. Сайт YOLO: Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] URL: <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>, дата просмотра: 14.04.2022

## **СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»**

### **ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НА БАЗЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

И.А. Козлов

Научный руководитель – Челебаев С.В., канд. техн. наук, доцент

Развитие баз данных и систем управления базами данных способствует росту объема данных. Такие данные могут содержать много важной информации, которая может нести в себе потенциальную прибыль для бизнеса.

Так как традиционный аппарат математической статистики, не охватывает большинства сфер реальной жизни человека, требуются новые методы и подходы для анализа данных. Одним из таких методов является анализ данных на базе нейронных сетей (НС) [1].

В настоящее время применяются следующие типы нейронных сетей: сети прямого распространения, сети с обратной связью, самообучающиеся сети.

В зависимости от перечисленных типов НС можно выделить следующие типы анализа данных на базе нейронных сетей: анализ данных, на базе самообучающихся сетей, анализ данных, на базе нечётких нейронных сетей.

Самообучение предполагает, что имеются входные воздействия, но выходные сигналы не сравниваются с теоретическими значениями (сеть учится понимать структуру данных). Преимущества: устойчивость к зашумленным данным, быстрое обучение. Недостатки: предопределенность числа кластеров.

Подход, который основан на использовании нечётких нейронных сетей, предполагает использование некоторой выборки данных для определения параметров функции принадлежности. Здесь выводы получают, используя аппарат нечёткой логики, а параметры функции принадлежности – используя обучение нейронной сети. Преимущества: хорошая сходимость, быстрое обучение. Недостатки: априорное определение компонентов.

1. Дюк В.А. Data Mining - интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс]. URL: <http://www.inftech.webservis.ru/it/database/datamining/ar2.html> (дата обращения 10.04.2022)

## **ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ АГРЕГАЦИИ**

К.Ю. Агапов

Научный руководитель - Михеев А.А., д-р техн. наук, профессор

Беспилотные летательные аппараты имеют широкий спрос в современном мире. Следовательно, и производителей, отвечающих предложением на спрос, тоже не мало. В подавляющем количестве случаев, производители, в силу конкуренции, производят свои беспилотные летательные аппараты, системы управления и программное обеспечение к ним таким образом, чтобы их продукты работали только между собой. Это означает, что, например, системы управления одного производителя не совместимы с беспилотными летательными аппаратами другого производителя. Такие ситуации порождают проблему, вызванную необходимостью обучать персонал разным системам управления и контролировать разные беспилотные летательные аппараты с разных систем управления.

Решением этой проблемы может служить концепт информационной системы управления, основанный на универсальности, которой не хватает современным системам в достаточной мере по принципу агрегатора. Это означает, что система должна обеспечить пользователю управление всеми возможными типами беспилотных летательных аппаратов, взаимодействуя с привязанными системами управления. В результате опытов на разработанном симуляторе универсальной информационно-управляющей системы, было найдено одно из потенциальных решений проблемы агрегации разных систем. Это может быть достигнуто с помощью базы данных, где, помимо полной информации о конкретном устройстве, хранятся данные управляющих сигналов самого этого устройства, в случае, если открыта информация об управляющих сигналах системы управления, и алгоритмы взаимодействия с системой управлений конкретного производителя, имитирующих прямое управление от пользователя. Данное преобразование концепта универсальной информационно-управляющей системы вызвало необходимость переработать симулятор системы беспилотного летательного аппарата. В симулятор были добавлены еще два элемента. Первый отвечает за систему управления абстрактного «производителя А», которая не предоставляет открытый код своей системы, но позволяет обмен общей информацией, такой как положение беспилотного летательного аппарата и прием команд управления. Второй новый элемент симулятора отвечает за систему управления абстрактного «производителя Б», никак не связанного с первым «производителем» и дающим только информацию о положении беспилотного летательного аппарата.

Дальнейшие опыты с симулятором универсальной информационно-управляющей системы помогли открыть новые алгоритмы взаимодействия разных элементов агрегатора. Например, такие как отображение всех подключенных беспилотных летательных аппаратов разных систем управления на одной карте графического интерфейса универсальной информационно-управляющей системы. Так же опыты позволили проработать концепт алгоритма взаимодействия системы управления отдельного производителя с агрегатором, используя передачу команд через Ethernet.



# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

А.А. Александров

Научный руководитель – Брянцев А.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе приводится описание, а также производится анализ методов и алгоритмов цифровой обработки изображений для информационных систем распознавания лиц.

Система распознавания лиц – это технология, сопоставляющая цифровое изображение (или видеокادر) человеческого лица с базой данных лиц.

Для сравнительного анализа были выбраны наиболее распространённые методы и алгоритмы цифровой обработки изображений для распознавания лиц: искусственные нейронные сети (ИНС); скрытые марковские модели (СММ); метод гибкого сравнения на графах; метод главных компонент (МГК); активные модели; метод Виолы-Джонса.

В условиях близких к идеальным (изображение лица в анфас; высокое разрешение исходного изображения; минимальное количество шумов; подходящий уровень освещенности лица; нейтральное выражение лица) выбранные методы показали примерно равновысокую точность распознавания.

В реальных системах добиться идеальных условий крайне сложно, поэтому сравнение проводилось при динамическом изменении всех показателей съёмки объекта (лица): изменение угла положения лица в кадре; изменение условий освещенности; наличие шумов на изображении и т.д.

Результаты тестирования рассмотренных методов и алгоритмов цифровой обработки изображений для систем распознавания лиц представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты тестирования методов и алгоритмов цифровой обработки изображений для систем распознавания лиц

Методы / Показатели	ИНС	СММ	Метод гибкого сравнения на графах	МГК	Активные модели	Метод Виолы-Джонса
Наличие шумов	78%	82%	88%	70%	85%	95%
Поворот лица в плоскости XY 10°/30°	84%/50%	89%/67%	80%/61%	76%/54%	84%/72%	90%/69%
Изменение яркости 10%/50%	84%/80%	67%/37%	60%/43%	57%/34%	75%/47%	81%/78%

Анализ полученных результатов показывает, что Метод Виолы-Джонса обладает лучшими результатами распознавания по показателям: наличие шумов и поворот лица. По критерию «изменение яркости» метод уступает искусственным нейронным сетям, однако это различие незначительно.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ТРУДА ВОДИТЕЛЕЙ ТАКСОПАРКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ С API «Яндекс.Такси»**

П.А. Конин

Научный руководитель – Карасев В.В., д-р техн. наук, профессор

Основная проблема, которая возникла при проектировании ИС - API «Яндекс.Такси» позволяет получать данные о работе водителей исключительно за промежуток времени не более чем в 2 недели.

Исходя из этого ограничения, для задачи получения статистики работы водителя, например, за 1 год – появляется необходимость отправить на сервис 26 запросов. В случае если необходимо сравнить полученную информацию с другими водителями, то требуется  $26 * N$  запросов, где  $N$  – количество водителей для сравнения. Учитывая ограничение API – не более 2 запросов в секунду и 5000 запросов в час, на построение статистики уйдет значимое количество времени, не беря в расчет ошибки, которые могут возникнуть в самом сервисе API, из-за которых не получится получить данные.

Решением этой проблемы – является разработка информационной системы, которая будет хранить всю информацию о водителях, автомобилях, заказах, транзакциях и их условий работы в базе данных, из которой можно быстро и эффективно получить данные без длительных ожиданий и ограничений. Принцип работы такой системы заключается в отправке запросов на API по планировщику задач раз в 5 минут, с сохранением результата в базу данных.

В целом, любой сервис API может вернуть ошибку при попытке обращения к нему и причины такого поведения могут быть разные. Самые часто замеченные ошибки при работе с сервисом API «Яндекс.Такси» – 500 Internal Server Error, которая может возникнуть в результате сбоя работы сервиса, или 409 Conflict – операция не может быть выполнена из-за конфликта изменений. Т.к. клиенту необходимо иметь свежие данные для формирования статистики и ежедневных расчетов водителей, важно иметь актуальные данные несмотря на потенциально возможные ошибки. Для решения этой проблемы в разрабатываемой информационной системе используется система очередей.

Благодаря внедрению системы очередей, можно разделить получение данных на части, и в случае ошибки от API – перезапускать процесс получения части с задержкой в минутку, до 20 тех пор, пока данные не будут успешно получены. Этот подход позволяет гарантировать, что данные будут получены и успешно сохранены в базу данных.

Т.к. обновление данных в системе происходит раз в 5 минут по планировщику, после выполнения задач получения данных с апи, выполняется задача кеширования данных из базы данных. Таким образом все статические данные о транзакциях и поездках кэшируются в Redis – резидентную систему управления базами данных класса NoSQL, что позволяет организовать более быстрый доступ к данным, в сравнении с реляционными базами данных, тем самым – повышая производительность системы и ее отказоустойчивость, т.к. в случае отказа Redis – данные будут получены из БД и наоборот.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПЕРИОДОМ ДИСКРЕТИЗАЦИИ

М.С. Мартанов

Научный руководитель - Михеев А. А., д-р техн. наук, профессор

Рассмотрен вопрос реализации модельного сигнала дискретизации с изменяемым периодом, который может быть применен при разработке информационных систем различного назначения с целью отработки их вариантов, оптимальных для решаемой задачи.

Предложен алгоритм описания модулирующего сигнала, изменяющего период дискретизации (опроса) по закону равнобедренного треугольника. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 1, где:  $Q$  – число периодов опроса, приходящихся на один период модулирующего сигнала;  $T_0$  – среднее значение периода опроса;  $dT$  – дискретность изменения периода опроса;  $n$  – число периодов опроса, приходящихся на одну четверть периода модулирующего сигнала.

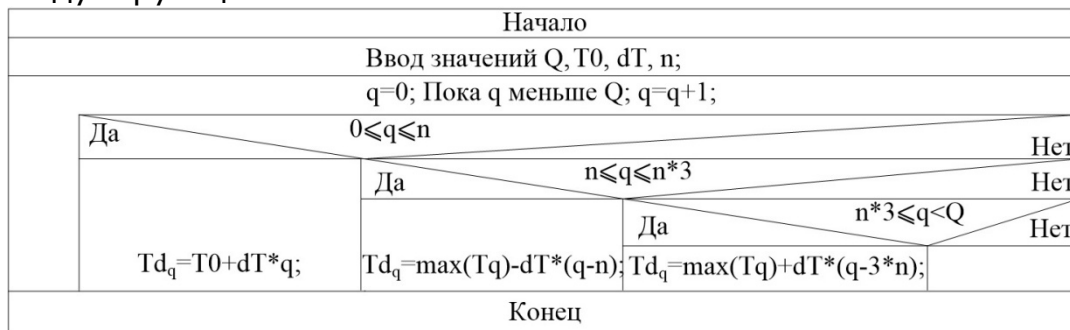


Рисунок 2 – Алгоритм описания модулирующего сигнала

Величина изменения периода дискретизации зависит от частоты  $F_c$  модулирующего сигнала и индекса частотной модуляции  $\beta$

$$\Delta T_i = T_0^2 F_c \beta_i. \quad (1)$$

С помощью алгоритма выполнено моделирование изменения периода дискретизации двумя модулирующими сигналами:  $F_{c1} = 0.125$  Гц,  $\beta_1 = 0.56$  и  $F_{c2} = 0.25$  Гц,  $\beta_2 = 0.12$ . В соответствии с (1) получено, что при периоде дискретизации  $T_0 = 1$  с его девиация под действием первого модулирующего сигнала составит 0.07 с (или 7%), а под действием второго – 0.03 с (3%). Спектральный состав полученных последовательностей отсчетов показан на рисунке 2. Он идентичен спектру отсчетов с частотно-импульсной модуляцией [1]. Это свидетельствует о работоспособности алгоритма.

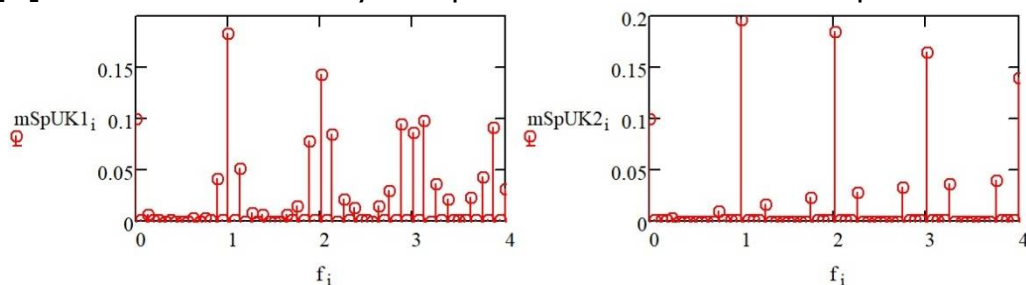


Рисунок 3 – Спектры сигналов с переменным периодом

1. Борисов Ю.П., Пенин П.И. Основы многоканальной передачи информации. - М.: Связь, 1967. - 436 с.

# **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДСКОГО УЧЕТА НА ПРИМЕРЕ СКЛАДА КАНЦТОВАРОВ**

М.В. Свиридова

Научный руководитель – Челебаев С.В., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается проблема длительного цикла обработки заказов на складе канцтоваров.

Существующая на предприятии система управления складом (WMS) помогает упростить складские бизнес процессы (БП) – от приемки товара до его отгрузки. Однако она не учитывает, что на складе могут образовываться очереди в ходе обработки заявок, что приводит к замедлению производственного цикла. Определяющую роль в обработке заявок играют производственные ресурсы (ПР) – кладовщики. В данный момент выбор кладовщиков полностью зависит от субъективного мнения руководителей складского комплекса (СК), которые при распределении ПР на БП опираются на рабочий график кладовщиков и примерную загрузку склада в момент выбора. Для решения проблемы можно использовать теорию массового обслуживания, которая позволяет сбалансировать систему так, что задержки и очереди при обработке заявок сократятся, а использование методов многокритериальной оптимизации для выбора кладовщиков на определенный БП по n-количеству параметров позволит более объективно подходить к выбору ПР.

Получение заданного эффекта при минимуме затрат или получение максимального эффекта при заданном ограниченном ресурсах – основные задачи при поиске оптимального решения [1]. Добавление в WMS возможности имитации загрузки системы на основе ТМО позволит ответить на вопрос – как уменьшить число очередей при обработке заявок и какое минимальное количество ПР для этого потребуется. Таким образом, моделирование БП поможет сократить число затрат за счет применения различных приемов прогнозирования.

При выборе решений важно определить последствия, а предположения человека могут оказаться ошибочным, так как не учитывают все факторы, влияющие на результат [2]. Использование таких методов многокритериальной оптимизации как метод контрольных показателей, идеальной и антиидеальной точки, линейной свертки всех критериев, позволит учесть все критерии (показатели, характеризующие ПР) при выборе кладовщиков для конкретного БП.

В ходе исследования были применены описанные методы и произведено моделирование БП на основе ТМО для 4 моментов времени – утро, день, вечер, ночь. Результаты показывают, что длительность цикла обработки заказов, действительно можно сократить, используя данные средства – скорость обработки увеличилась, очереди сократились при использовании меньшего количества ПР.

## *Библиографический список*

1. Математические методы и модели в коммерческой деятельности: учебник / Г.П. Фомин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М. – 2009. – 640 с.

2. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие / А.В. Лотов, И.И. Пospelова – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УМЕНЬШЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОСЫЛОК ОТ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА**

В.С. Сеничкин

Научный руководитель – Карасев В.В., канд. техн. наук, доцент

В докладе приводятся результаты исследования способа уменьшения длительности информационных посылок от вращающегося объекта.

Импульсные свойства индуктивно связанных контуров (ИСК) на основе воздушного трансформатора позволяют создавать простые и надежные устройства [1], о чем свидетельствует практика их создания в конце прошлого века для таких ведущих организаций в области самолето- и вертолетостроения как ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского и МВЗ им. М.Л. Миля.

Разработанные для них устройства выявили возможность улучшения таких качественных характеристик бесконтактных средств связи с вращающейся аппаратурой, как помехозащищенность и скорость передачи через воздушный зазор. Последующие исследования позволили предложить ряд способов увеличения скорости передачи, которая определяется длительностью переходных процессов на выходе ИСК в ответ на их импульсное возбуждение.

Исследования [2] показали, что сокращение длительности кодовых посылок возможно на основе вариантов сочетания длительности отдельных прямоугольных импульсов, образующих комбинированный сигнал возбуждения индуктивно связанных контуров. Анализ переходных характеристик ИСК позволил выявить способ возбуждения сигналом, состоящим из трех прямоугольных импульсов. Дальнейшие исследования были нацелены на выбор соотношения длительностей элементарных прямоугольных импульсов в составе комплексного сигнала возбуждения. Они позволили установить, что минимум длительности сигнала на выходе неподвижного контура достигается для соотношения длительностей первого, второго и третьего импульсов, равного 1:3:1. При таком соотношении выигрыш в длительности реакции ИСК на комбинированное воздействие по сравнению с их экспоненциальным возбуждением оказывается не менее 15 %. Экспоненциальное же возбуждение являлось на данный момент наилучшим по быстродействию.

### *Библиографический список*

1. Измерительные системы для вращающихся узлов и механизмов/ В.В. Карасев, А.А. Михеев, Г.И. Нечаев; под ред. Г.И. Нечаева. – М.: Энергоатомиздат, 1996 – 176 с.

2. Карасев В.В., Сеничкин В.С. Исследование реакции индуктивно связанных контуров в граничном режиме на возможную комбинацию прямоугольных импульсов// Перспективное развитие науки, техники и технологий: Сб. научн. статей 11-й Международной научно-практической конференции (29 октября 2021 года)/ редкол.: Горохов А.А. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2021. – 120–123 с.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛОНОЧНЫХ СУБД В АНАЛИТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ**

О.Н. Усик

Научный руководитель – Карасев В.В., канд. техн. наук, доцент

Современные информационные системы не обходятся без использования баз данных – хранилища информации в используемом приложении.

Текущие системы управления базами данных (СУБД) уже не являются простым местом сбора и хранения данных. Они представляют собой целый программный комплекс, предоставляющий возможности не только сбора, но и вывода новой информации благодаря построению связей или агрегированию данных [1].

Тип используемой СУБД необходимо выбирать в соответствии с нуждами в используемой системе. Так, например, реляционные СУБД используются для обеспечения высокой нормализации данных в контексте отдельных сущностей, ключ-значение – для кэширования данных, документные – для работы с данными гибкой структуры, а графовые – для построения связей и путей между объектами информации.

Отдельной разновидностью СУБД являются колоночные СУБД. По своей сути они похожи на реляционные: состоят из строк, которые сгруппированы в таблице. Основное отличие – их физическое хранение на диске. Если в реляционных базах максимально «близко» хранятся данные в рамках одной строки, например, имя, фамилия и город пользователя, то в колоночных – данные одного столбца: город пользователя №1, город пользователя №2 и т.д.

Это предоставляет ряд преимуществ:

1. Сжатие данных. Так как в одном физическом файле (столбце таблицы) содержатся данные одного типа (числа, строки и т.д.), имеется возможность использования оптимального метода сжатия для конкретного из типов.
2. Быстрое чтение. Благодаря хранению этих данных рядом друг с другом СУБД быстро получает нужный набор данных.
3. Быстрое агрегирование (следствие из пункта 2). После получения набора данных необходимого столбца достаточно просто подсчитать сумму значений, найти среднее и т.п.

Колоночные СУБД – наиболее подходящий тип СУБД для работы со сложными аналитическими запросами в больших объемах данных. Если в системе хранятся и обрабатываются какие-либо статистические показатели, то этот вид СУБД является предпочтительным.

1. А.С. Тортика, А.С. Ершов. Обзор и сравнительный анализ современных систем управления базами данных.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-sravnitelnyy-analiz-sovremennyh-sistem-upravleniya-bazami-dannyh/viewer> (дата обращения: 12.04.2021).

# РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНЫХ ДАТЧИКОВ

А.В. Конькова

Научный руководитель – Челебаев С.В., канд. техн. наук, доцент

Плодотворное управление сложными техническими объектами требует больших измерений разнообразных физических величин. Для решения возникшей задачи используются информационно-измерительные системы (ИИС).

Для сбора информации в ИИС применяются датчики. Датчики преобразуют информацию об исследуемых параметрах в электрические сигналы. Для дальнейшей обработки результатов измерений необходимо трансформировать аналоговую величину в цифровой код. На данном этапе возникает задача линеаризации тарировочной характеристики. Известным решением возникшей проблемы является применение функциональных преобразователей информации, использующих математический аппарат искусственных нейронных сетей [1].

Перед использованием нейросетевой структуры преобразователя необходимо провести её настройку. В настоящей работе обучение нейронной сети проводится в два этапа. Первый этап называется «грубым» обучением и направлен на использование малого количества нейронов сети, эпох обучения и других параметров. Цель данного этапа – определение параметров активационной функции нейрона. На втором этапе проводится точное обучение. Этот шаг задействует большое количество нейронов сети и эпох обучения. Кроме того, обучение нейросетевой структуры основывается на применении «онлайн» и «оффлайн» алгоритмов обучения. В «онлайн» алгоритме обучения утонение весов происходит после предъявления каждой обучающей выборки. Для «оффлайн» алгоритма характерно вычисление весов путём суммирования всех их приращений, полученных после предъявления всех обучающих данных [2].

В таблице 1 представлены результаты обучения нейронной сети для различных сходных сигналов и алгоритмов обучения.

Таблица 1 – Результаты обучения сети преобразователя на основе «онлайн» и «оффлайн» алгоритмов

Функция	Диапазон значений	Количество нейронов	Δ онлайн, %	Δ оффлайн, %
$\cos\left(\pi \cdot \frac{x}{2}\right)$	$x \in [0; 1]$	16	0,0248783033052313	1,2813268667769900
$\sin\left(\pi \cdot \frac{x}{2}\right)$	$x \in [0; 1]$	16	0,0284542697267298	0,2224176252433100
		32	0,0249656924234093	0,3289766059252460

### *Библиографический список*

1. Локтюхин В. Н., Челебаев С. В., Антоненко А. В. Нейросетевые аналого-цифровые преобразователи. — М.: Горячая линия–Телеком. — 2010 г. — 128 с.
2. Запрягаев С.А., Карпушин А.А. Вычисление и обучение искусственных нейронных сетей прямого распространения на графическом процессоре. — Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии, №1. — 2011 г. — С. 157-164.



## **СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

### **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

Шитова С.М.

Научный руководитель – Миловзоров О.В., канд. техн. наук, доцент

При разработке 3D-моделей машиностроительных деталей часто возникает проблема формирования библиотеки моделей для группы конструктивно-подобных деталей [1]. В частности, таких тел вращения, как валы. В этой ситуации целесообразно иметь унифицированную 3D-модель на основе которой можно было бы формировать целые семейства конструктивно-подобных деталей. В современной системе 3D-моделирования обеспечиваются такие возможности. Единственным условием является возможность создания параметрической модели. Одной из перспективных систем 3D моделирования с широкими возможностями по параметризации является система T-FlexCAD. Оценим возможности создания унифицированной 3D модели тел вращения на основе CAD T-Flex. За основу возьмём модель многоступенчатого вала, которая имеет возможность задавать различные сочетания размеров ступеней вала, а также таких конструктивных особенностей, как фаски и канавки.

Рассмотрим возможность формирования унифицированной параметрической 3D-модели многоступенчатого вала на основе контура вращения. Как известно, операция вращения в 3D-системах моделирования позволяет сформировать монолитное тело, каковым является многоступенчатый вал, путем вращения замкнутого контура, являющегося полусечением вала, вокруг его оси вращения. Корректная унифицированная 3D-модель позволяет удалять отдельные конструктивные элементы детали. При обнулении параметров одной или двух ступеней слева и/или справа – 3D модель детали видоизменяется и при восстановлении численных значений параметров – восстанавливается. Обнуление всех параметров левой части вала приводит к вырождению 3D-тела. Так же канавки и фаски можно удалять, задавая очень незначительные линейные величины соответствующих переменных, например, 5 микрон. Такие значения параметров не повлияют на конструкцию детали, но позволят получить математически корректную 3D-модель.

Таким образом, на основе двух параметрически заданных контуров можно построить унифицированную 3D-модель комплексной детали, позволяющую путем обнуления значений параметров конструктивных элементов, отсутствующих в конструкции конкретной детали, и определения значений имеющихся конструктивных элементов формировать 3D-модель конкретной детали. Нельзя удалить только среднюю ступень, оставляя при этом крайнюю.

Следующим вариантом построения унифицированной 3D-модели комплексной детали является использование булевых операций. Так как в системе T-Flex CAD булева операция выполняется только над двумя операндами - 3D-фрагментами тела, процесс формирования модели будет заключаться в последовательном наращивании на частично сформированную

3D-модель очередной ступени вала. Формирование каждой ступени, как и в первом варианте, выполняется операцией вращения, но 3D-профиль для этой операции необходимо выполнять на отдельной рабочей плоскости - для каждой ступени своя рабочая плоскость. При этом все рабочие плоскости будут совпадать с плоскостью вида спереди, но наличие такой рабочей плоскости позволит сформировать независимый контур вращения для каждой из ступеней вала, расположенных правее и левее основной (первая, основная ступень вала формируется на виде спереди). Для моделей формирования конкретных конструкций вала необходимо задать значения размеров имеющих конструктивных особенностей, что можно сделать непосредственно в таблице переменных, либо со специальным интерфейсом. Ненужные конструктивные особенности можно погасить средствами T-Flex CAD 3D. T-FLEX CAD позволяет создавать не только параметрические модели, но и элементы управления ими [2], таким образом для данной 3D модели вала был создан интерфейс управления переменными. По средствам которого активируется диалог задания параметров ступеней слева и справа (диаметр ступени и длина), а так же конструктивных особенностей, таких как ширина канавки, угол и длина фаски.

#### *Библиографический список*

1. К вопросу формирования типовых 3D-моделей типа «Вал» для дальнейшей интеграции с САПР-системой. О.В. Миловзоров, Н.В. Грибов: Современные технологии в науки и образовании – СТНО-2021. Рязань: Рязан.гос.радиотехн.ун-т, 2021, стр 116-121.
2. Трехмерное твердотельное моделирование в автоматизированном программном комплексе T-Flex версии 15. Паршин А.Н. Рязань, 2018.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Е.К. Буханова

Научный руководитель - Дятлов Р.Н. канд. техн. наук, доцент

Доклад подготовлен по результатам проводимой научно-исследовательской работы в соответствии с научно-исследовательской частью программы подготовки магистранта.

В настоящее время в течение длительного периода на целом ряде предприятий, в том числе и Рязанском радиозаводе осуществляется переход на новейшие системы управления всеми процессами.

Внедрение новых программных комплексов различного типа в систему управления предприятием позволяет оптимизировать работу всех звеньев.

Это касается управления финансовыми потоками, процессами принятия решений, ведения документооборота, хранения и передачи данных, непосредственно производственного процесса и других направлений.

Исходя из этого, актуальность проводимого мной исследования за-

ключается в том, что существующая в настоящий момент автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки производства (АС КТПП) на предприятии не соответствует предъявляемым к ней требованиям.

В настоящий момент ведется активная работа по её замене на более совершенную автоматизированную систему.

Принимая во внимание, что НИР будет содержать несколько этапов проведения, были определены основные и промежуточные цели для каждого из них.

Основной целью работы является разработка и реализация алгоритма внедрения автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства - «Лоцман» как составной части комплекса ПО АСКОН на Рязанском радиозаводе.

Целью первого этапа служило проведение анализа различных подходов к автоматизации КТПП, применяемых на предприятиях связи.

В ходе выполнения первого этапа НИР в прошлом семестре был:

- рассмотрен один из важнейших элементов выпуска продукции любого предприятия – автоматизированная конструкторская подготовка производства;

- проведен анализ различных подходов к автоматизации КТПП, которые применяются на предприятиях связи, в том числе, на Рязанском радиозаводе.

В процессе исследования были:

- 1) раскрыты сущность и содержание КТПП;
- 2) проанализированы применяемые на предприятиях связи автоматизированные системы программирования процессов;
- 3) рассмотрены варианты функционирования производственного процесса при использовании автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства различного типа.

Основной целью второго этапа являлся анализ возможностей и недостатков существующих автоматизированных систем конструкторско-технологической подготовки производства.

В ходе его выполнения были:

- 1) проанализированы основные задачи, возлагаемые на автоматизированную систему конструкторско-технологической подготовки производства;

- 2) рассмотрены интеграция автоматизированных систем управления предприятием и её особенности;

- 3) выявлены недостатки существующей на заводе автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства и определены возможности их устранения при внедрении перспективных АС КТПП.

Результаты исследования будут использованы для проведения обоснования замены существующей системы на АС КТПП «Лоцман».

Именно это направление и ляжет в основу целевой установки третьего этапа работы.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ**

И.А. Фролова

Научный руководитель – Ленков М.В., канд. техн. наук, доцент

В современном мире силовая электротехника охватывает практически все сферы жизнедеятельности человека.

Одной из основных задач производства элементов силовой электротехники является обеспечение требований к повышению рабочих характеристик и одновременное уменьшение размеров и стоимости.

На многих этапах создания и применения элементов силовой электротехники применяются программно-аппаратные комплексы с ЧПУ.

При проектировании элементов силовой электроники необходимо рациональное распределение массы и мощности потерь между элементами схемы.

При производстве определённых сложных силовых полупроводниковых приборов, использование станков с ЧПУ оказывается практически единственным и оптимальным решением. Данное оборудование эффективно использовать при отсутствии оснастки. Главной функцией станка с ЧПУ является точное и автоматическое управление движением рабочих органов.

Для увеличения плотности мощности необходимо совершенствование всей архитектуры силового модуля, что обусловлено необходимостью более эффективного отвода тепла. Здесь центральная роль отводится корпусу проектируемого электротехнического изделия.

Одной из прикладных задач в электротехнике является разработка технологического процесса изготовления корпусов трансформаторов, для производства которого требуется разработка технологических режимов работы автоматизированного производства. Перед обработкой детали корпуса силового трансформатора на станке с ЧПУ необходимо провести технологический контроль и сопоставить между собой чертёж детали и заготовку для убеждения правильно расставленных размеров, технических требований, которые понадобятся в процессе обработки и программировании станка с ЧПУ. А также для повышения уровня технологичности детали путем введения конструктивных изменений.

Для более точного изготовления корпуса силового трансформатора на станке с ЧПУ необходимо в начале определить технологические режимы обработки такие как: глубина резания ( $t$ ), подача ( $s$ ), скорость резания ( $v$ ).

Анализ технологических режимов обработки элементов электротехнических изделий на современных станках и оборудовании с ЧПУ имеет определяющее значение при формировании их конструктивных и электрических параметров. Поэтому правильный выбор режимов определяет качество производства силового трансформатора в целом.

## МНОГОФАКТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю.А. Гуров, Ю.А. Сосулин

Научный руководитель – Сосулин Ю.А., канд. техн. наук, доцент

Деятельность любого предприятия представляется целым рядом показателей, характеризующих его эффективность. Одним из таких показателей является рентабельность собственных средств (РСС). Она показывает величину прибыли, которую получит предприятие на единицу стоимости собственного капитала. Рентабельность собственных средств определяется как отношение чистой прибыли к среднегодовой стоимости собственного капитала.

РСС является одним из самых важных показателей любого коммерческого предприятия т.к. это главный показатель прибыльности вложения средств в производство. Следовательно, чтобы производство было эффективно рентабельность собственных средств должна постоянно контролироваться. Однако, экономическая формула позволяет определить значение данного показателя только для конкретной ситуации, т.е. не позволяет выполнять прогноз по имеющимся факторам.

Для получения возможности прогнозирования и, соответственно, принятия управленческих решений, можно построить корпоративную модель. Для построения корпоративной модели в данной работе был выбран программный пакет Project Expert. Модель, построенная для конкретной финансово-экономической ситуации, позволяет получать прогнозные значения заданного показателя для изменяющихся значений параметров экономического окружения.

Так как финансово-экономические показатели находятся во взаимной связи, и оказывают существенное влияние друг на друга, представляется целесообразным определить эти связи в количественной форме, т.е. в виде математической модели, связывающей интересующий нас показатель (РСС) с другими показателями и параметрами окружающей среды.

В данной работе для создания модели используются следующие финансово-экономические показатели: отношение переменных издержек к постоянным, отношение заёмного капитала к собственному, инфляция. Так как характер зависимостей в технических объектах и экономических процессах обычно не превышает второго порядка, в данной работе была выбрана регрессионная модель следующего вида:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_2x_3 + b_{13}x_1x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (1)$$

где  $b_n$  — оценки неизвестных коэффициентов;  $x_1$  — отношение переменных издержек к постоянным;  $x_2$  — отношение заёмного капитала к собственному;  $x_3$  — инфляция;  $y$  — рентабельность собственных средств.

Для иллюстрации предложенной методики рассмотрено предприятие по производству средств вычислительной техники. Разработана модель денежных потоков предприятия и на ее основе произведен расчет оценок не-

известных коэффициентов. Затем после подстановки их в функцию регрессии модель приняла следующий вид:

$$y = 1,97 + 1,01x_1 + 1,64x_2 + 0,8x_3 + 0,68x_1x_2 + 0,05x_2x_3 + 0,02x_1x_3 + 0,01x_1^2 + 0,99x_2^2 + 0,01x_3^2 \quad (2)$$

Построенная модель (2) позволяет получать прогнозные значения рентабельности собственных средств для изменяющихся значений внешних и внутренних финансово-экономических параметров. Причем учитывается влияние всех трех факторов одновременно. Кроме этого, полученная модель позволяет определить значения факторов  $x_1$  и  $x_2$  обеспечивающие требуемое значение показателя рентабельности собственных средств. Также благодаря учету инфляции ( $x_3$ ) появляется возможность своевременного реагирования на изменяющуюся экономическую обстановку.

Таким образом, предлагаемая методика обеспечивает эффективное управление основными финансово-экономическими показателями деятельности предприятия в условиях изменяющегося внутреннего и внешнего экономического окружения.

#### *Библиографический список*

1. Айвазян С.А. Основы эконометрики. – М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.
2. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. – М.: Дело, 1998.— 248 с.

## **ВЫБОР АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Д.Ю Александров

Научный руководитель – Грибов Н.В., канд. тех. наук, доцент

Целью данной работы является рассмотрение автоматизированной информационной медицинской системы Парус на примере одной из крупнейших больниц г.Рязань БСМП.

Медицинские информационные системы (МИС) являются неотъемлемой частью автоматизации крупнейших медицинских организаций в настоящее время.

За пределами России широкое применение получили такие МИС, как: PERFEX (США), SETH (Франция) и одна из самых распространённых MYCIM - производства США. Так же существуют следующие системы работы с пациентами, принципиально отличающиеся от отечественных аналогов: HIS - больничные данные, CIS - клинические данные, EHR - электронные данные о пациенте и другие.

В связи с различием работы с пациентами западных стран и России (разные языки, учёт пациентов, ведение данных) и обеспечения безопасности целостности данных, наши специалисты создали немало

российских систем, способных произвести импортозамещение. Многие из них нашли своё место в здравоохранении нашей страны. Отметим некоторые из них: MEDESK, qMS (Санкт-Петербург), КСАМУ (Ставрополь). Это лишь малая часть из автоматизированных систем, но именно они нашли наибольшее распространение в работе мед. Учреждений. Последняя из этих систем, КСАМУ, еще несколько лет назад была основной в г.Рязань.

До недавних пор эта система оставалась актуальной, но время идёт вперёд и была создана более автоматизированная, более простая в интерфейсе система под названием Парус. Именно эта система внедрена во все медицинские организации Рязанской области сегодня. Парус позволяет вести полный объём бумажных операций с пациентами, таких как ведение карточек, регистрация обращений, полные данные о пациенте и его диагнозы и т.д.

Основными причинами выбора Паруса являются: стабильная работа базы данных, что является одним из важнейших условий работы с данными пациентов, стабильной защита - система не позволит вносить изменения и просматривать личные данные пациентов без защищённой сети, либо координатора VipNet, а так же простота интерфейса - обучение в данной программе не займёт у врача много времени, всё достаточно понятно даже не самым уверенным пользователям компьютера.

В настоящее время данная информационная система постоянно дополняется новыми инструментами для оптимальной работы, а также любой сотрудник может связаться с технической поддержкой ПАРУСа для получения консультации по любому вопросу, что так же облегчит работу.

Другим немаловажным фактором является интеграция данных МИС Парус в сторонние программы, такие как 1С.Бухгалтерия.

Стоит отметить, что сервер данной системы находится в одном из центров обработки данных города Рязань, он имеет хорошую защиту и резервное копирование данных. Однако, исходя из последних мировых событий, многие автоматизированные медицинские системы сейчас подвержены атакам, моя цель – разработать и по возможности внедрить защиту и резервное копирование данных на нашем сервере, чтобы вероятность потери данных была сведена к нулю.

Подводя итог, можно отметить, что в непростое эпидемиологическое время, данная система позволяет автоматизировать процесс работы врачей, снизить их время работы, которое сейчас как никогда очень ценно и важно. Поэтому данная систему необходима и очень нужна в настоящее время.

#### *Библиографический список*

1. Инструкция ЭМД
2. ВКС по ЛИС

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

А.Г. Зиненко

Научный руководитель – Романов И.Н., доцент, канд. физ.-мат. наук

С развитием автоматизации производственных процессов расширилось применение автоматизированного электропривода. Регулирование скорости рабочих органов машины является необходимым условием работы многих рабочих машин и механизмов, кроме того, существует несколько вариантов оптимального управления технологическим процессом и обеспечения экономного расхода электроэнергии. Электропривод является основным потребителем электроэнергии, на долю которого приходится более 60% всей производимой электроэнергии. Преобразователи частоты в основном используются для тяжелых электроприводов (мощные вентиляторы, грузоподъемное, буровое оборудование, системы позиционирования) [1].

Изучение этого вида управления связано со стремлением оптимизировать технологические и энергетические процессы, являющиеся одной из функций самого электропривода. Векторное управление частотно-регулируемым асинхронным двигателем осуществляется путем изменения частоты питающего напряжения и векторов переменных асинхронного двигателя. Регулировкой амплитудных значений переменных и углов между их векторами обеспечивается полное управление асинхронным двигателем как в статике, так и в динамике [2]. Усовершенствование векторно-управляемых переходных процессов обусловлено возможностью поддерживать постоянную связь тока ротора, что позволяет изменять электромагнитный момент так же быстро, как изменяется составляющая тока статора. При переходном скалярном управлении связь потока ротора изменяется при изменении токов статора и ротора, что приводит к уменьшению скорости изменения электромагнитного момента.

Метод векторного управления состоит из математического представления модели двигателя. Возможность такого решения основана на том, что проекция пространственного вектора тока статора на ось полюсов магнитного поля ротора (продольную ось) пропорциональна величине магнитного потока и проекция на поперечную ось пропорциональна электромагнитному моменту. Этот более совершенный метод позволяет осуществлять независимое и почти безынерционное управление крутящим моментом на валу и скоростью вращения двигателя под нагрузкой.

По сравнению со скалярным векторный метод управления имеет следующие преимущества:

- повышенная точность и широкий диапазон регулирования скорости;
- способность поддерживать постоянную скорость при изменении нагрузки на электропривод;
- плавная регулировка скорости двигателя во всем диапазоне частот.



*Библиографический список*

1. С.И. Мурашкин АСИНХРОННЫЙ ЧАСТОТНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ. -М.: Вестник КрасГАУ. 2012. №9.
2. Ковчин, С. А. Теория электропривода: учебник для вузов / С.А. Ковчин, Ю.А. Сабинин. - СПб.: Энергоатомиздат, 1994. - 292 с.

## **СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И БИМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА»**

### **МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВА**

М.С. Астахов

Научный руководитель – Смоляров Н.А., канд. техн. наук, доцент

В данной статье рассматриваются мероприятия, которые обеспечивают повышение эффективности работ по метрологическому обеспечению производства.

1. Ревизия и оптимизация парка контрольного, измерительного и испытательного оборудования (КИИО), исходя из принципа необходимо и достаточно.

2. Замена парка морально устаревшего КИИО современным оборудованием, внедрение новых методов измерений.

3. Использование более точных СИ на ответственных участках, использование СИ с более грубым классом точности, где это целесообразно.

4. Совершенствование процедур поверки, калибровки, ремонта СИ (внедрение новых эталонов, аккредитация метрологической службы и т.д.) с учетом экономической эффективности.

5. Организация на предприятии метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации.

6. Повышение профессионального уровня персонала, занимающегося вопросами метрологического обеспечения.

7. Упорядочение структуры службы, занимающейся метрологическим обеспечением.

Метрологическая служба предприятия выполняет работы по обеспечению не только единства и требуемой точности измерений, но и качества выпускаемой продукции на всех стадиях ее жизненного цикла. Для этого помимо Положения о метрологической службе необходимо иметь:

- Руководство по качеству метрологической службы, в котором описывается система качества метрологической службы предприятия; по каждому элементу системы качества устанавливаются цели деятельности, ответственные лица, отражается основная деятельность по управлению этими элементами;

- стандарты предприятия (СТП), описывающие все виды деятельности по МОП (поверка и калибровка СИ, перечень применяемых СИ, метрологическая экспертиза технической документации, аттестация испытательного оборудования и т.д.), которые должны, с одной стороны, соответствовать требованиям Закона Об обеспечении единства измерений, нормативных документов по МОП, ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования, и с другой стороны - учитывать специфику предприятия.

## **ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

М.С. Астахов, Г.А. Лупин

Научный руководитель – Смоляров Н.А., канд. техн. наук, доцент

Рассматривается видеоизмерительная система NORGAU, модель NVM II-5040 CNC.

В машиностроении, электрической и оборонной промышленности для определения геометрии сложной детали предприятия используют современное оборудование – видеоизмерительные системы.

Быстрая и точная видеоизмерительная система NORGAU с ЧПУ выпускается в 4 модификациях в зависимости от длины стола (диапазона измерений по оси Y). Доступны машины, как с ручным управлением, так и с ЧПУ. Машины NORGAU могут комплектоваться контактными и сканирующими измерительными системами, а также видеокамерой для бесконтактных измерений. Полностью алюминиевая конструкция портала обеспечивает не только низкую инерцию и высокое ускорение, но и быстрое принятие температуры окружающей среды, что идеально, если машина используется в помещении с нестабильными температурными условиями.

Высокотехнологичный стол из гранита и пористого алюминия обеспечивает оптимальное гашение высокочастотной вибрации, а гранитная направляющая оси Y, зажимаемая воздушными подшипниками портала в обоих направлениях, обеспечивает максимальную точность. Особенностью NORGAU является то, что небольшая модернизация позволяет сделать из машины с ручным управлением машину с ЧПУ. Благодаря полной интеграции производственных процессов компании NORGAU имеет невероятно низкую стоимость, также она проста в использовании.

Данная видеоизмерительная машина находится в государственном реестре средств измерения. Высокая точность обеспечивается во многом за счет использования линейных шкал с точностью 0,1 мкм. Видеоизмерительная система полезна и для производства и для оператора – повышением качества выпускаемой продукции; возможностью получения результатов в форматах DXF и IGES для задач обратного инжиниринга – возможностью быстрого проведения измерения, для определения нескольких линейно-угловых параметров, оператор потратит не более 1-1,5 минуты. Модель имеет автоматическую моторизацию по всем 3 осям X,Y,Z. Система собирается с использованием комплектующих ведущих мировых производителей. Массивная станина обеспечивает устойчивость конструкции к различным видам вибраций, что позволяет использовать данную систему не только в лабораторных условиях.

Встроенная проходящая, отраженная и коаксиальная подсветки позволяют решать широкий спектр задач по контролю деталей.

Обладает широкими возможностями в измерении различных поверхностей деталей, обработки измеренных данных, обеспечивает легкое и быстрое базирование измеряемой детали.

Технические характеристики видеоизмерительной машины NORGAU NVM II-5040 CNC представлены в таблице 1.

Таблица1. Технические характеристики видеоизмерительной машины  
NORGAU NVM II-5040 CNC

Модель		NVM II-5040 CNC
Диапазон перемещения по осям X и Y, мм		500x400
Диапазон перемещения по оси Z, мм		450
Скорость перемещения по осям, мм/с	X, Y	400
	Z	200
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений, мкм	по осям X и Y	+/- (1,5+L/100)
	по оси Z	+/- (2+L/100)
	В плоскости XY	+/- (2+L/100)
Диапазон измерений плоского угла, в градусах		+/-180
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плоского угла		+/-15
Измерительная система		Линейные шкалы
Разрешение, мм		0,0005
Тип датчика		Цветная камера USB 2.0
Объектив		Зум
Увеличение оптической системы		0,7-4,5x; WD 92 мм
Цифровое увеличение		32-205x
Поле зрения		9,2-1,4 мм
Габариты стекла предметного стола, мм		550x350
Нагрузка, кг		30
Вес, кг		500
Габариты Д x Ш x В, мм		800x1040x1020

L – Измеряемая длина в мм.

Тип считывания камеры – прогрессивное сканирование, за счет этого достигается улучшение качества передаваемой картинки, повышение разрешения и четкости изображения, это ведет к повышению точности и стабильности измерений.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В.А. Симбирцев

Научный руководитель – Губарев А.В., канд. техн. наук, доцент

Разработка технологического процесса (ТП) – это достаточно сложная совокупность действий различных направлений, которые дают информацию исполнителям определенных операций и переходов о:

- материале заготовки и её габаритах;
- последовательности операций и переходов;
- необходимом оборудовании и оснащении для конкретных операций и/или переходов;

До утверждения ТП он должен пройти такие стадии как:

- разработка ТП;
- проверка ТП;
- метрологическая экспертиза технологического процесса (МЭ ТП);
- нормконтроль ТП;
- материальное и трудовое нормирование;
- валидация ТП.

Рассмотрим проблему выбора определенного оборудования и инструмента для проведения МЭ ТП.

Метрологическая экспертиза ТП – это проверка на правильность метрологического обеспечения, указанного в маршрутной карте технологического процесса (МК ТП). При выборе метрологического оснащения можно столкнуться с его неверным указанием. Для решения проблемы возникла идея организовать автоматический выбор метрологических измерительных инструментов или приборов. Все это можно реализовать на основе информационных технологий, а именно в программе T-FLEX DOCs. Данное программное обеспечение дает возможность:

- создавать объекты номенклатуры и прикреплять к нему соответствующие документы (как правило, конструкторскую документацию (КД) и ТД), содержащие всю необходимую информацию;
- автоматического построения различных технических и технологических отчетов и т.д.

Нас интересует автоматическое построение МК ТП, в которой и будет выводиться определенный метрологический инструмент на основе разработанного ТП.

При разработке ТП в среде T-FLEX DOCs при выборе исполнителя операции организован автоматический выбор оборудования и оснащения. Для контроля какой-либо величины необходимо выбрать измерительный инструмент. Для его выбора нужно в справочнике технологического оборудования (СТО) воспользоваться поиском, введя измеряемую величину. СТО выдаст весь имеющийся на предприятии инструмент, который может контролировать искомую величину, а инженеру-технологу или эксперту-метрологу всего лишь нужно выбрать подходящий.

Таким образом, с помощью описанного выше метода значительно сокращается время, затраченное на поиск инструмента, и снижается вероятность неверного выбора измерительного оснащения.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

М.С. Ежова

Научный руководитель – Дьяков С.Н., канд. техн. наук, доцент

По мере развития технологий в печатные платы интегрируется все больше элементов, а компоновка печатных плат увеличивается. Дефекты печатных плат могут вызвать неисправность и ухудшить производительность подключенных электронных компонентов, что оказывает решающее влияние на производительность всей системы [1, 2]. Поскольку небольшие дефекты на трассировке сигнала могут нанести значительный ущерб системе, проверка поверхности печатных плат является одним из наиболее важных процессов контроля качества. Усложнение производства печатных плат привело к возникновению дефектов, которые трудно обнаружить человеческим глазом. Из-за этого были предприняты значительные усилия по автоматизации контроля с использованием нейронных сетей.

При поверхностном монтаже компоненты монтируются или размещаются непосредственно на поверхности печатных плат на электропроводящих цепях. Для того чтобы приклеить компонент к плате, необходимо нанести раствор паяльной пасты на печатную плату. Зачастую плохое нанесение паяльной пасты на контактную площадку приводит к различным дефектам. Во избежание этого проводится визуальный осмотр печатной платы человеком на предмет выявления дефектов. К сожалению, данный метод дает только приблизительное представление о фактическом уровне качества.

В настоящее время проверка паяльной пасты с помощью лазерных систем нецелесообразно из-за высокой стоимости и низкой скорости контроля. Поэтому был предложен подход к проверке в реальном времени, основанный на использовании нейронных сетей. Суть метода заключается в распознавании образов при оптическом контроле нейронной сетью. Нейросеть распознает печатную плату и классифицирует её по заранее заданным существенным признакам.

Для улучшения работы нейронных сетей необходимо создать алгоритмы обучения, на основе которых будет проводиться дальнейший поиск дефектов. Для этого будут использоваться изображения печатных плат. Точность определения дефектов будет зависеть от количества и качества изображений, на которых будет обучаться нейронная сеть. Итоговым результатом контроля будет информация о наличии или отсутствии каких-либо дефектов на печатной плате.

С помощью данной нейронной сети можно выявить следующие типы дефектов печатных плат:

- перемычка;
- раковина;
- заужение;
- выступ;
- трещина;
- разрыв проводников;
- расширение;
- вырыв.

Таким образом, можно сделать вывод, что контроль печатных плат с использованием нейронных сетей является эффективным и современным способом по выявлению дефектов.

#### *Библиографический список*

1. Медведев А. Мир электроники. Технология производства печатных плат.– М.: Техносфера, 2005. – 323 с
2. ГОСТ Р 56251-2014. Платы печатные. Классификация дефектов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 103 с.

### **СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛУХА**

И.Д. Дмитриевский

Научный руководитель – Мельник О.В., д-р. техн. наук, профессор

В некоммерческих медицинских учреждениях оборудование либо отсутствует, либо объективно устарело, поэтому требуется разработать новое современное оборудование, отвечающее сегодняшним стандартам качества.

Прибор должен быть разработан на современном микроконтроллере, включать в себя высокоинформативный дисплей, иметь связь с ПК и периферийными устройствами, в том числе USB – носителями. Погрешность такого прибора должна быть минимальна, а сам он должен иметь эргономичный внешний вид.

В данной работе предложена современная функциональная схема прибора для исследования слуха (Рисунок 1). Прибор основан на регистрации слуховых вызванных потенциалов, которые возникают при подаче звукового стимула.

Основной аппаратной частью устройства является микроконтроллер (МК), который обрабатывает исходящие и входящие сигналы.

Канал воздействия состоит из эмиттерного повторителя (ЭП) и динамика, который будет воспроизводить необходимые частоты. Частоты воздействия 500, 1000, 2000, 4000 Гц задаются с помощью микроконтроллера по средствам его АЦП.

В канале нормализации в качестве электродов используются контактные накладные приклеивающиеся электроды, которые прилегают к голове. Предусилитель осуществляет начальное усиление сигнала ЭЭГ. После сигнал проходит через систему фильтров и согласуется вторичным усилителем со входом АЦП.

Прибор оснащен дисплеем для отображения информации и интерфейсом USB для передачи информации на внешние устройства. Имеется также слот под SD – накопитель, что позволит увеличить память прибора. Проектируемый прибор является самостоятельным портативным устройством, управление которым осуществляется с помощью клавиатуры.

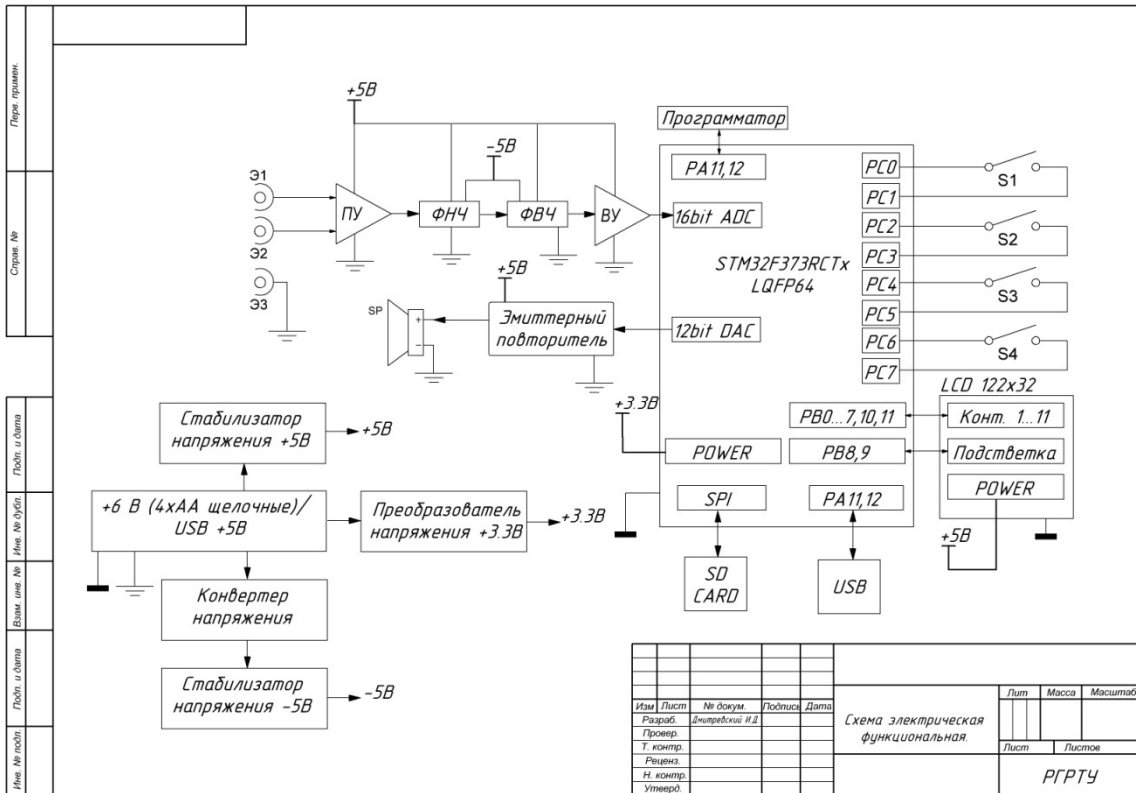


Рисунок 1. – Функциональная схема прибора для исследования слуха.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РОБОТА-АССИСТЕНТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ

А.А.Зенин

Научный руководитель – Лукша С.С., к-т техн. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд вопросов, касающихся вербального голосового управления робототехническими системами.

Актуальность темы обусловлена следующими факторами и тенденциями. Распознавание речи сейчас используется в многих отраслях, где применяются автоматизированные системы. Ведущие IT компании создают системы умного дома, в которые интегрированы сервисы распознавания речи. Происходит упрощение и ускорение взаимодействия пользователя с автоматизированной системой.

Цель работы – разработать систему, осуществляющую управление робототехнической системой при помощи речи.

В рамках работы системы требуется обеспечить функционирование трех модулей. Узел преобразования речи в текст, узел распознавания текстовых сообщений в команды движения, узел исполнения команд. В качестве средства распознавания речи предполагается использовать искусственную нейронную сеть. Помимо голосового распознавания робот-ассистент должен выполнять физическое взаимодействие с объектами в помещении, а также выполнять ориентацию в нем. Для этого требуется реализация управление манипулятором, и обработка показаний с лазерно-



го сканера, и видеокamеры. Подробное описание взаимодействия модулей представлено на рис. 1.

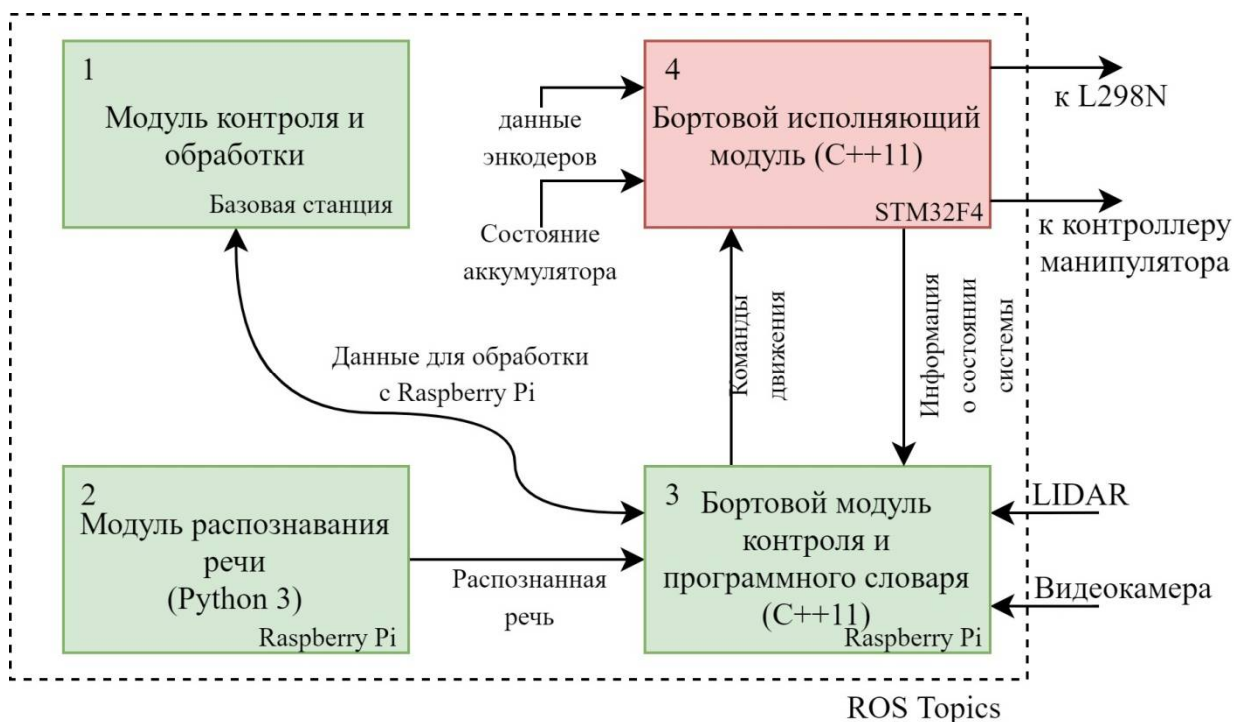


Рисунок 4. Программная структура

Для обеспечения высокой производительности робототехнической системы блок интеллектуального управления разделен на две части. Для первичной обработки информации используется Raspberry Pi, а для конечной базовая станция с высокопроизводительным центральным и графическим процессорами. Информационная связь между модулями обеспечивается при помощи среды Robot Operating System.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ

П.С. Будылина

Научный руководитель – Лукша С.С., канд. техн. наук, доцент

Исследование активности мышц путем регистрации биопотенциалов, возникающих при их работе, называют электромиографией (ЭМГ). Считается, что скелетные мышцы состоят из сокращающихся волокон, которые дают характерный отклик на одиночный стимул в форме механического сокращения и генерируют распространяющийся потенциал действия. Скелетные мышцы представляют собой совокупность двигательных единиц, являющихся наименьшими мышечными элементами, которые могут быть активизированы усилием воли. Сигнал ЭМГ, записанный с помощью поверхностных электродов (пЭМГ), представляет собой сложный сигнал, включающий интерферирующие составляющие, вызванные несколькими сериями потенциала действия двигательных единиц [1].

Устройство для регистрации и обработки электромиографического сигнала (ЭМС) обычно состоит из четырех компонентов: предварительного

усилителя, приемо-передатчика, аппаратных фильтров и аналого-цифрового преобразователя.

Предварительный усилитель обычно находится рядом с электродами. Он вычисляет разницу между потенциалами двух электродов и усиливает полученный дифференциальный сигнал.

Система передачи предварительно усиленных данных варьируется в зависимости от области применения устройства и используемой технологии. Подключенные кабелем предусилители соединены с небольшим переносным устройством, которое может либо хранить данные, либо отправлять их на компьютер посредством проводной или беспроводной сети.

Аппаратные фильтры используются для удаления нежелательных компонентов из сигнала перед его программной обработкой. Как правило, фильтр верхних частот на очень низкой частоте, такой как 10 Гц, используется для удаления дрейфа базовой линии и, частично, артефактов движения. Фильтр нижних частот (ФНЧ) обычно расположен перед аналого-цифровым преобразователем (АЦП) для устранения вкладов высокочастотных шумов, создаваемых электронными компонентами, и промышленных помех, не зависящих от методики регистрации сигнала. При использовании ЭМГ для анализа естественных движений человека значение частоты среза ФНЧ рекомендуется устанавливать на уровне 300 Гц.

В зависимости от предназначения устройства для регистрации электрической активности мышц человека, аппаратные фильтры могут иметь фиксированные параметры или возможность их изменения пользователем в процессе записи сигнала. Также не исключено наличие дополнительного блока усиления ЭМС перед его аналого-цифровой обработкой.

Нормализованный сигнал поступает на АЦП, устройство, преобразующее входное напряжение в удобный для дальнейшей цифровой обработки на компьютере дискретный код [2].

Правильно интерпретированный электромиографический сигнал может быть широко применен не только в области клинической медицины для диагностики и терапии заболеваний опорно-двигательного аппарата человека, но и в качестве управляющих воздействий для робототехнических комплексов и бионических протезов.

#### *Библиографический список*

1. Рангайан Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход / Пер. с англ. под ред. А.П. Немирко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 440 с. - ISBN 978-5-9221-0730-3.
2. Merlo A., Campanini I. Technical Aspects of Surface Electromyography for Clinicians. The Open Rehabilitation Journal, 2010, 3, 98-109.

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТРАЕКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО НАЗЕМНОГО РОБОТА

Е.А. Чен

Научный руководитель – Лукша С.С., доцент, к.т.н.

Рассмотрены основные алгоритмы траекторного планирования мобильного робота, такие как алгоритм поиска в ширину, алгоритм Дейкстры, алгоритм первый жадный поиск, алгоритм A star. Анализируя преимущества и недостатки алгоритмов, в данной работе использовался алгоритм A star.

Алгоритм A star вобрал в себя все преимущества предыдущих алгоритмов. В данном алгоритме эвристика состоит из двух параметров:

$$f = g + h,$$

где  $g$  – стоимость перемещения от начальной точки до текущей,  $h$  – стоимость перемещения от текущей точки до целевой.

В качестве  $h$  обычно используются аппроксимированное значение, полученное при помощи различных эвристик.

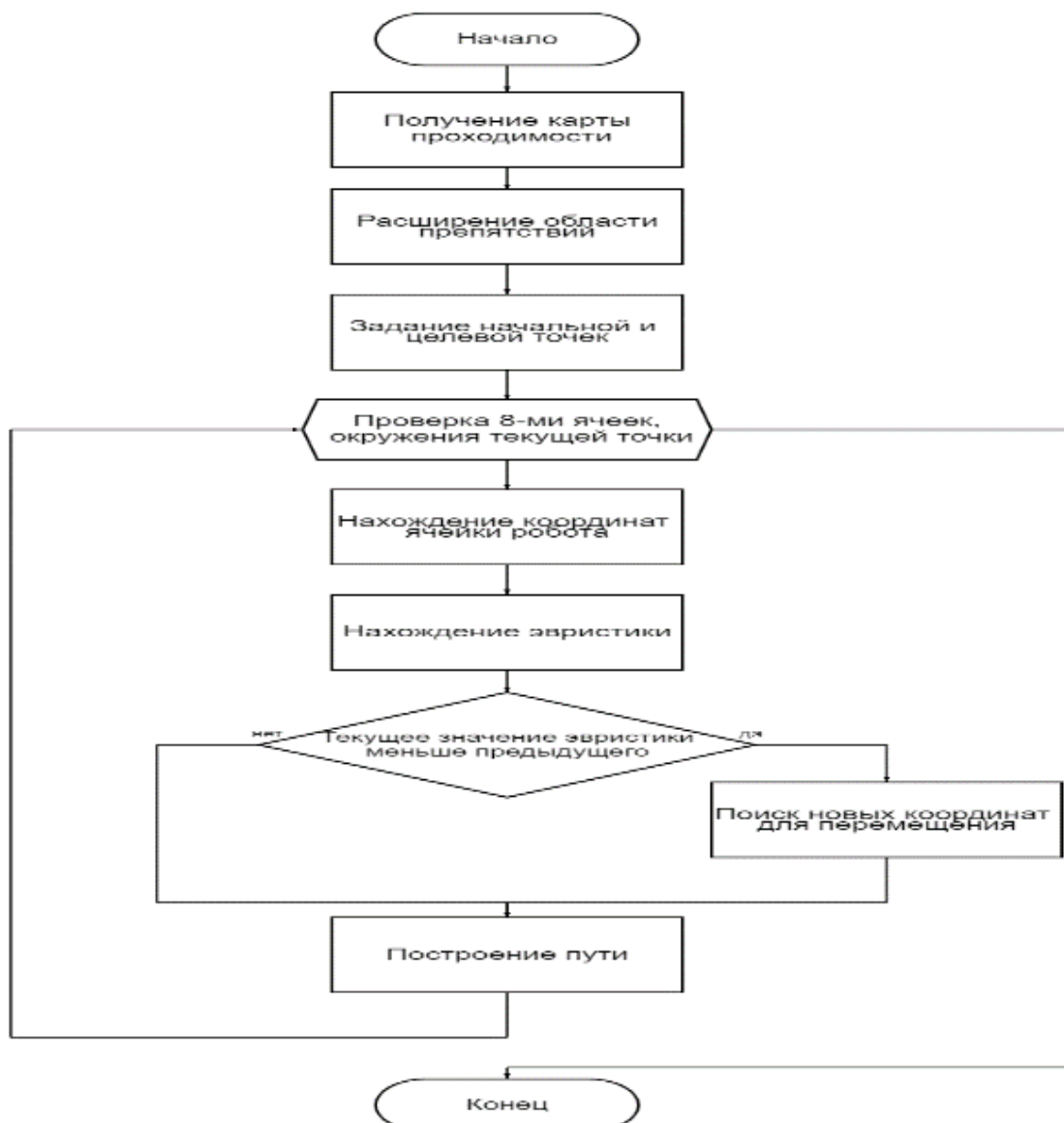


Рис. 1 – Блок-схема реализованного алгоритма

Алгоритм программы начинается с получения карты и задания начальной целевой точки, далее проверяется 8 ячеек вокруг текущего положения робота и выбирается ячейка с минимальной эвристикой для дальнейшего движения робота.

В первом варианте программы в качестве параметра  $g$  использовалось евклидово расстояние между точками, данная программа показала высокую эффективность, но на участках, когда целевая точка была скрыта за препятствиями алгоритм не работал. Для решения этой проблемы был пересмотрен параметр  $g$ , вместо евклидова расстояния рассматривалась занятость ячейки, в которую совершается переход. Так же если робот попадает в «ловушку», то алгоритм возвращается на шаг назад, а ячейка помечается занятой, чтобы робот снова не попал в нее.

## **КОНТРОЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

К. А. Титкин

Научный руководитель - А.В. Губарев канд. техн. наук, доцент

Отдел технической документации в процессе повседневной деятельности при работе с подлинниками осуществляет контроль подлинников по критериям, установленным в ГОСТ 2.501 [1, 2]. При выявлении подлинника, пришедшего в негодность (непригодного для тиражирования) или утерянного, отделу технической документации необходимо составить акт о списании пришедшего в негодность или утерянного подлинника и передать по служебной записке в подразделение, выпустившее подлинник, для восстановления подлинника по ГОСТ 2.501.

После восстановления старый и восстановленный подлинник необходимо вернуть в отдел хранения подлинников для учета и хранения. На подлиннике, с которого производилось восстановление, следует проставить штамп «ЗАМЕНЕН ВОССТАНОВЛЕННЫМ ПОДЛИННИКОМ №...» и хранить отдельно от действующей КД в течение 10 лет.

Отдел хранения подлинников направляет по служебной записке дубликаты КД, полученные на замену по изношенности, в подразделения, ведущие наблюдение за изготовлением продукции в производстве, для сверки с копией КД, имеющей штамп «ЭКЗЕМПЛЯР КОНСТРУКТОРА». После сверки подразделения, ведущие наблюдение за изготовлением продукции в производстве, возвращают дубликаты КД в отдел хранения подлинников с указанием о замене копий КД в подразделениях.

Архивариусы подразделений в процессе повседневной деятельности при выдаче (приеме) копий КД исполнителям (от исполнителей) осуществляют контроль копий КД на читаемость и целостность. При выявлении поврежденных или изношенных копий КД архивариусу подразделения необходимо составить акт о списании документов.

Замена поврежденных или изношенных копий КД производится отделом хранения подлинников на основании акта, акт следует передавать в отдел раз в месяц до пятого числа. Замена КД производится в течение ме-

сяца с момента возврата поврежденных или изношенных копий КД. Минимальный срок службы копий КД — два года.

Замена утерянных копий КД производится в отделе за счет хозрасчетного дохода подразделения, утерьявшего копию КД, на основании зарегистрированных в акте указаний заместителя технического директора по серийному производству (главного инженера). В акте должны быть указана причина и принятые меры. Замену копий КД следует производить с учетом требований ГОСТ 2.503.

Для обеспечения возможности поставки КД на ВТ по заказам МО РФ и в соответствии с договорами ВП представителями подразделений, ведущими наблюдение за изготовлением продукции в производстве, совместно с представителями отдела технической документации не реже одного раза в год и перед поставкой продукции проверяют подлинники КД по критериям, установленным в ГОСТ 2.501, ГОСТ 2.904, ГОСТ 13.1.203, ГОСТ 13.1.205. Результаты проверки подлинников регистрируются в акте. Для устранения и предупреждения выявленных несоответствий следует составлять план мероприятий по форме, приведенной в стандарте предприятия. Акт и план мероприятий после утверждения направляют заказчику.

Руководители подразделений, заключающие с предприятиями договора на управление КД, должны об этом в десятидневный срок служебной запиской уведомлять отдел хранения подлинников. Служебная записка должна быть согласована с заместителем технического директора по серийному производству. На основании служебной записки осуществляется постановка на учет данного предприятия и направляет в его адрес учтенную копию КД.

Служебные записки об отправке (запросе) КД сторонним организациям необходимо согласовывать с первым заместителем генерального директора — техническим директором или заместителем технического директора по серийному производству (главным инженером)".

#### *Библиографический список*

1. ГОСТ 2.501-2013 Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения
2. Внутренняя документация АО «Государственный Рязанский Приборный Завод».

## **СОДЕРЖАНИЕ ПРОВЕРОК КОНСТРУКТОРСКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В ЦЕХУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

А.С. Тюренков

Научный руководитель – Смоляров Н.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд проблемных вопросов возникающих в конструкторско – технологической документации.

1. При проведении проверок на рабочих местах контролируют объективные показатели:

1.1. Технологических процессов (операций)

- соответствие их качественных и количественных характеристик требованиям конструкторской и технологической документации, а так же положениям СТП 7500013.601;

- ознакомление всех исполнителей с технологическим процессом;
- последовательность выполнения технологических операций;
- соответствие материалов, полуфабрикатов, режимов обработки, припусков, размеров, заданным требованиям;

- отметку даты сверки рабочей копии технологического процесса оригиналу;

- правильность назначения используемых средств измерений.

#### 1.2. Деталей, сборочных единиц и монтажей:

- клеймение, маркировка, наличие и правильность оформления сопроводительной документации;

- наличие внешних дефектов с одновременным определением причин их появления;

- соответствие массовых характеристик материалов, полуфабрикатов, заготовок требованиям конструкторской и технологической документации.

#### 1.3. Рабочих мест:

- обеспечение нормальных условий труда, поддержание установленного порядка размещения элементов рабочего места, чистоты;

- соответствие условий хранения заготовок, материалов, полуфабрикатов, готовых деталей, технологической оснастки установленным требованиям;

- соответствие размещения оборудования и оснастки планировке и характеру технологического процесса.

#### 1.4. Стендов и средств технологического оснащения:

- наличие паспортов и полнота их ведения и отметкой авторского контроля согласно СТО 42836853.00.13.182;

- своевременность проведения их ППР;

- соответствие условий эксплуатации и хранения их функциональному назначению.

#### 1.5. Технологической и конструкторской документации:

- наличие на рабочем месте, состав, комплектность и степень пригодности к использованию;

- своевременность и правильность оформления, внесение изменений и их ознакомление с исполнителями.

#### 2. Контролю на рабочих местах также должны подвергаться:

##### 2.1. Измерительная, испытательная, контрольная аппаратура – на определение соответствия ее состояния и условий эксплуатации требованиям нормативной документации и технологического паспорта.

## **РЕЗЕРВИРОВАНИЕ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ**

Э.М. Фаттаев

Научный руководитель – Смоляров Н.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается один из способов обеспечения надежности радиоэлектронных устройств, такой как резервирование [1, 2].

В настоящее время прогресс в науке приводит к появлению все более сложных и ответственных систем, перед которыми стоят задачи особой важности. В мире было множество случаев, когда сложные системы по тем или иным причинам выходили из строя, что приводило к катастрофическим последствиям. К таким относятся утечка ядовитых газов на химическом комбинате в Бхопале (Индия, 1984), авария на Чернобыльской АЭС (1986), гибель атомной подводной лодки «Курск» (2001). Эти аварии показали насколько важно обеспечение сложных систем с точки зрения безопасности и эффективности.

Опыт эксплуатации радиоэлектронных устройств (РЭУ) показывает, что отказы в их работе возникают в основном по следующим причинам: недостаточная надежность комплектующих элементов или нарушение режимов их использования, схемно-конструктивные и производственно-технологические недостатки, недостаточная защищенность узлов и блоков РЭУ от внешних воздействий, а также недостатки, вызванные профилактическим обслуживанием или нарушениями правил эксплуатации РЭУ.

Резервирование - это распространенный подход к повышению надежности системы.

Суть резервирования состоит в том, чтобы обеспечить надежность устройства с помощью применения дополнительных средств с целью сохранения работоспособности объекта при отказе одного или нескольких его элементов или нарушении связей между ними.

Добавление избыточности увеличивает стоимость и сложность спроектированной системы, но, если стоимость отказа достаточно высока, резервирование может быть хорошим вариантом обеспечения надежности. Также следует учитывать, что система будет увеличена в габаритах, массе, потребляемой мощности, себестоимости.

Зачастую резервирование используется лишь в тех случаях, когда обеспечить надежность и эффективность системы с помощью других методов не представляется возможным ввиду различных ограничений и условий эксплуатации систем.

Резервные элементы подключают в систему различными способами. Можно выделить такие виды резервирования:

1) постоянное. Суть постоянного резервирования заключается в том, что резервные элементы постоянно подключены к основному устройству и находится с ним в одинаковом электрическом режиме;

2) замещением. В данном виде резервирования основной элемент при выходе из строя отключается от электрической цепи устройства и вместо него подключается резервный элемент.

3) скользящее (может рассматриваться как частный случай резервирования замещением). При скользящем резервировании любой резервный элемент может заменять любой основной. Важным и обязательным

условием при данном виде резервирования является однотипность заменяемого и замещающего элементов.

Таким образом, можно сделать вывод, что при проектировании сложных и особо ответственных систем необходимо применять все возможные методы обеспечения надежности. Все чаще возникает необходимость проектирования бесперебойных систем. Помочь в этой задаче нам может резервирование.

#### *Библиографический список*

1. Смоляров А.М. Надежность функционирования автоматизированных систем. Часть 2 [Текст]: учебное пособие. – Рязань, 1996. – 48 с.

2. Ефремов А.А. Теория надежности [Текст]: конспект лекций. – Томск, 2015. – 82 с.

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ**

Т.С.Молодцова

Научный руководитель – Голь С.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд вопросов, касающихся нахождения человека или его признаков присутствия на местности.

Актуальность темы обусловлена следующими факторами и тенденциями. По данным МВД, каждый год в России пропадает более 100 000 человек. При поиске человека задействовано много ценного человеческого ресурса. Автоматизация процесса поиска существенно снизит затраты, повысит шанс потерявшегося человека на выживание, позволит затронуть трудно проходимые для человека области (болота, лесные завалы). Помимо прочего, автоматическое распознавание аэрофотоснимков наиболее перспективный способ получения информации о расположении объектов местности

Цель работы – разработать систему, осуществляющую распознавание человека или признаков его присутствия на фотоснимках, осуществляемых беспилотным летательным аппаратом.

Отказ от ручного анализа аэрофотоснимков актуален, когда требуется произвести анализ большого количества снимков с множества участков земной поверхности за ограниченное время. В настоящее время перспективным способом обработки фотографий является вариант использования нейросетевых технологий. Решение задачи лежит в области машинного обучения применительно к сегментации изображений.

Сегментация определяется нахождением на изображении характерных областей, которые могут быть одинаково описаны в одном едином пространстве признаков. Она, в свою очередь, содержит в себе различные разделы. Один из них - семантическая(смысловая) сегментация изображений. Она заключается в выделении на изображении различных областей, каждая из которых соответствует одному определенному признаку. Для выполнения этой задачи, в рамках решения вопроса машинного обучения, используются сверточные нейронные сети.



В рамках поставленной задачи - поиск человека, предполагается реализация метода бинарной сегментации. Это процесс обработки изображения, при котором на вход нейронной сети подаются цветные изображения, на которых требуется выделить области пикселей, относящихся к одному классу - человек. Впоследствии производится сортировка обработанных изображений по принципу обнаружил или не обнаружил.

## **ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА ПРОЕКТА В ИТ-СФЕРЕ**

О.И. Криц

Научный руководитель – Губарев А.В., канд. техн. наук, доцент

Среда, в которой проект возникает, растет и завершается, называется средой проекта. Другими словами, факторы или силы, которые влияют на деятельность проекта и его способность достигать определенных целей проекта, известны как среда проекта. Каждый проект получает входные данные из среды, обрабатывает их для преобразования в настраиваемые выходные данные и снова доставляет в среду. Таким образом, проект не может существовать в вакууме. Он работал в ассоциации с окружающей средой. Среда проекта создает ситуацию силы и слабости, возможностей и угроз (SWOT).

Окружающая среда представляет собой постоянно меняющиеся явления, степень риска и неопределенности в большей степени связаны с окружающей средой. Основной причиной провала проекта также является отсутствие адаптации к окружающей среде. Поэтому проект должен адаптироваться к окружающей среде для эффективного достижения целей.

Среду проекта можно разделить на две группы:

- Внутренняя среда
- Среда задач

### 1 Внутренняя среда

Это также известно, как контролируемая среда. Он состоит из сил, находящихся в прямом подчинении руководителя проекта. Он определяет силу и слабость проекта. Основными силами внутренней среды являются:

- Цель
- Ограничения
- Ресурсы
- Структура

### 2 Среда задач

Он также известен как операционная среда. Он состоит из заинтересованных сторон проекта. Их интересы зависят от проекта, и проект также зависит от них. Различные элементы среды задачи являются взаимосвязанными и взаимодополняющими факторами для проекта, поскольку ресурсы проекта, которые являются входными данными, получают из среды задачи, а выходные данные снова доставляются в среду задачи. Однако это не находится под контролем проекта, но напрямую влияет на проект и его функции. Элементы рабочей среды следующие:

- а) Клиенты

- б) Подрядчики
- в) Консультанты
- г) Поставщики
- д) Конкуренты
- е) Финансисты
- ж) Правительство
- з) Группа по интересам и т.д.

## **СЕКЦИЯ «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА» (кафедра ЭВМ)**

### **ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

О.В. Сизоненко

Научный руководитель – Клейносова Н.П., канд. пед. наук, доцент

На сегодняшний день сочетание скорости и качества обработки документов стало реальным благодаря автоматизации. Автоматизация деятельности дает возможность объединить все рабочие процессы в едином информационном пространстве. Внедрение IT-продуктов в дошкольном образовательном учреждении (ДОУ) позволяет воплотить эффективные методы управления, вывести на высокий уровень качество государственных услуг, тем самым гарантировать результативность и «прозрачность» управления процессами, повысить рациональность расходования средств, а также улучшить имидж и повысить конкурентоспособность ДОУ на рынке образовательных услуг.

Далее представлен обзор существующих программных продуктов для автоматизации ДОУ.

Предлагаемые в настоящее время технологические решения позволяют решить вопрос автоматизации работы ДОУ. Все они основаны на программном обеспечении отечественных производителей. Среди программ, занимающих лидирующие позиции на рынке, можно отметить продукт «1С: Бухгалтерия государственного учреждения», «Барс. Образование - Электронный детский сад», «СБИС Электронная отчетность» (комплексное решение от компании «Тензор»), «Детский сад: Здоровье», «Детский сад: Питание».

Эти программные продукты имеют широкий функционал, в значительной мере превышающий объем требуемых функций для автоматизации информационных систем дошкольных образовательных учреждений. Обратной стороной этого является неизбежное усложнение программы, что в условиях недостаточной компьютерной подготовки работников ДОУ может стать непреодолимым препятствием при внедрении автоматизированной информационной системы. Также к недостаткам готовых программных продуктов стоит отнести высокую стоимость, ограниченность в количестве пользователей системы, на определённых программных продуктах стоит ограничение на количество принимаемых заявок, погромные продукты являются законченными и не подлежат изменению функционала, частично функции программы распространяются за дополнительную плату.

Основной целью внедрения автоматизированной информационной системы является создание единого информационного пространства, объединение автоматизированных рабочих мест в единую систему, позволяющую решать не только учетные функции, но и управленческие задачи. Для дошкольных образовательных учреждений эффективной является автоматизированная система, в которой учтены и реализованы принципы и специфика деятельности ДОУ.

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ МЕТОДА ПИРАМИДЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ К ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ И ЯРКОСТНЫМ ИСКАЖЕНИЯМ**

А.А. Дергачева

Научный руководитель – Елесина С.И., канд. техн. наук, доцент

Геометрическими искажениями изображения называются различия между координатами и размерами текущего и эталонного изображений, которые могут теоретически быть получены с помощью идеального сенсора в идеальных экспериментальных условиях.

Данный вид искажений может возникать из-за использования датчиков с разными углами визирования цели; неточного знания положения объекта управления в пространстве; недостаточной точности бортовых приборов, по показаниям которых производится геометрическая коррекция текущего изображения.

Основными операциями, которые относятся к геометрическим преобразованиям двумерных графических объектов, являются: двумерный сдвиг, поворот изображения, масштабирование, перемещение [1].

Для исследований использовался метод пирамиды изображений и метод полного перебора. Для оценки устойчивости к геометрическим искажениям реализованы алгоритмы масштабирования и преобразования поворота.

Для оценки устойчивости поворота используются значения для угла от 1 до 4 градусов; для масштабирования - коэффициенты от 0.85 до 1,3.

Исходя из результатов, оба метода хорошо устойчивы к геометрическим искажениям, так как при повороте до 3 градусов дают вероятность попадания в ГЭ более 0.95 и такой же результат попадания при масштабировании с коэффициентами от 0.85 до 1.1.

Искажения интенсивности изображений возникают из-за изменения метеорологических или сезонных условий, а также из-за шумов в каналах связи [1].

Основные источники шума на цифровом изображении – это процесс его получения и передачи. Часто рассматриваемые типы шумов: аддитивный, мультипликативный, импульсный, шум квантования, спекл-шум.

Для оценки устойчивости использовались гауссовский шум и спекл-шум. Результаты КХА двух исследуемых методов при различных ОСШ для гауссовского аддитивного шума и спекл-шума показали, что методы устойчивы к шумам невысокой амплитуды при ОСШ>4. Сравнивая зависимость без шума и ОСШ=6, можно сказать, что методы устойчивы к шуму при ОСШ>4 и вероятность попадания в ГЭ достигает от 0.95 до 0,97.

Сравнение КХА при ОСШ=6 для гауссовского аддитивного шума и спекл-шума показало, что исследуемые алгоритмы более устойчивы к гауссовскому аддитивному шуму.

1. Елесина С.И., Костяшкин Л.Н., Логинов А.А., Никифоров М.Б. Совмещение изображений в корреляционно-экстремальных навигационных системах. Монография // Под ред. Костяшкина Л.Н., Никифорова М.Б. – М.: Радиотехника, 2015. – 208 с.

## ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.В. Егоров

Научный руководитель – Клейносова Н.П., канд. пед. наук, доцент

В области цифровой обработки изображений можно выделить процессы низкого, среднего и высокого уровня.

Процессы низкого уровня основаны на примитивных операциях с матрицами, результатом которых всегда является новая матрица – изображение. Данные методы применяются для:

- 1) Улучшения изображений. Могут использоваться градационные преобразования, видоизменение гистограммы, арифметико-логические операции и различные пространственные и частотные фильтры.
- 2) Восстановления изображений. Применяются математические или вероятностные модели, а также пространственные и частотные фильтры.
- 3) Масштабирования изображений. Используются пирамиды изображений, разложения в ряды и вейвлет-преобразования.
- 4) Сжатия изображений. Используются различные инструменты кодирования для исключения избыточности данных.

Результатом обработки на среднем уровне являются различные признаки и атрибуты, извлекаемые из изображений. В общем случае, она проводится в 3 этапа:

- 1) Сегментация объектов. Используются методы обнаружения точек, линий, перепадов, связывание контуров и нахождение границ, методы пороговой обработки и сегментация на отдельные области.
- 2) Описание объектов. На этом этапе происходит описание выделенных областей с помощью цепных кодов, аппроксимации ломаной линии, сигнатуры, разбиения границы на сегменты, сведения области к графу и в дальнейшем определение признаков (дескрипторов) областей.
- 3) Классификация объектов. Осуществляется распознавание областей и разделение на классы на основе их дескрипторов, с помощью простого сопоставления, статистических классификаторов или нейронных сетей [1].

Высокоуровневая обработка изображений подразумевает «осмысление» полученных на среднем уровне данных. Такие процессы можно отнести к области анализа изображений. Основная идея анализа – сравнение изображений и их привязка. Здесь применяются алгоритмы обнаружения трехмерных структур для поиска соответствующих объектов на снимках, полученных с разных ракурсов [2].

### *Библиографический список*

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010 – 672 с.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.А. Ермолаева

Научный руководитель – Громов А.Ю., канд. техн. наук, доцент

Министерство науки и высшего образования разрабатывает новую модель бессрочной аккредитации высших учебных заведений, где будет оцениваться качество образования по некоторым направлениям. Модель подразумевает переход от оценки соответствия стандартам образования программ обучения к мониторингу качества подготовки студентов, их компетенций, путём оценивания работы высшего учреждения на основе аккредитационных показателей, которые министерство науки установит по согласованию с Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки.

Цели введения новой системы — обеспечить прозрачность критериев, снизить нагрузку на университет, упростить процедуру и оптимизировать трудозатраты, связанные с систематическим проведением аккредитации. Наличие аккредитации у учебных заведений будет зависеть от показателей студентов в ходе обучения и качества образовательной деятельности.

Общее описание системы мониторинга аккредитационных показателей и ее взаимодействия с внешней средой представлено на рисунке 1 в виде контекстной диаграммы.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма

## Библиографический список

1. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.11.2021 № 1094 "Об утверждении аккредитационных показателей по образовательным программам высшего образования" [Электронный ресурс]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111290001> (дата обращения: 13.04.2022).

## **СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОТОКА В ЗАДАЧЕ СЛЕЖЕНИЯ ЗА АВТОТРАНСПОРТОМ**

З.А. Хахалин

Научный руководитель – Костров Б.В., д-р техн. наук, профессор

В докладе был рассмотрен ряд вопросов по проектированию системы компьютерного зрения, задачей которой является детектирование и захват на сопровождение автотранспортных средств в потоке в условиях стационарной съемки с неизменным фоном.

Изучены наиболее известные способы определения наличия движения в кадре: на основе вычитания фона, на основе сопоставления с эталоном, на основе оценки границ, дифференциальные методы и оптический поток. По результатам сравнения были выявлены значительные преимущества методов, основывающихся на оценке границ.

Произведено сравнение работы нескольких известных алгоритмов выделения границ на тестовой видеопоследовательности: фильтрация Робертса, фильтрация Собеля и фильтрация Прюитта, фильтрация с применением лапласиана, фильтрация с применением детектора Кэнни [1].

Наилучшие параметры обнаружения и локализации краев были достигнуты при помощи детектора Кэнни. Также были выявлены дополнительные преимущества: единственный отклик на одну границу, слабая чувствительность к зашумлению изображения и изменению ориентации границ, низкая вероятность ошибочного определения контура. Среди недостатков были выделены: сложность реализации [2], большая ресурсоемкость процесса, появление разрывов контуров объектов, а также незначительное скругление углов.

Несмотря на приведенные недостатки детектор Кэнни оказался пригодным для работы в режиме реального времени – для тестовой видеопоследовательности разрешения 1280x720 пикселей удалось обрабатывать 10 кадров в секунду на одном потоке центрального процессора.

Намечены дальнейшие исследования: поиск оптимального метода устранения разрывов контуров, усовершенствование алгоритма для возможности автоматической классификации автотранспорта с последующим захватом на сопровождение, а также распараллеливание алгоритма с применением графического процессора для увеличения числа обрабатываемых кадров за единицу времени.

### *Библиографический список*

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2006. - 1072 с.

2. J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. PAMI-8, No. 6, 1986, pp. 679-698 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Computational-Approach-to-Edge-Detection-Canny/fcf9fc4e23b45345c2404ce7d6cb0fc9dea2c9ec> (дата обращения: 13.04.2022).

# **ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

М.А. Титова

Научный руководитель – Громов А.Ю., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются варианты решения проблемы временных затрат, направленные на ускорение оптимизации топологии, которая является одним из ключевых этапов в генеративном дизайне, предложенном исследовании [1], и применяется для создания тренировочного набора данных генеративно-состязательной сети.

В ходе работы изучены четыре подхода, позволяющие решить выделенную проблему. Первый подход основан на глубоком обучении для прогнозирования оптимизированной структуры с заданными граничными условиями и настройками оптимизации без использования итераций с помощью метода SIMP [2]. Второй подход заключается в обучении с подкреплением сетевой архитектуры, включающей полно связную свёрточную сеть, свёрточную нейронную сеть с объединением пространственных пирамид [3]. Следующий рассмотренный подход состоит в интеграции сети глубокого убеждения и метода SIMP. Последний изученный подход основан на трансферном обучении свёрточной нейронной сети [4].

Для выбора оптимального варианта решения проблемы временных затрат был проведён анализ рассмотренных подходов и составлена сравнительная таблица. Критериями сравнения являлись объём набора данных для обучения, разрешение входных и выходных данных, среднеквадратическая и средняя абсолютная ошибки, ошибка соответствия, время выполнения одной оптимизации, временные затраты на обучение и полученное ускорение по сравнению с классическим методом SIMP.

В результате анализа в качестве эффективного варианта решения проблемы выбран подход, основанный на методе трансферного обучения, который имеет более, чем в 10 раз меньший набор тренировочных данных по сравнению с первым подходом и демонстрирует самый высокий показатель ускорения.

В докладе также представлен разработанный алгоритм генеративного дизайна в результате модификации подхода, предложенного в исследовании [1] и построена модель архитектуры выбранной нейронной сети, применяемой для ускорения оптимизации топологии.

## *Библиографический список*

1. Yoo S. Integrating Deep Learning into CAD/CAE System: Generative Design and Evaluation of 3D Conceptual Wheel / Soyoung Yoo, Sunghee Lee, Seongsin Kim, Kwang Hyeon Hwang, Jong Ho Park, Namwoo Kang// Free service and archive for articles «arXiv» of Cornell University. - Publ. 2021-02-21.- 28 p.
2. Yu Y. Deep learning for determining a near-optimal topological design without any iteration / Yonggyun Yu, Taeil Hur, Jaeho Jung, In Gwun Jang // Free service and archive for articles «arXiv» of Cornell University. – 22.09.2018. – 27 p.



3. Jang S. Generative Design by Reinforcement Learning: Enhancing the Diversity of Topology Optimization Designs / Sewoo Jang, Soyoung Yoo, Namwoo Kang // Free service and archive for articles «arXiv» of Cornell University. – 2021. – 30 p.

4. Behzadi M. Real-Time Topology Optimization in 3D via Deep Transfer Learning / MohammadMahdi Behzadi, Horea T. Ilies// Free service and archive for articles «arXiv» of Cornell University. – 11.02.2021. – 15 p.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

Д.О. Колесник

Научный руководитель – Клейносова Н.П., канд. пед. наук, доцент

Сегодня многие предприятия и компании в недостаточной степени придают значение моделированию бизнес-процессов. Применение этого инструмента позволяет улучшить эффективность и качество работы организации. В большинстве случаев моделирование описывает логическую взаимосвязь объектов процесса в рамках организации от начала до его завершения.

Современные предприятия должны постоянно совершенствовать свою деятельность. Для этого требуется разработка актуальных технологий и приемов ведения бизнеса, а также повышение качества конечных результатов деятельности и внедрение новых, более эффективных методов организации и управления деятельностью предприятий.

Бизнес-процесс – это совокупность взаимосвязанных работ или мероприятий, направленная на создание ценности и выдачу конечного результата. Существует три вида бизнес-процессов:

- управляющие, направлены на управление функционированием системы;
- операционные, направлены на основную деятельность организации, предоставляющие поток доходов;
- поддерживающие, направлены на обслуживание организации.

Моделирование бизнес-процессов – это эффективное средство для поиска методов оптимизации деятельности компании, инструмент прогнозирования и минимизации рисков, появляющихся на различных этапах обновления предприятия. Моделирование позволяет дать оценку стоимости каждого процесса по отдельности и всех бизнес-процессов организации вместе [1].

Традиционно для моделирования применяют различные компьютерные средства, которые облегчают работу с моделями, их изменение и сокращают время анализа модели.

Моделирование бизнес-процессов невозможно проводить без использования различных нотаций для определенных видов моделирования. Самые популярные нотации: IDEF, EPC, BPMN. В зависимости от цели моделирования бизнес-процессы могут быть описаны по-разному: описание процессов верхнего (IDEF) и нижнего уровня (EPC), а также наиболее детальное описание процессов (BPMN). Результатом моделирования

всегда является модель бизнес-процесса, которая позволяет проанализировать процесс.

Конечной целью моделирования бизнес-процессов является улучшение деятельности компании и подробное описание самих бизнес-процессов. Для достижения результатов значительное внимание уделяется понижению стоимости и времени выполнения действий.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что использование такого инструмента, как моделирование бизнес-процессов способствует предприятиям и компаниям оптимизировать уже имеющиеся бизнес-процессы для роста производительности и прогнозировать дальнейшее развитие предприятия[1].

#### *Библиографический список*

1. Сущность и значение моделирования бизнес-процессов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.upkad.ru/finans-110-1.html> Дата обращения 30.01.2022

## **СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

### **КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПЗУ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА**

Е.С. Жаворонкова

Научный руководитель – Ефимов А.И., канд. техн. наук, доцент

Любые компьютерные устройства содержат программы, хранящиеся в энергонезависимой постоянной памяти (ПЗУ), которые используются для начальной загрузки системы при включении питания. Сейчас чаще всего используется такой тип изменяемой ПЗУ как Flash ПЗУ. Однако, поскольку ПЗУ включает базовое ПО, управляющее запуском и низкоуровневой работой системы, если оно будет повреждено (случайно или злонамеренно), целостность системы может быть нарушена, что повлечет проблемы обнаружения и исправления ошибок [1, 2].

Целостность данных – свойство, при выполнении которого данные сохраняют заранее определённый вид и качество. Существуют методы проверки целостности содержимого ПЗУ путем подсчета и сравнения контрольной суммы. К сожалению, в случае злонамеренного изменения состояния памяти, злоумышленник сможет внести преднамеренные изменения в ПЗУ без изменения контрольной суммы (так называемые коллизии).

Рассматриваемая методика проверки целостности использует цифровые сигнатуры, которые практически невозможно взломать: злоумышленник не сможет сгенерировать новую пару контент/сигнатура, которая прошла бы тест. Зато производитель, благодаря доступу к закрытому ключу, может очень легко создавать сигнатуры для новых версий содержимого изменяемого ПЗУ.

Для создания цифровой подписи или сигнатуры обычно предоставляется односторонний хэш данных, подлежащих подписи. Затем закрытый ключ создателя сигнатуры используется для шифрования хэша. Зашифрованный хеш вместе с другой информацией, такой как алгоритм хеширования, является цифровой подписью.

Если рассматриваемая ВС загружена, управление переходит к коду в неизменяемой ПЗУ. Этот код выполняет проверку ПЗУ на целостность путем сравнения расшифрованного с помощью открытого ключа заведомо корректного хэш-кода данных и актуального хэш-кода. Если два значения равны, целостность системы не нарушена, и дальнейшее управление переходит РПЗУ. В противном случае изменяемое ПЗУ не может быть затронуто.

#### *Библиографический список*

1. Методы и средства отладки МПС [Электронный ресурс]. – URL: [www.intuit.ru/604/460/lecture](http://www.intuit.ru/604/460/lecture) (дата обращения: 15.03.2022).
2. Иванюк А.А., Мусин С.Б., Ярмолик В.Н. Использование адаптивного сигнатурного анализа для обнаружения многократных ошибок ОЗУ // Микроэлектроника. 2007. №4. – С. 311-318.

## **ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

Д.А. Куцева

Научный руководитель – Елесина С.И., канд. техн. наук, доцент

Проблема эффективного распознавания имеет важное значение в сферах автоматизации определенных процессов человеческой деятельности, связанных с идентификацией различных объектов окружающего мира.

Перед процессом распознавания изображение обычно подготавливают – выполняют предварительную обработку, включающую сегментацию, фильтрацию от шумов, но в пределах данной темы рассматривается только процедура распознавания.

Одним из методов идентификации образов является распознавание на основе инвариантных моментов.

Инварианты, описывающие изображение или форму, не меняются, если объект претерпевает следующие геометрические преобразования или их комбинацию: масштабирование, сдвиг, поворот, зеркальное отражение.

В рамках данной темы рассматриваются инвариантные моменты  $H_u$  и инвариантные моменты Zernike. Последние отличаются наибольшей трудоемкостью вычислений, но показывают выше точность распознавания. В качестве меры близости между эталонными и текущим изображениями вычисляется значение взаимно-корреляционной функции.

Для ускорения процедуры распознавания, которая включает в себя расчет системы инвариантных моментов и вычисление значения корреляционной функции использовались две технологии параллельного программирования: OpenMP и NVIDIA CUDA.

Входными данными выступали предварительно подготовленные и имеющие однородный фон изображения разных разрешений: 250x250, 1000x1000, 2000x2000 пикселей. Как показывают результаты временных характеристик, программа, реализованная с помощью технологий параллельных вычислений, выполняется быстрее по отношению к последовательной версии.

Важным показателем эффективности скорости вычислений за счет использования распараллеливания выступает показатель ускорения. Оно вычисляется как отношение времени выполнения последовательного алгоритма ко времени выполнения параллельной реализации этого алгоритма.

Наибольшее ускорение алгоритма распознавания с помощью инвариантных моментов  $H_u$  и Zernike среди рассмотренных технологий параллельного программирования показала технология NVIDIA CUDA. Так как основной объем вычислений приходится на графический процессор. Но реализация распараллеливания в этом случае более трудоемка, чем при использовании технологии OpenMP, основанной на распараллеливании вычислений между ядрами центрального процессора.

Одной из причин получения данных результатов являются особенности и технические характеристики вычислительной системы, на которой были произведены экспериментальные исследования.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

В.Ю. Седов

Научный руководитель – Елесина С.И., канд. техн. наук, доцент

Системы совмещения изображений имеют широкий спектр их применения для решения прикладных задач. Одной из них являются корреляционно-экстремальные навигационные системы.

Основным и надёжным алгоритмом совмещения изображений принято считать корреляционные алгоритмы. При это, задача совмещения – это задача поиска глобального экстремума функции. Одними из известных методов поиска глобального экстремума являются эволюционные алгоритмы [1].

Одними из самых распространенных видов ЭА являются генетические алгоритмы (ГА). В рассматриваемом случае задачей ГА будет являться поиск глобального экстремума, а функцией, определяющей приспособленность, будет являться критериальная функция (КФ).

Одним из ключевых этапов работы генетических алгоритмов является отбор или «селекция». В работе рассматриваются несколько основных типов селекции.

Рулечная селекция базируется на идеи колеса рулетки. В данном типе селекции, особи для скрещивания берутся пропорционально значению функций приспособленности.

При турнирной селекции производится разделение популяции на подгруппы с дальнейшим выбором в каждой подгруппе особи, приспособленность которой наибольшая.

При селекции с усечением особи популяции сортируются по значениям их функций приспособленности. Число особей для скрещивания выбирается в соответствии с некоторым порогом.

Для определения эффективности метода была проведена серия экспериментов для вычисления сложности и точности определения ГЭ КФ при совмещении изображений.

На основании полученных результатов были определены следующие оптимальные настройки генетического алгоритма: длительность эволюции – 20 поколений; размер популяции – 200 особей; вероятность мутации особи – 30%; вероятность мутации отдельного гена – 2%. При таких настройках процент попадания в глобальный экстремум будет не менее 90%, а количество вызовов целевой функции (трудоемкость) – не более 8000 вызовов.

1. Елесина С.И. Совмещение изображений в корреляционно-экстремальных навигационных системах [Текст] / С.И. Елесина; под ред. Л.Н. Костяшкина, М.Б. Никифорова. – М.: Радиотехника, 2015.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТОВ**

А.С. Борц

Научный руководитель – Ефимов А.И., канд. техн. наук, доцент

Задача переноса информации с бумажных носителей на электронные очень актуальна. Самый простой и быстрый способ - сканировать документы с помощью сканеров. Результатом работы является цифровое изображение документа - графический файл. Более предпочтительным, по сравнению с графическим, является текстовое представление информации [1].

Стандартное распознавание текста осуществляется по следующей схеме.

1. Предварительная обработка изображения, выбор интересующей области.

2. Сегментация и нормализация текста из интересующей области.

3. Распознавание сегментированного текста тем или иным способом.

На этапе предварительной обработки изображения выполняются следующие задачи.

Улучшение качества изображения, выполняемое методами обработки изображений с различными алгоритмами, фильтрацией, шумоподавлением и другими, направленными на улучшение качества изображения [2].

Выделение интересующей области на изображении с использованием методов анализа изображений и с целью удаления нетекстовой информации (например, пятен, клякс, изображений в тексте и других).

Чтобы использовать алгоритмы распознавания символов, необходимо сначала сегментировать текст, чтобы выделить отдельные символы.

Для этого сначала выделяются строки, которые затем разбиваются на отдельные символы. Для решения поставленной задачи удобно использовать метод горизонтальной проекции. Он широко используется в задаче разделения строк в машинописных документах. Суть метода заключается в том, что для изображения рассматривается так называемый профиль горизонтальной проекции, затем на нем ищутся локальные минимумы. Поскольку рассматривается двоичное изображение, эти минимумы будут соответствовать межстрочному интервалу.

Кроме того, этот метод может быть применен к выделенным строкам, чтобы разделить их на отдельные символы.

Любая система распознавания включает в себя как процесс синтеза изображений, то есть формирование описаний объектов и их классов, так и анализ изображений. Существует три подхода к решению этой проблемы:

1. Сравнение с эталоном.

2. Кластеризация.

3. Общности свойств.

### *Библиографический список*

1. Зеленцов, И.А., Филиппович, Ю.Н. Распознавание образов на основе структурных фреймовых описаний в скорописных текстах XVII в. // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2011.

2. Шапиро, Л. и Стокман, Дж. Компьютерное зрение // Лаборатория знаний, 752, (8), 2006.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ ГЛУБИН В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ (СКУД)**

А.В. Антонов

Научный руководитель – Ефимов А.И., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается концепция применения карты глубины для эффективного использования вычислительных ресурсов ЭВМ.

Стереозрение – отдельное направление в области компьютерного зрения, цель которого – восстановить трехмерную геометрическую информацию окружающего пространства на основе двух двумерных изображений [1].

Обычно системы машинного зрения разработаны под выполнение узкоспециализированных задач, такие как контроль качества выпускаемой продукции, системы контроля и управления доступом (СКУД), системы безопасности зданий и сооружений, системы бесконтактного доступа и антропометрической идентификации личности, интерактивные системы распознавания жестов, системы навигации автономных промышленных и бытовых роботов с применением методов SLAM (simultaneous localization and mapping), беспилотный транспорт, системы виртуальной реальности VR и др.

Карта глубины (depth map) представляет собой двумерное изображение, получаемое с пары устройств видеозахвата (стереокамер), на котором интенсивность цвета отражает расстояние до объекта и представлена в виде матрицы расстояний. Каждая точка на карте глубины служит третьей координатой «z» в пространстве при совмещении двумерного изображения.

При проектировании СКУД по антропометрическим признакам возникает ряд дополнительных задач, связанных не только с выбором методов определения объектов, но и требованиями к аппаратной части, а также эффективностью использования вычислительных ресурсов ЭВМ.

Один из подходов эффективного использования ресурсов ЭВМ может сводиться к минимизации анализируемой области изображения, координаты и размеры которой определены на основе карты глубины. В зависимости от расположения объекта в зоне видимости камеры, не информативное свободное пространство, не подлежащее обработке, может достигать до 75% ( $3/4$  часть от видеокadra), таким образом затраты ресурсов ЭВМ приходятся на обработку оставшейся 25% части изображения от исходного кадра, содержащий сам объект и полезную информацию об объекте.

Кроме этого, если на видеокadre отсутствуют объект идентификации, карта глубины будет построена соответствующим образом, обработка видеоряда идентификации объекта не требуется ввиду его отсутствия. Когда глубина объекта на карте критично близка – производится запуск алгоритмов получения изображения с камеры высокой четкости и дальнейшая работа логики идентификации личности.

Таким образом, использование стереокамер и применение карт глубин при проектировании СКУД позволяет эффективнее использовать ресурсы ЭВМ, а также снизить угрозы, связанные с ошибочными входными данными.

1. Yang, L. Wang, and N. Ahuja, A constant-space belief propagation algorithm for stereo matching. CVPR 2010. [Электронный ресурс]. – URL: <https://xing-mei.github.io/files/rdp.pdf> (дата обращения 23.03.2022).



## **СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»**

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ КОМПОНЕНТА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗОНЕ АЭРОПОРТА**

М.В. Казанцев

Научный руководитель – Логинов А.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд вопросов по созданию информационной компоненты для системы обеспечения безопасности в зоне аэропорта.

Авиационные системы технического зрения делятся на наземные и бортовые.

Наземные (аэродромные) СТЗ используются для:

- контроля зоны аэропорта;
- контроля и управление за взлетом и посадкой;
- контроля летного поля;
- контроля обстановки на командно-диспетчерском пункте (КДП).

Основная цель – это безопасное пилотирование воздушного судна (ВС), контроль выполнения задания, слежение за ВС заходящим на посадку, выявление нестандартных ситуаций с последующим анализом возможных авиационных происшествий.

К системам видеонаблюдения в аэропортах предъявляются более жесткие требования, чем к системам для любых других объектов. Связано это в первую очередь с тем, что аэропорты всегда располагаются на огромной по площади территории, имеют множество зданий и сооружений, где требуется обеспечить полную безопасность людей.

В сложных метеорологических условиях (туман, пыль, снег, дождь, задымленность), а также в условиях низкой освещенности видимость значительно снижается, что может повлечь невозможность визуального наблюдения за ВС в зоне аэродрома при достижении высоты принятия решения или минимальной высоты снижения и, как следствие, невозможность осуществления посадки.

Улучшение видения обеспечивается цифровыми преобразованиями исходных ТВ и ТПВ изображений, что приводит к расширению возможностей диспетчера по предельным дальностям видимости, обнаружения и идентификации объектов в зоне ЛП, особенно при слабой контрастности изображений, низкой заметности целей и объектов в условиях плохой видимости.

Средства и способы визуализации собираемой информации, должны максимально повышать возможности операторов по раннему обнаружению классификации опасных факторов и ситуаций.

Оператор должен иметь возможность наблюдать за интересующим его объектом или участком аэродрома в реальном времени в пределах дальности действия системы.

Каждый классифицируемый системой опасный фактор должен однозначно индексироваться на дисплеях быстро воспринимаемой значографией.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

И.А. Лебедев

Научный руководитель – Хруничев Р.В., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время задача совмещения изображений всё чаще оказывается в фокусе исследовательского внимания. Она является фундаментальной при решении многих практических задач, где данные полученные с разных мест и позиций, в различное время и с различных датчиков должны быть совмещены и сравнены для лучшего видения картины [1, 2].

При выполнении корреляционного совмещения эталона с изображением вычисляется функционал сравнения, в частности, ВКФ данной пары изображений, и определяется экстремум полученного функционала сравнения. Наиболее трудоемким с вычислительной точки зрения является процесс поиска экстремума функционала сравнения. Кроме того, вычислительная сложность поиска экстремума в значительной степени зависит от типа критериальной функции.

В данной работе были рассмотрены основные методы (алгоритмы), которые могут быть эффективно применены в сфере совмещения изображений.

1. Стохастические методы, в данных методах присутствует элемент случайности. К таким методам относятся следующие.

1.1. Генетический алгоритм – это универсальный алгоритм поиска и оптимизации для моделирования, основанный на концепциях естественного отбора и генетики. Для кодирования решения могут использоваться вещественные числа или двоичный алфавит:  $\{0,1\}$ .

1.2. Алгоритм мультистарт – в основе данного алгоритма лежит преобразование поиска глобального минимума функции к поиску локальных минимумов. Из полученных точек локальных минимумов выбирается одна точка с самым наименьшим значением, и она принимается за точку глобального минимума.

2. Детерминированные методы – в данных методах при поиске экстремума ни разу не используются случайные значения его параметров.

2.1. Метод поэтапного сканирования, в нем поиск оптимума предусматривает полный перебор всех возможных вариантов. Чтобы их число было конечным, метод должен быть дискретным.

2.2. Пирамида изображений – это класс иерархических кратно масштабных структур данных. Эта структура рекурсивно вычисляется на основе предыдущих слоев с применением однотипной операции к каждому слою и содержит на каждом уровне иерархии уменьшенную версию прошлого изображения.

Оптимизировать работу алгоритмов, повысить их эффективность, добиться большего ускорения работы, возможно с помощью средств и методов параллельного программирования.

## *Библиографический список*

1. Борисова И.В. Цифровые методы обработки информации, 2014. – 112 с.

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: «Техносфера», 2006. – 1072 с.

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

А.Ю. Стеблюк

Научный руководитель – Гринченко Н.Н., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются аналитические системы и, в частности, особенности их организации и функционирования. Тема доклада была выбрана исходя из современных тенденций развития информационных технологий и обширного применения систем различного рода в контроле и мониторинге больших объемов данных, циркулирующих в рамках того или иного предприятия.

В тексте доклада упоминается о том, что аналитические системы представляют собой отдельный тип информационных систем, предназначенных для обработки больших потоков данных [1, 2]. Основная задача таких систем заключается в осуществлении поиска, сбора, последующей обработки и представлении полученных данных в виде, пригодном для восприятия и анализа пользователем [1].

Аналитические системы в своем классическом варианте обычно состоят из двух подсистем.

1. Подсистема, необходимая для сбора и хранения информации о предприятии. Она осуществляет сбор и фильтрацию данных, а также накопление информации, обеспечивая её применение для последующих аналитических операций [2-4].

2. Подсистема, отвечающая за доступ к информации, её последующий анализ и составление отчетности организации [5].

Подсистемы, принадлежащие к первому типу, основаны на технологии оперативной обработки транзакций, которая содержит в своей основе концепцию так называемого хранилища данных. Обычно вместе с таким хранилищем применяют информационные витрины, представляющие собой аналитические базы данных по одному из частных подразделений.

Главной задачей формирования аналитических систем, в соответствии с аналитической пирамидой, является передвижение информационной базы предприятия из неопределённой среды в более организованную систему, которая будет являться информационным источником, удовлетворяющим основные потребности и нужды предприятия [5, 6].

Таким образом, аналитические системы позволяют значительно упростить процесс мониторинга, анализа и контроля информации в течении работы производственного предприятия.

### *Библиографический список*

1. Исаев Д.В. Системы бизнес-интеллекта и аналитические приложения. – Финансовая газета, 2005, № 31 (711). – С. 14-15, № 32 (712). – С. 15.
2. Разработка формальной модели производственного процесса с применением корпоративной информационной системы / А.В. Речкалов, Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, А.В. Артюхов // Научное обозрение. – 2015. – № 12. – С. 187-196.
3. Исаев Д.В. Аналитические информационные системы. – М.: ГУ-ВШЭ, 2008. – 60 с.

4. Каплан Р., Нортон Д. Стратегическое единство. Создание синергии организации с помощью сбалансированной системы показателей. – М.: Вильямс, 2006. – 384 с.

5. Лодон Дж., Лодон К. Управление информационными системами / Пер.с англ. под ред. Д.Р. Трутнева. – СПб.: Питер, 2005. – 912 с.

6. Кравченко Т.К., Пресняков В.Ф. Инфокоммуникационные технологии управления предприятием. – М.: ГУ-ВШЭ, 2003. – 272 с.

## **ОБ АКТУАЛЬНОСТИ СОВМЕЩЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ И ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

А.В. Левитова

Научный руководитель – Логинов А.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается совмещение реальных изображений (РИ) и виртуальных изображений (ВИ). Приводятся основные цели совмещения изображений и области применения совмещения изображений.

Результат совмещения реальных и виртуальных изображений на борту летательного аппарата может быть использован в двух аспектах [1].

Первый позволяет за счёт создания корреляционно-экстремальной навигационной системы получить дополнительный источник определения координат летательного аппарата (ЛА).

Второй аспект связан с приборной визуализацией для экипажа ЛА кабинового пространства по данным систем технического зрения (СТЗ) и цифровой карты местности (ЦКМ) [2].

Цель (назначение) совмещения изображений.

В широком смысле цель совмещения - увеличение ситуационной осведомленности экипажа или оператора в различных условиях видимости.

В узком смысле, когда речь идёт только о геометрическом совмещении, целью является попиксельное сопоставление реального и виртуального изображений с учётом трёхмерности поверхности с допустимой погрешностью, для их последующего слияния [3].

Области применения совмещения изображений.

1. Посадка. Точность и гарантированность совмещения определяют насколько можно доверять ВИ взлетно-посадочной полосы (ВПП), не видя РИ ВПП (или посадочной площадки).

2. Маловысотный полет, полет в рельефе.

3. Уменьшение погрешности определение географических координат некартографических объектов на поверхности.

4. Коррекция координат ЛА на базе технологии КЭНС.

Для первой и второй задачи совмещение актуально только в плохих условиях видимости, когда плохое РИ дополняется ВИ.

Третья задача решается только в хороших условиях технического зрения (хорошее РИ).

### *Библиографический список*

1. S. Elesina, O. Lomteva. Increase of image combination performance in combined vision systems using genetic algorithm // Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Mediterranean Conference on Embedded Computing. – Budva, Montenegro. –2014. Pp. 158-161.

2. Костяшкин Л.Н., Логинов А.А., Никифоров М.Б. Проблемные аспекты системы комбинированного видения летательных аппаратов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 5. С. 61-65.

3. Руководство Р-315 «По минимальным стандартам характеристик авиационных систем (MASPS) для систем улучшенного видения, систем искусственного видения, комбинированных систем искусственного видения и бортовых систем увеличения дальности видения» Авиационного Регистра Межгосударственного Авиационного Комитета (АР МАК).

# СЕКЦИЯ «АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ»

## РАЗБОР SINGLE SHOT MULTIBOX DETECTOR

П.А. Гуськов

Научный руководитель – Никифоров М.Б. канд. техн. наук , доцент

Впервые о Single Shot MultiBox Detector упоминается в статье Кристианом Сегеди в конце ноября 2016 года и моментально достигла новых рекордов с точки зрения производительности и точности для задач обнаружения объектов, набрав более 74% mAP (средняя точность) при 59 кадрах в секунду в стандартных наборах данных, таких как PascalVOC и COCO. Чтобы лучше понять SSD (рисунок 1), разберем название этой архитектуры:

- Single Shot – задачи локализации и классификации объектов выполняются за один прямой проход сети;
- MultiBox – это название метода регрессии ограничивающей рамки, разработанного Сегеди и др.;
- Detector – сеть представляет собой детектор объектов, который также классифицирует обнаруженные объекты.

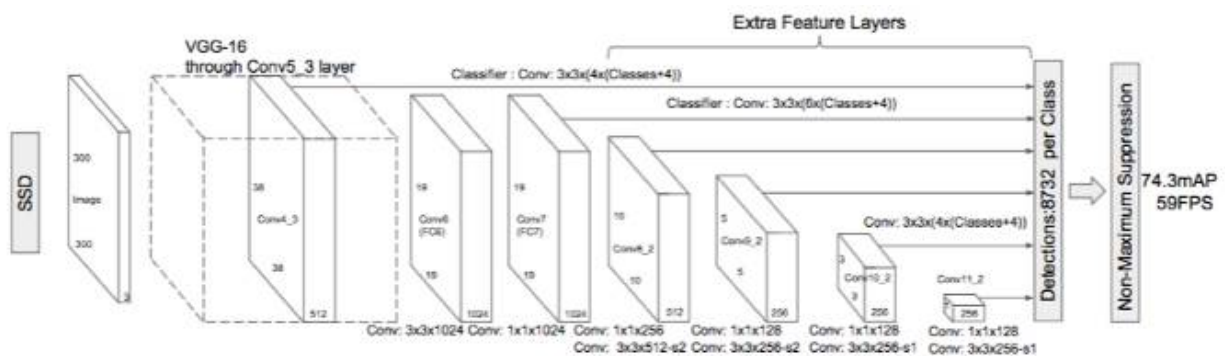


Рисунок 1 – Архитектура SSD

Архитектура SSD основана на архитектуре VGG-16, но отбрасывает полностью связанные слои. Причина, по которой VGG-16 использовалась в качестве базовой сети, заключается в ее высокой производительности в задачах классификации изображений высокого качества и ее популярности для задач, в которых обучение передаче помогает улучшить результаты. Вместо оригинальных полностью связанных слоев VGG был добавлен набор вспомогательных сверточных слоев (начиная с conv6), что позволило извлекать объекты в нескольких масштабах и постепенно уменьшать размер входных данных для каждого последующего слоя (рисунок 2).

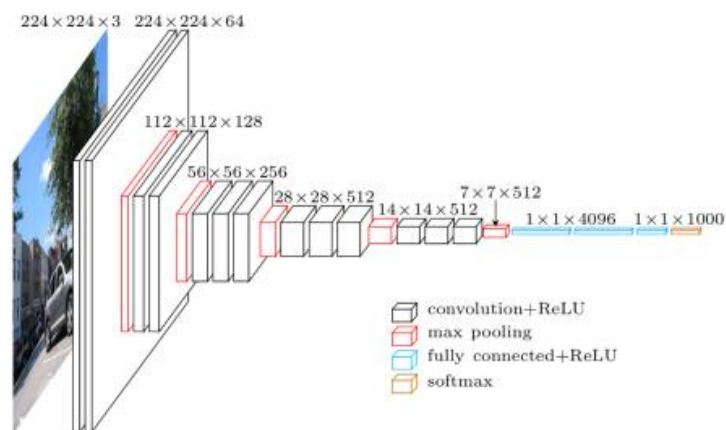


Рисунок 2 – архитектура SSD для входного изображения 224x224x3

Функция потери MultiBox объединила два важнейших компонента, которые попали в SSD:

- потеря достоверности - насколько сеть уверена в объективности вычисленной ограничивающей рамки; для вычисления используется категориальная перекрестная энтропия;

- потеря местоположения - измеряет, насколько далеко находятся предсказанные ограничивающие рамки сети от основных истинных границ из обучающего набора.

В MultiBox используется методика приоритетов, которые представляют предварительно вычисленные ограничительные рамки фиксированного размера. На самом деле эти приоритеты выбраны таким образом, чтобы их коэффициент пересечения по объединению (IOU - Intersection over Union) превышал 0,5 (рисунок 3). Поэтому MultiBox начинается с подготовки ограничивающих рамок в качестве предсказаний и пытается приблизиться к истинным рамкам.

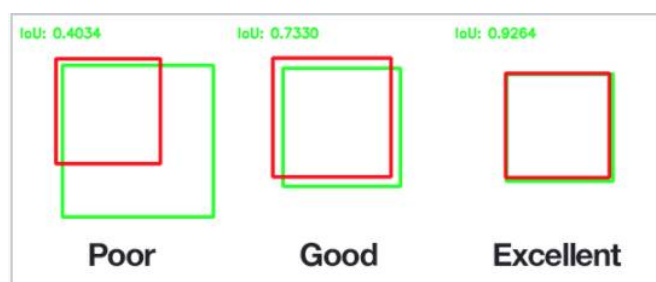


Рисунок 3 – пример коэффициента пересечения по объединению (IOU - Intersection over Union)

Результирующая архитектура содержит 11 приоритетов на ячейку изображения (8x8, 6x6, 4x4, 3x3, 2x2) и только один 1x1, в результате чего в общей сложности 1420 рамок на изображение, что обеспечивает надежное покрытие входных изображений в нескольких масштабах для обнаружения объектов различных размеров.

В конце концов, MultiBox сохраняет только лучшие прогнозы  $K$ , которые минимизировали потери как местоположения (LOC), так и достоверности (CONF).

## **ВЫБОР НАБОРА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛИЦ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

П.Ю. Беркасов

Научный руководитель – Саблина В.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматриваются наборы изображений для тестирования и оценки алгоритмов обнаружения лиц в сложных условиях. В качестве исходных данных рассматриваются общедоступные базы данных лиц, предоставляемые некоммерческими организациями. В докладе описываются следующие наборы изображений:

1. Набор изображений SoF (Specs of Faces) [1].
2. Йельская база данных лиц [2].
3. База данных VidTIMIT [3].
4. База данных распознавания лиц MIT-CBCL [4].
5. База данных распознавания лиц Texas 3D [5].

В рассматриваемых наборах собраны изображения лиц в различных условиях:

1. Изображение лиц в условиях слабого освещения.
2. Изображения лиц в различных погодных условиях.
3. Изображения лиц с синтетическими окклюзиями.
4. Изображения лиц с различных углов съемки.
5. Изображения лиц, измененные с использованием нечеткой логики.

Для оценки качества алгоритмов распознавания лиц в научно-исследовательской работе был выбран набор изображений SoF (Specs of Faces). Этот набор собран для тестирования алгоритмов обнаружения, классификации и распознавания лиц с помощью стандартизированных тестов и процедур. Выбранный набор состоит из двух частей. Первая часть состоит из фронтальных и со слегка измененным углом съемки изображений. Вторая часть состоит из изображений, которые сняты в условиях различного освещения. Для каждого из изображений в наборе есть 15 изображений, которые сгенерированы синтетическими окклюзиями и фильтрами. В качестве фильтров используется гауссовский шум и гауссово размытие.

### *Библиографический список*

1. Specs on Faces (SoF) dataset [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/view/sof-dataset/home> (дата обращения: 08.04.2022)
2. Yale Face Database [Электронный ресурс]. URL: <http://vision.ucsd.edu/content/yale-face-database> (дата обращения: 08.04.2022)
3. Conrad Sanderson - VidTIMIT dataset [Электронный ресурс]. URL: <https://conradsanderson.id.au/vidtimit/> (дата обращения: 08.04.2022)
4. CBCL FACE RECOGNITION DATABASE [Электронный ресурс]. URL: <http://live.ece.utexas.edu/research/texas3dfr/> (дата обращения: 08.04.2022)
5. Laboratory for Image and Video Engineering - The University of Texas at Austin [Электронный ресурс]. URL: <http://live.ece.utexas.edu/research/texas3dfr/> (дата обращения: 08.04.2022)



## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТА**

А.В. Ефремов

Научный руководитель – Никифоров М.Б., канд. техн. наук, доцент

Одним из актуальных методов бесконтактного управления техническими системами является управление с помощью жестов. В этом случае оператор может удаленно, не касаясь органов управления системы, а лишь воспроизводя руками некоторые, заранее оговоренные жесты осуществлять воздействия на систему.

Исследования в области использования жестов, как одного из способов взаимодействия с компьютерной системой, является относительно молодым и стремительно развивающимся направлением и до сих пор не решенным в полном объеме [1-5]. Значимость создания бесконтактных интерфейсов для управления различными техническими системами бесспорна, ведь налаженный удаленный контакт оператора и системы даст существенный прогресс в области создания систем автоматизирования. Весьма успешным это может быть в современных медицинских системах контроля критических ситуаций малоподвижных больных, в системах управления роботизированными комплексами. В автомобилях премиального класса уже сейчас используются бесконтактные методы взаимодействия водителя и мультимедийных систем, чтобы максимально сократить отвлекающий фактор, обусловленный ручным управлением звуком, выбором каналов, что в свою очередь повышает безопасность на транспорте. Но такие простые системы построены на базе датчиков глубины и работают, как правило, на расстоянии нескольких сантиметров и распознают определенные движения руки относительно датчика.

### *Библиографический список*

1. Прэйтт У. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. Кн.2. – 480 с.
2. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Визильтер Ю. В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В. и др. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
4. Anatoly I. Novikov, Victoria A. Sablina, Michael B. Nikiforov, and Alexander A. Loginov, The Contour Analysis and Image-Superimposition Problem in Computer Vision Systems // International Journal "Pattern Recognition and Image Analysis", Pleiades Publishing, 2015, Vol. 25, No. 1. – Pp. 73-80.
5. Никифоров М.Б., Ефремов А.В., Ожигина Д.В. Искусственный интеллект в распознавании жестов // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань, Book Jet. С. 192-194. ISBN 978-5-907400-90.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Д.Ю. Козырев

Научный руководитель – Саблина В.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается анализ эмоционального состояния человека, который позволяет отслеживать изменения в поведении людей и их отношении к событиям. Для того чтобы оценить психоэмоциональное состояние человека, наиболее эффективными методами являются объективные методы, не зависящие от мнения испытуемого. Эти методы позволяют изучать электрофизиологические параметры, отражающие психоэмоциональное состояние человека. Были рассмотрены следующие методы:

– способ распознавания эмоций с использованием беспроводных радиочастотных сигналов [1]; этот метод использует особенности захваченных физиологических сигналов, то есть характер дыхания и сердцебиения человека, и использует эти особенности для распознавания эмоционального состояния;

– метод лицевой экспрессии, основанный на детальном изучении анатомии лицевых мышц [2];

– метод, основанный на использовании системы виброизображения; такая система позволяет визуально и автоматически оценивать психофизиологическое состояние человека на основе вестибулярно-эмоционального рефлекса, используя программную визуализацию виброауры, полученную путем обработки составляющих амплитудных и частотных вибрационных изображений;

– метод распознавания эмоций по голосу [3]; чтобы конструктивно решить проблему распознавания эмоций по голосу, необходимо количественно оценить речевой сигнал и определить существенные параметры, отвечающие за эмоции;

– электробиолюминесцентный метод исследования, который основан на регистрации и оценке изменений – свечения, возникающего под действием высокочастотного высоковольтного разряда вокруг живых организмов (известного как эффект Кирлиана) [4].

### *Библиографический список*

1. Emotional State Recognition Based on Physiological Signals [Электронный ресурс]. – URL: <https://ikuz.eu/materials/supervision> (дата обращения: 13.04.2022).

2. Методики диагностики эмоциональной сферы [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--123-3ed8d.xn--p1ai/wp-content/uploads> (дата обращения: 13.04.2022).

3. Построение алгоритмов распознавания эмоционального состояния человека по речи [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.academia.edu/27983161> (дата обращения: 13.04.2022).

4. Методы диагностики эмоционального состояния человека и применение их в бизнесе [Электронный ресурс]. – URL: [https://alley-science.ru/domains\\_data/files](https://alley-science.ru/domains_data/files) (дата обращения: 13.04.2022).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДОПОЛНЕНИЯ НАБОРОВ ДАННЫХ**

А.П. Лёвкин

Научный руководитель – Саблина В.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается применение генеративно-сопязательных сетей для дополнения наборов данных. Данный метод позволяет увеличивать количество данных в наборе, что приводит к получению более эффективных моделей, в свою очередь, это расширяет возможности применения этих моделей, обеспечивает эффект регуляризации и уменьшает ошибку обучения.

Также этот метод позволяет создавать изображения, ранее не существовавшие в природе. Были рассмотрены следующие вопросы:

- история развития генеративно-сопязательных сетей; этот метод, по мнению многих ученых, является одним из наиболее важных открытий в науке; директор лаборатории искусственного интеллекта Facebook назвал сопязательное обучение «самой интересной идеей в области машинного обучения за последние 10 лет» [1];

- принцип работы генеративно-сопязательной сети; генератор постоянно создает новые изображения, которые отдает дискриминатору; генератор надеется, что в какой-то момент времени его мастерство настолько вырастет, что дискриминатор перестанет угадывать и начнет ошибаться, принимая его работы за подлинные [2];

- пример генерации изображений, основанный на использовании обучающего набора данных, состоящего из изображений цифр от 0 до 9; обучение моделей проводилось на языке высокого уровня Python, в частности с использованием библиотеки PyTorch;

- пример генерации новых изображений человеческих лиц [3].

### *Библиографический список*

1. GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – URL: [HTTPS://PROGLIB.IO/P/GENERATIVNO-SOSTYAZATELNAYA-NEYROSET-VASHA-PERVAYA-GAN-MODEL-NA-PYTORCH-2020-08-11](https://proglib.io/p/generativno-sostyazatel'naya-neyroset-vasha-pervaya-gan-model-na-pytorch-2020-08-11) (ДАТА ОБРАЩЕНИЯ: 13.04.2022).

2. ГЕНЕРАТИВНЫЕ СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ (GAN – ГЕНЕРАТИВКИ) НА KERAS [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – URL: [HTTPS://WWW.BIZKIT.RU/2019/12/04/15391/](https://www.bizkit.ru/2019/12/04/15391/) (ДАТА ОБРАЩЕНИЯ: 13.04.2022).

3. ГЕНЕРАЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНЫХ РЕАЛИСТИЧНЫХ ЛИЦ С ПОМОЩЬЮ ИИ [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – URL: [HTTPS://HABR.COM/RU/POST/428221/](https://habr.com/ru/post/428221/) (ДАТА ОБРАЩЕНИЯ: 13.04.2022).

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК НА ЛИЦЕ**

Д.В. Ожигина

Научный руководитель – Никифоров М.Б., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время все более широкое распространение находит использование оптических сенсоров в системах наблюдения, в том числе в местах массового скопления людей. Это позволяет обрабатывать большие объемы графической информации для выявления и оценки показателей, способных характеризовать психоэмоциональное состояние человека. Данная задача приобретает в современном обществе все более новые области применения. Среди них – определение психоэмоционального состояния операторов АЭС, авиадиспетчеров и других, автоматическое определение удовлетворенности клиента продуктом или обслуживанием, предрейсовая проверка психоэмоционального состояния водителей общественного транспорта или большегрузов, пилотов самолетов и другое. Кроме этого, одной из важнейших задач в современном обществе является определение потенциальных актов агрессии, в том числе, выявление потенциальных террористических актов в местах большого скопления людей, таких как аэропорты, торговые центры, вокзалы, школы и т. д.

В рамках анализа психоэмоционального состояния важной частью является автоматическое фиксирование и анализ эмоций. Эмоции – это особый вид психических процессов и состояний, связанных с потребностями и мотивами, которые выражают субъективные переживания человека и значимость действующих на индивида ситуаций. Анализ эмоций в современной психологии может использоваться для диагностирования психологических заболеваний или расстройств. Основной функцией эмоций является экспрессия. Мимику человека можно разделить на макровыражения и микровыражения. Автоматическое определение микровыражения и его анализ является наиболее сложной и актуальной задачей.

Важным этапом в автоматизированной системе анализа микровыражений является этап поиска антропометрических точек [1]. Задача поиска антропометрических точек представляет собой поиск ключевых точек лица, определяющих части лица, такие как нос, рот, глаза, подбородок, и отслеживание изменений положения этих точек. Данный этап является сложной задачей по нескольким причинам. Во-первых, форма и внешний вид лица отличаются для разных людей, испытываемых эмоций или положения головы. Во-вторых, внешние факторы, такие как освещение, могут повлиять на внешний вид лица на изображении. В-третьих, лицо может быть полностью или частично перекрыто другими объектами на изображении.

1. Мельник О.В., Саблина В.А., Савин А.В., Борщев А.Б. Обнаружение антропометрических точек лица на основе методов глубокого обучения с целью распознавания эмоций // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2020. – Т. 23. – № 3. – С. 45-52. – DOI 10.18127/j15604136-202003-05.

# **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА КОМПОНЕНТ ПО ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

О.Н. Олейникова

Научный руководитель – Никифоров М.Б., канд. техн. наук, доцент

Современные алгоритмы обработки данных от систем технического зрения – это конвейеры, состоящие из последовательности более мелких (простых) алгоритмов [1, 2]. Новый алгоритм, как правило, является некоторым изменением ступеней конвейера, например, их модификация, оптимизация, или иной способ взаимодействия между ними.

С одной стороны, имеется множество алгоритмов обработки данных, предоставляемых различными средами разработки (например, MATLAB), библиотекой OpenCV и прочими библиотеками, переписывание кода которых с целью исследования и проектирования новых алгоритмов нецелесообразно. С другой стороны, их возможностей не всегда достаточно для создания новых алгоритмов, к тому же форма представления исходных данных в различных пакетах обработки изображений часто различны.

Также следует отметить, что пакеты обработки изображений и библиотеки дополняют друг друга, но, как правило, не предусматривают между собой полноценного взаимодействия.

В ходе выполнения работы по разработке, и отработке элементов программно-математического обеспечения систем технического зрения возникает необходимость в создании системы, которая была бы способна объединить многие известные библиотеки, организовала бы обработку данных разных форматов, позволила бы создать конвейер реализации алгоритмов и выполнить оценку эффективности его функционирования. В большинстве случаев связанных с демонстрацией работы конвейера возникает необходимость использовать современные средства и технологии, сокращающие временные затраты на выполнение алгоритмов. Процесс постепенного перевода алгоритмов на бортовое оборудование, например, в ПЛИС сопряжен с поэтапной отладкой всего конвейера, совместно с оборудованием. Такая возможность должна быть предусмотрена в стенде.

Разработка новых алгоритмов должна выполняться без наложения жестких ограничений на язык программирования. Это существенно ускоряет процесс разработки, а также позволит использовать ранее разработанный программный код.

## *Библиографический список*

1. Введение в контурный анализ. Приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафазов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин; под ред. Я.А. Фурмана. – Изд. 2-е, испр. – М.: Физматлит, 2003. – 592 с.

2. Anatoly I. Novikov, Victoria A. Sablina, and Aleksey I. Efimov, Image Superimposition and the Problem of Selecting the Set of Corresponding Point Pairs, 4<sup>th</sup> Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) Proceedings. Budva, Montenegro, 2015. Pp. 139-142.

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ORB-SLAM ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

С.Р. Турчин

Научный руководитель – Саблина В.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается проблематика создания мобильного робота с использованием технологии ORB-SLAM. Данная технология является одним из способов построения трехмерной карты пространства на основе обнаруженных ключевых точек. Эта технология является основой для системы ориентации и позиционирования мобильного робота в пространстве. Робот представляет собой связку из механической, аппаратной и программной частей. Механическая часть – это подвижная платформа, на которой смонтированы элементы аппаратной части – связка из микроконтроллера и одноплатного компьютера. Эта система управляется программной частью, которая прошита в микроконтроллер и запущена на одноплатном компьютере. В докладе рассмотрена концептуальная схема аппаратной части мобильного робота, а также общая схема (без детализации отдельных узлов) всего устройства в сборе [1-8].

### *Библиографический список*

1. Сборник статей на IT-тематику [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/post/388927/> (дата обращения 28.02.2022).
2. Сборник статей на IT-тематику [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/singularis/blog/277109/> (дата обращения 28.02.2022).
3. Официальная страница с пакетом ORB-SLAM2 (электронный ресурс). – URL: [https://github.com/raulmur/ORB\\_SLAM2/](https://github.com/raulmur/ORB_SLAM2/) (дата обращения 15.01.2022).
4. Сборник статей на IT-тематику [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/singularis/blog/277537/> (дата обращения 22.02.2022).
5. Официальный сайт разработчиков ORB-SLAM [Электронный ресурс]. – URL: <http://webdiis.unizar.es/~raulmur/orbslam/> (дата обращения 01.02.2022).
6. Официальный вики-ресурс среды ROS [Электронный ресурс]. – URL: <http://wiki.ros.org/> (дата обращения 29.01.2022).
7. Официальный вики-ресурс среды ROS [Электронный ресурс]. – URL: <http://wiki.ros.org/indigo/Installation/Ubuntu> (дата обращения 30.01.2022).
8. Официальная страница с пакетом Pangolin [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/stevenlovegrove/Pangolin/releases/tag/v0.5> (дата обращения 25.02.2022).

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КЭШ-ПАМЯТИ**

А.Н. Хутев

Научный руководитель – Никифоров М.Б., канд. техн. наук, доцент

Статья посвящена разработке программной модели КЭШ-памяти, которая может быть использована в исследовательских целях и в учебном процессе бакалавриата и специалиста в высших учебных заведениях.

Проектирование современных средств вычислительной техники невозможно без предварительного аналитического и модельного исследования разрабатываемых устройств. Моделирование позволяет проектировщику выбрать наиболее рациональную структуру при меньших экономических и временных затратах. Это особенно важно при проектировании систем памяти ЭВМ [1-8].

Многоуровневая структура памяти, состоящая из блоков, различающиеся по времени обращения, емкости и стоимости хранения единицы информации делает проектирование памяти ЭВМ сложной, многокритериальной задачей поиска оптимума. Использование многоуровневой кэш-памяти существенно оптимизирует работу и улучшает соотношение стоимость/производительность.

Иерархия памяти современных компьютеров строится на нескольких уровнях, причем более высокий уровень меньше по объему, быстрее и имеет большую стоимость в пересчете на байт.

Применение разработанной программной модели в учебном процессе позволит обеспечить эффективность обучения благодаря наглядности, простоте задания входных данных и фиксации результатов.

### *Библиографический список*

1. Ульянов М.В. Архитектуры процессоров. – М.: МГАИ, 2002. – 68 с.
2. Ларионов А.М. и др. Вычислительные комплексы, системы и сети / А.М. Ларионов, С.А. Майоров, Г.И. Новиков: Учебник для вузов. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 288 с., ил.
3. Столлингс В. Структурная организация и архитектура компьютерных систем, 5-ое изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. – 896 с.: ил.
4. Сеппа Д. Microsoft ADO.NET / Пер. с англ. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2003. – 640 с.: ил.
5. Амамия М., Танака Ю. Архитектура ЭВМ и искусственный интеллект: Пер. с японск. – М.: Мир, 1993. – 400 с., ил.
6. Троелсен Э. Язык программирования C# 2005 и платформа .NET 2.0., Вильямс, 2008. – 256 с.: ил.
7. Павловская Т.А. C#. Программирование на языке высокого уровня. – СПб.: Издательство «Питер», 2009. – 432 с.
8. Троелсен Э. C# и платформа .NET. Библиотека программиста. – СПб.: Издательство «Питер», 2010. – 544 с.

# КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРОВЫРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ЛИЦЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ

Н.В. Яковлев

Научный руководитель – Саблина В.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд вопросов по проектированию системы определения эмоции по конфигурации лица – расположению бровей, губ и носа. Эта система может применяться в различных сферах: психологии, маркетинге, криминалистике и т. д. Когда мы улыбаемся или хмуримся, окружающие видят, что мы чувствуем по нашему выражению лица. Однако человек не может обнаружить внезапные движения лица из-за их непродолжительности, поэтому с этим лучше справляется компьютер.

Выражение лица формируется посредством конфигурации свыше 40 лицевых мышц, которые, в свою очередь возбуждаются посредством лицевого нерва. Однако мышца верхнего века возбуждается с помощью глазодвигательного нерва. Нервы посылают сигнал в спинной мозг, а затем в головной мозг. Нервное соединение является двунаправленным, что означает, что нерв запускает мышечные сокращения на основе сигналов мозга (мозг-мышца), в то же время передается информация о текущем состоянии мышц обратно в мозг (мышца-мозг) [1]. Ствол мозга запускает нашу мимику, контролирует эмоциональную обработку и регулирование. Миндалевидное тело управляет произвольными выражениями лица в различных ситуациях. Эмоции человека соответствуют его настроению. Всего эмоций семь: радость, удивление, грусть, гнев, презрение, отвращение и страх. У каждой из них есть своя уникальная конфигурация частей лица. Каждую из составляющих конфигурации называют Action Unit (Единица действия). Каждая из таких Action Unit идентифицируется номером (AU1, AU2). Методика FACS (Facial Action Coding System) представляет собой словарь эмоций посредством комбинации Action Unit. Этот анализ мимики — один из очень немногих методов, доступных для оценки эмоций в режиме реального времени, еще один вариант — функциональная электромиография (фЭМГ). Другие меры, такие как интервью и психометрические тесты, должны быть выполнены после предъявления стимула. Эта задержка в конечном итоге добавляет еще один барьер для измерения того, как участник действительно чувствует себя в ответ на стимул [2]. На основе полученных сочетаний единиц действия можно составить картину эмоции. Например, при сочетании поднятия внутренней и внешней части брови, поднятия верхнего века и широкого открывания рта получается удивление. К преимуществам FACS можно отнести точность описания выражения лица, однако оценка по FACS основана на обучении экспертов, что делает процесс долгим и трудоёмким.

## *Библиографический список*

1. K. Krosschell, Facial Expression Analysis. The Complete Pocket Guide, iMotions, 42 p.
2. Facial Action Coding System (FACS) – A Visual Guidebook. – URL: <https://imotions.com/blog/facial-action-coding-system> (дата обращения: 10.04.2022).



## ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ НА ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИИ

А.В. Пчелкин

Научный руководитель – Никифоров М.Б., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается влияние методов выделения границ на обнаружение объектов при сопровождении. В современных системах сопровождения важной задачей на сегодняшний день является задача анализа изображений, полученных с различных подвижных и труднодоступных объектов, в которых существует проблема распознавания различных объектов [1, 2]. Для решения этой проблемы можно использовать различные методы выделения границ [3-5]. В работе с различными методами выделения границ при сопровождении объектов были сделаны различные положительные, так и отрицательные моменты (Таблица 1) и они ориентированы на свою специфическую область применения.

Таблица 1

<b>Основные методы выделения контуров</b>	<b>Достоинства</b>	<b>Недостатки</b>
Градиентные методы	- низкая вычислительная сложность - высокая скорость работы	- высокая чувствительность к шуму - возникновение разрывов в контуре
Методы активных контуров	- устойчивость к посторонним шумам - высокая точность получаемых границ	- высокая вычислительная сложность - необходимость начального приближения к объекту
Методы на основе нейронной сети	- качество получаемых границ - не требуют предварительного изучения характера данных обучающей выборки	- проблема выбора параметров сети - необходимость формирования обучающей выборки - необходимость обучения
Методы на основе вейвлет-преобразования	- более эффективное выявление внутренней структуры изображений	- сложность реализации и подстройки
Методы на основе нечёткой логики	- использование в качестве фильтра - гибридизация с другими методами для улучшения качества работы	- требуется большая база знаний - плохая адаптивность
Методы на основе генетических алгоритмов	- высокая устойчивость к шуму - высокое качество конечного изображения	- время работы алгоритма
Методы на основе кластеризации	- решение с заданным уровнем точности	- высокая вычислительная сложность

На основе результатов и анализа различных методов выделения границ был сделан вывод о том, что при использовании таких методов возрастает вычислительная сложность. И из этого вытекает проблема понижения

вычислительной сложности, которая выполняется за счет потери устойчивости к шуму и точной обнаружения контура объекта. Поэтому для аппаратов сопровождения в которых используются методы выделения границ требуется разработка метода, который позволял бы снизить чувствительность к шумовой составляющей и при этом имеющие достаточную точность для дальнейшей обработки результирующих изображений, и также имеющий низкую вычислительную сложность.

#### *Библиографический список*

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера, 2006. - 1072 с.
2. Форсайт, А. Д. Компьютерное зрение. Современный подход / А.Д. Форсайт, Ж. Понс // Пер. с англ. – М.: ИД «Вильямс». – 2004. – 928 с.
3. Фурман, Я.А. Введение в контурный анализ. Приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин // 2-е изд., испр. – М.: Физматлит. – 2003. – 592 с.
4. Сакович, И.О. Обзор основных методов контурного анализа для выделения контуров движущихся объектов / И.О. Сакович, Ю.С. Белов // Инженерный журнал: наука и инновации. – Вып. 12. – 2014.
5. Титов, И.О. Выделение контуров изображения движущегося объекта / И.О. Титов, Г.М. Емельянов // Вестник НовГУ. – №55. – 2010. – С. 27-31.

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ**

П.А. Якубовский

Научный руководитель – Саблина В.А., канд. техн. наук, доцент

В докладе рассматривается трехмерная реконструкция объектов из 2D-изображений, которая играет важную роль в современном мире, так как используется в 3D-печати, виртуальных играх, 3D-навигации, реконструкции памятников для музеев. Одним из способов получения трехмерной реконструкции объекта по имеющимся двумерным изображениям – это применение технологии SfM (Structure from Motion). Существуют различные разновидности этой технологии. Например, инкрементный, глобальный, гибридный, иерархический, семантический SfM, все они имеют свои преимущества и недостатки [1].

Задача SfM заключается в обнаружении и сопоставлении характерных точек для каждой пары двумерных изображений, а также реконструкция сцены. Этот метод также предполагает нахождение внутренних и внешних параметров камеры [2].

Для достижения поставленной цели будет использоваться язык программирования MATLAB, с помощью которого и будет производиться реконструкция объекта. В каждом случае применения технологии SfM необходима калибровка камеры для получения ее параметров, которые в свою оче-

редь влияют на детальность и точность полученного трехмерного объекта [2].

В докладе также представлен один из способов калибровки камеры. Для осуществления калибровки необходимо было распечатать шахматное поле на листе любого размера, в данном случае был использован лист А4. Следующим шагом нужно было сфотографировать распечатанное шахматное поле с разных ракурсов, требовалось 20-30 фотографий. Эти фотографии загружались в Camera Calibrator, где и был произведен поиск ключевых точек и параметров камеры. В дальнейшем эти параметры сыграют важную роль в реконструкции выбранного мною объекта [2].

#### *Библиографический список*

1. Аленин В.А. Трехмерная реконструкция объектов из последовательности изображений // Молодой ученый. – 2011. – № 3 (26). – Т. 1. – С. 33-36.
2. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

# СЕКЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

## МОДУЛЬ РАДИОПРИЕМНИКА РЛС СОПРОВОЖДЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.А. Колегова

Научный руководитель – Васильев Е.П., д-р техн. наук, профессор

В работе рассматриваются проектирование СВЧ-модуля с минимальными габаритами и массой.

В процессе проектирования происходит выбор и обоснование функциональной схемы РЛС и структурной схемы приемника. В данной работе будет спроектирован СВЧ модуль, состоящий из антенного переключателя, фильтра и смесителя.

Основной частью проекта является расчет параметров и определение параметров радиоприемника, таких как сигнал, эквивалентные параметры антенны, полоса пропускания линейного тракта радиоприемника, выбор гетеродина, обеспечение необходимого усиления трактом ВЧ, селективность [2]. Далее происходит расчет устройств СВЧ модуля радиоприемника (фильтра входной цепи, смесителя, антенного переключателя).

С использованием САПР проводится разработка топологий устройств СВЧ модуля. И производится расчет размеров корпуса, выбирается материал (алюминиевый сплав, на основании его малого удельного веса).

Для проверки СВЧ модуля с помощью САПР проводится машинное моделирование и, если необходимо, последующая оптимизация [1].

В результате чего получили улучшение всех рассматриваемых параметров разрабатываемых устройств. Так для антенного переключателя по результатам оптимизации коэффициент стоячей волны в полосе пропускания уменьшился на 40%, потери в режиме пропускания и запираания улучшили на 28% и 2% соответственно. Оптимизация полосового фильтра позволила снизить потери в полосе пропускания на 40%, а коэффициент стоячей волны на 31%.

Так же, у нас получилось улучшить массовые и габаритные показатели.

### *Библиографический список*

1. Васильев Е.П. Математическое и программное обеспечение для автоматизированного проектирования микроволновых частотно-избирательных и управляющих устройств: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Рязань, 1999, 521.

2. Трофимов Л.А. Проектирование радиоприемных устройств СВЧ. – Казань: КГТУ, 2005, 240 с.

# НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

К.Д. Фоломеев

Научный руководитель – Москвитин А.Э., канд. техн. наук, доцент

В данной работе исследуется возможность решения проблемы радиометрического искажения на спутниковых изображениях средствами алгоритмов нейросетевого анализа спутниковых данных.

В рамках исследования было проведено обучение нейронной сети с учителем, в результате которого сеть способна с определённой точностью находить отдельные полосы на зашумлённом изображении. В качестве входных данных использованы искусственно зашумлённые фрагменты изображения, выходные данные сети представлены в виде координат столбцов пикселей, соответствующих зашумлённым полосам.

Для генерации обучающей и тестовой выборки был взят снимок поверхности земли с разрешением  $3840 \times 3840$ . Исходное изображение разбивается на 18 769 фрагментов с разрешением  $28 \times 28$ , причём каждый фрагмент представляется в трёх диапазонах: R, G и B. Полученные фрагменты искусственным образом зашумляются: на каждый фрагмент случайным образом наносятся одна или несколько полос, координаты полос записываются в отдельный файл и служат эталонными данными при обучении сети. Фрагменты разных диапазонов зашумляются независимо друг от друга.

Архитектура нейронной сети выполнена в виде полносвязного многослойного персептрона, а в качестве активационной функции выступает сигмоида. Входной слой нейронной сети состоит из 784 нейронов, каждый нейрон соответствует отдельному пикселю на изображении. Выходной слой содержит 28 нейронов, активность выходного нейрона выше заданного порогового значения свидетельствует о зашумлённости соответствующей вертикальной полосы пикселей на поданном на вход изображении. Экспериментально количество скрытых слоёв установлено равным 2, где первый слой состоит из 84 нейронов, второй – из 50.

В качестве обучающей выборки использованы 17 769 изображений диапазона G, остальные каналы в обучающую выборку не вошли. Точность предсказаний оценивается в соответствии с выражением (1):

$$\frac{\sum_{i=1}^N c_i}{\sum_{i=1}^N p_i'} \quad (1)$$

где  $c_i$  – количество найденных сетью реальных полос на  $i$ -м изображении,  $p_i'$  – общее число полос на  $i$ -м изображении,  $N$  – число изображений в текущей выборке.

По результатам обучения продолжительностью около 30 млн эпох показатель точности на обучающей выборке составил **76,6%**. Точность предсказаний для тестовой выборки, состоящей из 1000 зашумлённых фрагментов в диапазоне G, составила **68,4%**. Сеть была также протестирована на фрагментах каналов R и B, показатель точности составил **71,5%** и **71%** соответственно.

# **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ СОВМЕЩЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

А.М. Парчевская

Научный руководитель – Колесенков А.Н., канд. техн. наук, доцент

Один из способов обнаружения объектов на изображении состоит в сопоставлении текущего изображения с эталоном. Текущее изображение перемещается по полю эталонного изображения и исследуется его сходство с различными участками изображения.

Одним из методов совмещения изображений является применение генетического алгоритма (ГА) [1]. Работа генетических алгоритмов основана на имитации процесса естественного отбора.

В результате изучения и развития эволюционных вычисления был разработан ряд моделей генетических алгоритмов. Для сравнительного анализа были выбраны 3 модели ГА:

1. Канонический генетический алгоритм. Затраты времени на работу операторов такого ГА будут невелики, и скорость обработки будет выше, чем у алгоритма Генитор. Однако сходимость алгоритм будет относительно низкой, т.к. одноточечный кроссинговер обладает низкой разрушающей способностью, что уменьшает пространство поиска.

2. Генитор. Расходы времени на работу операторов ГА в данном случае несколько больше, чем в случае канонического ГА. Это обусловлено тем, что отбор родителей происходит для каждого отдельного потомка, а не для их пары.

3. СНС. Несомненным плюсом данной модели является быстрая сходимость в исходном пространстве поиска, но из-за отсутствия мутации и малого размера популяции само это пространство невелико. Для поиска наилучшего решения требуется несколько перезапусков, однако каждый дополнительный перезапуск увеличивает время работы. Алгоритм на основе данной модели быстрее остальных на начальных этапах поиска решений, но при поиске более точного решения затраты времени на его выполнение значительно увеличиваются.

Анализируя приведенную информацию, можно сделать следующие выводы.

Самым быстрым алгоритмом является ГА, реализованный по модели СНС. Это объясняется тем, что затраты времени на оценку начальной популяции значительно снижены в связи с меньшим ее размером. Кроме того, снижены расходы времени на работу операторов ГА, т.к. мутация применяется только при перезапуске эволюции, а не к каждой новой особи.

Алгоритм на основе модели Генитор является самым медленным. Больше время работы объясняется большими расходами времени на работу операторов ГА.

1. Белоусов А. А. Алгоритмы и программные средства эволюционной обработки изображений: дис. – 2010.

## СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ СО СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

М.С. Поборуева

Научный руководитель – Бодров О.А., канд. техн. наук, доцент

При передаче информации, под которой подразумевается входное изображение происходит ухудшение его качества, что может привести к частичному или полностью искажению изображения. Для восстановления исходного вида информации применяют морфологические операции [1]. Морфологические операции основаны на теории множеств и могут модифицировать изображение по какому-либо принципу. Основой всех морфологических операций является структурный элемент. Операция «Дилатация» предназначена для расширения границ у объектов исходного изображения. Операция «Эрозия» предназначена для сужения границ у объектов исходного изображения.

Спектр задач, в которых применяются технологии распараллеливания различен и постоянно расширяется. Очень часто данную технологию используют при какой-либо обработке изображения. В настоящий момент существуют минимум три технологии, выпущенные разными компаниями – это OpenMP, CUDA и OpenCL. В данной работе рассматривается применение двух из них: OpenMP и OpenCL на примере алгоритмов морфологических операций.

Таблица 1 – Время выполнения ядра

Разрешение изображения	Технология	Эрозия, мс	Дилатация, мс
640 x 672	Последовательно	21	19
	OpenMP	22	21
	OpenCL	2	2
1280 x 1343	Последовательно	85	82
	OpenMP	54	54
	OpenCL	4	4
2556 x 2684	Последовательно	334	315
	OpenMP	169	181
	OpenCL	11	12

Анализируя вышеприведенные таблицу можно заключить, что при использовании технологии OpenCL можно добиться хорошего выигрыша в производительности, за счёт того, что время выполнения самого ядра значительно меньше времени выполнения ядра на последовательном алгоритме и на алгоритме с OpenMP.

1. Морфологические преобразования [Электронный ресурс]. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/10621/1105/lecture/17989?page=4> (дата обращения: 18.10.2021).

# **МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ СОСОМО НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОВРЕМЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Н.В. Куликов

Научный руководитель – Таганов А.И., д-р техн. наук, профессор

В докладе рассматривается ряд проблемных вопросов по модификации модели оценки стоимости разработки программного обеспечения (ПО) СОСОМО на основе анализа классификации программных продуктов.

Исходная модель СОСОМО уже содержит ряд критериев для уточнения оценки, такие как требуемый уровень надежности, ограничения оперативной памяти, опыт разработчика и т.д. [1]. Однако зачастую этих критериев бывает недостаточно для учета всех особенностей как разрабатываемого продукта, так и особенностей персонала, разрабатывающего продукт, платформы, для которой продукт разрабатывается, и других особенностей.

В то же время, существуют классификации ПО по различным критериям. Данные классификации являются универсальными. Поэтому критерии, по которым производится классификация, отлично подходят для оценки широкого спектра программных продуктов.

Основные виды классификации ПО:

- по степени взаимодействия с аппаратным обеспечением (системное и прикладное);
- по области применения (массовое, заказное и индивидуальное);
- по числу платформ (одноплатформенные, кроссплатформенные и переносимые);
- по степени использования сетевых ресурсов (не используются, используются мало, используются в значительной степени);
- по способу взаимодействия с пользователем (без интерфейса, графический интерфейс, текстовый интерфейс).

Список данных классификаций не является окончательным. Существует ряд других классификаций.

Совершенно другой вопрос - степень влияния данных критериев на оценку. Для определения степени влияния были собраны данные по завершенным проектам двух компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения. На текущий момент, количества собранных данных не хватает для полноценного исследования степени влияния. Однако некоторые выводы можно сделать уже на основе этого небольшого количества данных.

Таким образом, в докладе идет речь не только о возможности применения критериев классификации в модели СОСОМО, но и сделаны выводы о степени их влияния на разработку.

1. СОСОМО // Электронная энциклопедия Wikipedia - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/СОСОМО> (дата обращения — 14.03.2022).



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССИВНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ**

И.В. Садовская

Научный руководитель – Васильев Е.П., д-р техн. наук, профессор

Пассивное устройство (ПУ) описывается как компоновка схемы, выполняющая одну или несколько линейных электронных функций, не прибегая к источникам СВЧ колебаний. К ПУ можно отнести регулярные линии передачи, согласующие цепи, делители, сумматоры мощности и т.д.

Среди пассивных микроволновых структур систем космической связи приемо-передающий модуль (ППМ) повышенного уровня мощности является одним из наиболее сложных и очень важных устройств. При его моделировании стоит учитывать требования к повышению уровня выходной мощности, что диктуется, в частности, необходимостью увеличения дальности обнаружения летательных объектов и космического мусора.

В структурную схему разработанного ППМ входят фазовращатель, аттенюатор, устройство защиты приемника, циркулятор и усилители мощности (УМ)[1]. Предлагается оптимизировать схему путем дублирования приемника и передатчика для увеличения надежности, добавления переключателя для возможности одновременного использования на прием и передачу и исключения перемычек у ряда микрополосковых направленных ответвителей (НО) для повышения технологичности, на которых реализован УМ по схеме "бегущая волна". Исключение перемычек производится благодаря тому, что НО выполнены с фазосдвигающей цепочкой (НО\_ФЦ)[2].

В каждом канале данного переключателя по два диода, припаянных к металлическим шлейфам. Для уменьшения себестоимости было произведено упрощение цепи путем замены индуктивностей на микрополосковые линии.

В реализованную цепочечную структуру субмодуля УМ входят по шесть делителей и сумматоров мощности с переходными ослаблениями 3дБ, 4,7 дБ, 6 дБ, 7 дБ, 7,78 дБ и 8,45 дБ. Все делители-сумматоры выполнены на микрополосковых НО\_ФЦ.

При помощи специализированного программного продукта было произведено как схемотехническое, так и электродинамическое моделирование данных устройств, вместе с тем, выполнена их оптимизация.

### *Библиографический список*

1. В.Л. Гостюхин, В.Н. Трусов, А.В. Гостюхин. Активные фазированные антенные решетки. М. :Радиотехника, 2011. 303с
2. Левашев, В.Г. Трёхступенчатый направленный ответвитель. [Электронный ресурс] URL: [https://нэб.рф/catalog/000224\\_000128\\_0000165185\\_20161010\\_U1\\_RU](https://нэб.рф/catalog/000224_000128_0000165185_20161010_U1_RU) (дата обращения 14.03.2022).

## **АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

М.И. Цыцына

Научный руководитель – Таганов А.И., д-р техн. наук, профессор

Рассматривается ряд важных вопросов, связанных с анализом и классификацией моделей оценки надежности программных средств (ПС) информационных систем (ИС). Под надежностью ПС ИС здесь понимается способность ПС безотказно выполнять определенные функции при заданных условиях в течение заданного периода времени с достаточно большой вероятностью. Анализ и классификация моделей оценки надежности проводились здесь по направлениям создания трех типов программных систем: 1) программных средств для решения инженерных и научно-технических задач; 2) программных систем для информационно-справочных и автоматизированных систем обработки информации, функционирующих вне реального времени; 3) программ и комплексов, входящих в контур управления и функционирующих в реальном времени.

В результате проведенного исследования по концепции Хетча предложена к рассмотрению классификация моделей надежности программных систем трех типов: 1) модели для прогнозирования надежности (модель Холстеда, модель Мотли-Брукса); 2) оценочные модели надежности, основанные на результатах тестирования (модель Муса с выбором области данных, Модель Миллса и др.); 3) измерительные модели (модели Нельсона, Рамамурти-Бастани, Шумана, пуассоновская модель и др.). Также рассмотренная классификация моделей надежности по концепции А.Л. Гоэлла, базирующаяся на отказах ПС, позволяет классифицировать модели надежности ПС в формате четырех типов: 1) без подсчета ошибок (модели Джелиински-Моранды, Шика-Вулвертона, Литвуда-Вералла и др.); 2) с подсчетом отказов (Шумана, Шика-Вулвертона, пуассоновская модель и др.); 3) с подсчетом ошибок (модель Миллса и др.); 4) модели с выбором области входных значений (модель Нельсона и др.).

Таким образом, проведенный анализ и классификация моделей роста надежности относительно процесса выявления отказов фактически делит модели надежности ПС ИС на две группы: 1) модели, рассматривающие количество отказов как марковский процесс; 2) модели, которые рассматривают интенсивность отказов как пуассоновский процесс. В этом случае, известный фактор распределения интенсивности отказов позволяет разделить эти модели на экспоненциальные, логарифмические, геометрические, байесовские и другие [1]. Следовательно, выделенные здесь классы моделей надежности позволяют осуществить целенаправленный анализ и выбор адекватных моделей оценки надежности ПС информационных систем на этапе их проектирования.

1. Таганов А.И., Цыцына М.И. Модели анализа и прогнозирования структурной надежности информационных систем на этапе проектирования // В сборнике: Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2020. Сборник трудов III международного научно-технического форума: Под общ. ред. О.В. Миловзорова. Рязань, 2020. С. 209-214.

# **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПСИХОТЕРАПИИ**

А.А. Фоломеев

Научный руководитель – Таганов А.И., д-р техн. наук, профессор

Современная практика вычисления показателей функциональной надежности системы виртуальной реальности (СВР) в области компьютерной психотерапии концентрирует свое внимание на свойствах безошибочности выполнения предусмотренных функций [1,3]. При этом, каждая функция такой системы, реализуемая с помощью информационного процесса, выполняется по заявкам, как это предусмотрено в системах массового обслуживания. При условии приоритетного обслуживания разнородных потоков заявок в системе можно выделить исходные данные, необходимые для расчета показателей функциональной надежности СВР. К этим данным относятся [2,3]: 1) функции распределения времени между заявками; 2) функции распределения времени выполнения информационных процессов; 3) вероятности ошибок и частичных функциональных отказов; 4) веса информационных процессов; 5) средние длительности простоев системы при устранении ошибок в процессах; 6) заданное количество информационных процессов, которые должны быть выполнены безошибочно.

На основе указанных исходных данных требуется установить правила определения показателей функциональной надежности СВР в условиях приоритетного выполнения информационных процессов. Для решения такого рода задачи может быть использован топологический полумарковский метод расчета функциональной надежности информационной системы, который содержит следующие этапы решения задачи [2,3]:

1. Строится граф функционирования информационной системы с приоритетным обслуживанием заявок (информационных процессов) [2,3].

2. Каждой вершине графа информационной системы приписываются те случайные величины [2], которые определяют возможность выхода системы из данной вершины в соседнее состояние.

3. На основании приведенной формулы (4.9) [2] определяются функции плотности вероятности (при заданном условии независимости случайных величин) времени обслуживания заявок.

4. По приведенным формулам (4.10) [2] находятся переходные вероятности и математические ожидания безусловных значений времени пребывания полумарковского случайного процесса в каждом из состояний.

5. При помощи полученных данных по приведенной формуле топологического полумарковского метода (4.18) [2] определяются финальные вероятности пребывания полумарковского процесса в каждом из состояний графа; также определяется среднее время между повторными попаданиями полумарковского процесса в состояния графа.

6. По сформированным здесь исходным данным, с применением представленных формул (1)–(12) [3], определяются требуемые для анализа и прогнозирования показатели функциональной надежности информационных процессов СВР с приоритетным обслуживанием заявок.

### *Библиографический список*

1. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы / Ю.П. Зинченко, Г.Я. Меньшикова, Ю.М. Баяковский [и др.] - Национальный психологический журнал. 2010. №1(3). С. 54–62.
2. Шубинский И.Б. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа. - М.: «Журнал Надежность», 2012. - 216 с.
3. Таганов А.И., Цыцына М.И., Фоломеев А.А. Показатели функциональной надежности информационных процессов системы виртуальной реальности // В сборнике: Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2022. Сборник трудов международного научно-технического форума: Рязань, 2022.

## **ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

А.А. Кокунов

Научный руководитель – Таганов А.И., д-р техн. наук, профессор

Под алгоритмическим процессом (АП) понимается развернутая во временном пространстве последовательность действий, операций или работ, выполнение которых обеспечивает достижение цели, т. е. получение конечного результата: продукции, информации, знания и т.п. [1,2]. При системном анализе функционирования многих систем с дискретным поведением используется подход, заключающийся в рассмотрении системы с единых позиций на основе представления структуры системы и ее поведения в виде такого алгоритмического процесса.

В ходе работы проведен анализ существующих моделей надежности алгоритмических процессов, выделены их классификационные признаки. Рассмотрена история становления проблемы оценки надежности алгоритмических процессов, а также упомянуты основные научные работы в данном направлении.

Проведенный анализ известных подходов и сопутствующих методов позволил сформулировать ряд теоретически хорошо обоснованных [2] принципов и задач, требующих своего решения в области проектного менеджмента для обеспечения структурной и функциональной надежности информационных систем на этапах проектирования.

Для внедрения вышеуказанных принципов в практику для формализации процедур оценки качества и надежности был необходим выбор модели представления алгоритмических процессов информационных систем. В качестве таковой был выбран конечный ориентированный граф с взвешенными дугами, отождествляемый с поглощающим случайным процессом, к которому сводится вероятностная модель алгоритмического процесса. Для данного графа были описаны свойства с учетом особенностей объекта моделирования, а также рассмотрена и описана задача укрупнения данного графа для дальнейшего расчета вероятности и времени выполнения алгоритмического процесса с различными исходами.

Для дальнейшего рассмотрения проблемы оценки качества и надежности алгоритмических процессов информационных систем был выделен ряд проблемных вопросов, включающий в себя: разработку и исследование нечетких моделей качества и показателей надежности многомерных АП информационных систем; постановку задач четкой и нечеткой оптимизации показателей качества и надежности АП и др.

#### *Библиографический список*

1. Макарова Н.В., Таганов А.И., Цыцына М.И. Оценивание качества и функциональной надежности программных средств информационных систем. В сборнике: Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2020. Сборник трудов III международного научно-технического форума: в 10 т. Рязань, 2020. С. 205-209.
2. Ротштейн А.П., Штовба С.Д., Козачко А.Н. Моделирование и оптимизация надежности многомерных алгоритмических процессов. – Винница: «УНИВЕРСУМ-Вінниця», 2007. – 215 с.

### **УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА БОРТОВОЙ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ**

Е.С. Морозова

Научный руководитель – Васильев Е.П., д-р техн. наук, профессор

В настоящее время чрезвычайно важной и достаточно обширной отраслью современной радиотехники является радиолокация, которая использует для обнаружения и определения местоположения различных объектов радиотехнические методы.

АФАР используются в наземных радиолокационных станциях (РЛС) контроля воздушного пространства, гигабитовых цифровых системах передачи данных, радиотелескопах, станциях спутниковой связи, устанавливаются на корабли и воздушные суда.

Как правило, АФАР состоит из приемопередающих модулей (ППМ), которые состоят из четырех до нескольких десятков приемо-передающих каналов.

Изначально ППМ регулирует начальную фазу несущей радиосигнала, а также усиливает передаваемый и (или) принимаемый этим элементом радиосигнал.

Модуль ППМ состоит из канала передачи и канала приема. Ослабители СВЧ-сигналов используются для калиброванного измерения уровня мощности сигнала, а для управления фазой – многоуровневые фазовращатели (ФВ). Усилитель мощности необходим для контроля уровня выходной мощности. Малошумящий усилитель требуется для чувствительности приемного тракта АФАР [1].

В работе рассмотрены Т-образный и П-образный аттенюаторы. Проведены расчеты сопротивлений на основе ослабления, входного и выходного сопротивления.

Результаты показали, что полученные данные отличаются на допустимую величину.

Можно сделать вывод, что получены результаты удовлетворяют заданным требованиям. Данная программа может быть использована в учебном процессе.

1. Активная фазированная антенная решётка. - Режим доступа: [[https://ru.wikipedia.org/wiki/Активная\\_фазированная\\_антенная\\_решётка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Активная_фазированная_антенная_решётка)].

## **СЕКЦИЯ «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА» (кафедра ВПМ)**

### **ПРОБЛЕМА СЕГМЕНТАЦИИ ОБЛАЧНОСТИ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ СРЕДСТВАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Я.Д. Жаворонков

Научный руководитель – Кузнецов А.Е., д-р техн. наук, профессор

Одной из основных проблем обработки изображений, полученных с космических аппаратов, является облачность. Не представляется возможным проведение зондирования объекта, если он закрыт облаками.

Другая проблема состоит в однозначном распознавании облачности на фоне снежного либо песчаного ландшафта. Если облако находится на снежный массив или песчаную дюну, проблематично однозначно провести границу между облаком и земной поверхностью. Объекты инфраструктуры, попадающие на снимки, так же могут быть ошибочно распознаны как облако.

На сегодняшний день специалисты вручную обрабатывают каждый снимок – выделяют область, покрытую облаками, и принимают решение о дальнейшей обработке кадра. К сожалению, доступные сейчас автоматизированные решения недостаточно точны, чтобы заменить человека.

Использование искусственного интеллекта позволяет качественно повысить уровень распознавания облачности на аэрокосмических снимках. Нейронные алгоритмы способны выделять и распознавать семантические признаки объектов, например, форма объекта. Недостатком применения полносвязных нейронных сетей является необходимость хранить большое количество весовых коэффициентов.

Выходом является применение сверточных нейронных сетей [1, 2]. Сверточная нейронная сеть содержит трехмерное расположение нейронов вместо стандартного двумерного массива. Сверточные сети работают с ядрами, которые применяются ко всем данным и генерируют карту признаков. Основное преимущество этого подхода – отсутствие необходимости хранения тысяч весов, нужно хранить только весовые коэффициенты ядер.

Для решения проблемы однозначного распознавания объектов можно применить к изображению морфологические операции «открытия» или «закрытия». Применение морфологических операций целесообразно в случае обработки «перистых» облаков. «Закрытие» сглаживает контуры объектов за счет "заливки" узких разрывов. «Открытие» – за счет ликвидации выступов, обрыва узких перешейков.

#### *Библиографический список*

1. И. Гудфеллоу; Ю. Бенжио, А. Курвиль. Единицы Softmax для выходных распределений Multinoulli - Deep Learning. MIT Press. 2016. 180–184 с. ISBN 978-0-26203561-3.

2. К. Мерфи. Машинное обучение: вероятностная перспектива. - 2012. MIT. ISBN 978-0262018029.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Головин

Научный руководитель – Крошилин А.В., д-р техн. наук, профессор

Одним из способов повышения эффективности и управляемости организации является автоматизация бизнес-процессов. Внедрение системы управления бизнес-процессами позволяет получить сразу несколько выгод (скорость, качество, гибкость, управление): процессы выполняются быстрее благодаря автоматизации рутинных и часто повторяющихся задач, а также наличию четкой регламентации для каждого действия; работа в рамках строгих регламентов позволяет повысить общий уровень выполнения задач за счет минимизации числа ошибок, вызванных человеческим фактором; в рамках BPM-программы гораздо проще изменять и масштабировать процессы, выстраивать и перестраивать их в зависимости от развития и текущей конъюнктуры рынка; все хорошие BPM-системы имеют функции сбора и обработки статистики, что позволяет более эффективно контролировать рабочие процессы, не упуская деталей [2].

Популярные ИС для автоматизации БП представлен на рисунке 1.

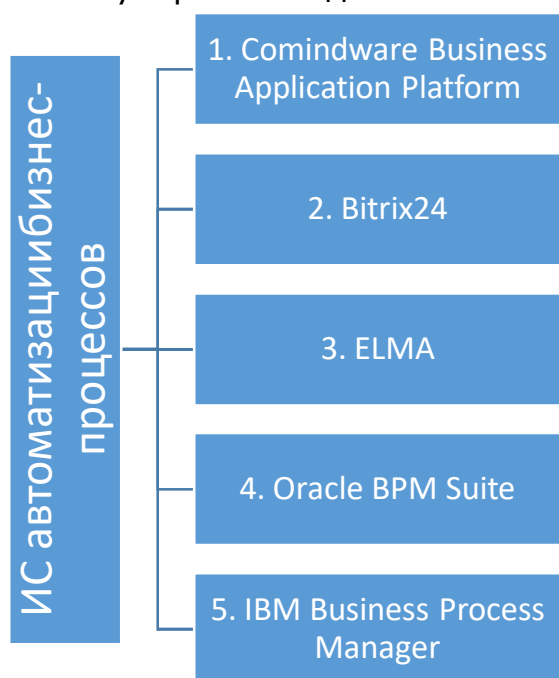


Рисунок 1. Популярные ИС для автоматизации бизнес-процессов

Каждая из представленных систем, использующая методы автоматизации бизнес-процессов имеет свои достоинства и недостатки [1].

В первом случае среди редактирование бизнес-процессов силами бизнес-аналитиков в режиме реального времени; соответствие международному стандарту BPMN 2.0; наличие набора готовых шаблонов процессов; построение процессной архитектуры предприятия и визуализации связей и отношений между ними. Среди недостатков выделяют: отсутствие готовых отраслевых решений.

Достоинства Bitrix24: многофункциональность; корпоративная социальная сеть;

интеграция с 1С, телефония, почтой и более 1000 других приложений; наличие Face-tracker. Среди недостатков выделяют: слишком большой функционал; интеграция с 1С только в платных тарифах; платная телефония.

ELMA отличается наличием построителя бизнес-процессов, позволяющего автоматизировать их за минимальное число шагов; возможностью самостоятельной интеграции в процессы компании благодаря большому количеству уроков и документации в открытом доступе; возможностью работы с программой удаленно без установки специального ПО – достаточно Интернета и любого веб-браузера. Недостатки: только целевой для решения задач сферы BPM функционал с минимальным объемом смежных моду-



лей, направленный на решение только целевых задач; отсутствие возможности приобретения отдельных модулей.

Достоинства Oracle BPM Suite: наличие шаблонов; встроенный функционал для создания корпоративных порталов; интегрируемость с другими бизнес-программами; возможности настройки БП под собственные потребности. Недостатки: невозможность связывания нескольких бизнес-правил в один процесс; недостаточный функционал.

IBM Business Process Manager характеризуется с положительной стороны наличием: функции предварительного тестирования созданных БП; трех версий программы с разным функционалом; возможности масштабируемости. Недостатки: сложный интерфейс; высокие требования к производительности оборудования.

#### *Библиографический список:*

1. Громов, А.И. Управление бизнес-процессами: современные методы. монография / А.И. Громов, А. Фляйшман, В. Шмидт. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 367 с.

2. Чукарин, А.В. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении современной инфокоммуникационной компанией / А.В. Чукарин. - М.: Альпина Паблишер, 2016. - 512 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ УЧЕТА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ОБЩЕЖИТИЯ**

А.Д. Шумак

Научный руководитель – Шевяков А.Г., канд. техн. наук, доцент

Большое количество методов и форм управления в условиях постоянного роста потока информации и сложности исполнения расчетных и финансовых операций в общах определяют надобность учёта и группирования материальных потоков используя логистический подход.

Логистической категорией, определяющей собой движение и/или преобразование в экономической сфере (сельское хозяйство, торговля и т.д.) вещественных объектов, к которым относятся энергоносители, сырье и материалы, полуфабрикаты, комплектующие, незавершённое производство [1].

В данной статье предметом исследования являются методические подходы и организационные механизмы, обеспечивающие рациональное распределение материальными потоками в общежитии. Объектом исследования выступают студенческие общежития Вузов г. Рязани.

Для управления и распределения материальными процессами в общежитии определены функции логистического менеджмента, которые можно Для управления и распределения материальными процессами в общежитии определены функции логистического менеджмента, которые можно сгруппировать по нескольким основным группам: сгруппировать по нескольким основным группам: сбор, обработка, хранение и распределение логистической информации; управление производственными мощностями общежития и генерирование выходных форм.

Информационным посредником между студентами и внутренними службами общежития является служба приема и размещения, проводившая функции информационного центра. Структуру области составляют входящие информационные потоки от других подразделений учебного заведения (приёмная комиссия, различные кафедры) предоставляющие списки нуждающихся в койко-месте, которые обрабатываются учебным заведением и передаются заведующему общежитием.

От проживающих в общежитии клиентов поступают входящие финансовые (наличные деньги, оплата безналичным путем) также преобразуются в информационные потоки (счета, информация в электронной системе) и требует учета и обработки.

Данная область является смешанной и выражает прямое действие на область финансовых расчетов общежития, область формирования проживающих и косвенно на область распределения деятельности общежития по проживанию студентов.

Область финансового обслуживания расчетов общежития одна из ведущих. Ее создание незаменимо для исполнения расчетных и учетных операций в учебном заведении. В структуре ресурсных потоков заведующий общежитием прикреплен к отделу бухгалтерии, которая отвечает за связь с банком, организацию безналичных расчетов с потребителями услуг, подрядчиками, ведет учет движения наличных денежных средств, поступающих от студентов и проживающих в общежитии.

Структура данной области состоит из двух видов потоков: внешние и внутренние. К внешним информационным потокам относятся договоры, счета, платежные документы, обслуживающие соответствующие внешние финансовые потоки. К внутренним потокам относится входящая и исходящая документация (справки, отчеты, бухгалтерские формы), обеспечивающая информационную поддержку служб общежития.

Область планирования деятельности общежития и использования его материальных ресурсов. Это выполнение анализа работы, исполнение контроля за учетом данных общежития. Эта область является внутренней и оказывает прямое влияние на все другие.

При планировании логистических процессов управления общежитием в сегодняшних условиях требуют создать технологии взаимодействия всех областей. Это позволит повысить уровень координации и договоренность служб, уменьшить возможные нарушения в работе, более плодотворно принимать управление, учёт и распределение материальными потоками общежития на стадии планирования, организации заселения/выселения и контроля предоставления услуг общежитием [2].

Исходя из этого, должна быть системность в учете и планировании предоставляемых данных общежитием, по рациональному учету использования объектов материально-технической базы общежития и схем расселения студентов.

В следствие движения информационных и финансовых потоков учебного заведения возникают области, где фиксируются основные ресурсы управления общежитием. Все ресурсные потоки взаимосвязаны и влияют на характеристики друг друга, поэтому наиболее оперативным будет учет данных потоков с применением программного обеспечения.

### *Библиографический список*

1. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. — М.: Синтег, 2011 — 408 с.
2. Бодров О.А., Медведев Р.Е. Предметно-ориентированные экономические информационные системы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2013. — 244 с.
3. Крошилин А.В., Крошилина С.В. Регулирование материальных потоков в интеллектуальных системах управления // Вестник РГРТУ. №1 (выпуск 43) – Рязань: РГРТУ, 2013. — 132 с.
4. Грановская Е.В. «Мир общежития» как микрофизика власти. Екатеринбург, 2003. — 305 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ**

С.А. Сбродов

Научный руководитель – Крошилина С.В., канд. техн. наук, доцент

В XXI веке, в мире нанотехнологий и усовершенствованных систем, исследователи и ученые проявляют большой интерес к изучению методов интеллектуального анализа медицинских данных.

Прежде чем приступить к анализу методов интеллектуального анализа медицинских данных, стоит разобраться, что же это такое интеллектуальный анализ. Трактование вышеупомянутого анализа обозначает выявление нового знания, который извлекают из определенной базы данных. Немаловажно указать, что интеллектуальный анализ данных состоит из большого количества направлений и в англоязычной литературе представлен как «Data Mining» (раскопка данных) и «Knowledge discovery» (обнаружение знаний). Изучая данный анализ, необходимо упомянуть о его главных задачах, основанных на поиске не только функциональных, но и логических закономерностей в накопленной информации; создании моделей и правил, которые могут детально объяснить аномалии, а так же прогнозирующее развитие некоторых процессов.

Анализируя специализированную литературу, стоит обратить внимание, в первую очередь, что интеллектуальный анализ способен выявить состояние здоровья человека, а так же увеличить аналитические возможности экспертов в медицине. Сегодня крупные медицинские организации активно применяют системы поддержки, основанные на методах интеллектуальной обработки данных, что в значительной мере упрощают задачу медицинским специалистам в постановки диагнозов, назначения курса лечения, прогнозирования развития заболеваний. В современной медицине с помощью интеллектуального анализа можно с легкостью сформировать выборку исходных данных, описать не только состояния пациентов, но и сгруппировать или упорядочить их на основе свойств и выраженных признаков больных [7].

Рассматривая методы интеллектуального анализа медицинских данных, стоит упомянуть о первоочередной проблеме, которая состоит в создании методов и инструментов интеллектуального анализа клинических

текстов на русском языке. Методы структурируют в группы в зависимости от решаемых проблем, поэтому следующим этапом в данной работе будет анализ распространенных методов в современной медицине.

Одним из главных методов в медицине считают прогнозирование течения болезни, воздействия препарата или группы препаратов и уровня смертности. Ко второму методу относят обследование, целью которого является правильный поставленный диагноз, основанный на выявлении всех симптомов. Классификация представляет собой третий метод, один из самых распространенных методов, который формируется на уточнении диагноза [6].

Рассматривая проблематику исследуемой темы, стоит выделить главные применяемые методы интеллектуального анализа данных для более точной обработки медицинской информации. Зарубежные исследователи Харпер П. и Хонг Ху в своих научных трудах пишут о методах классификации на разных наборах медицинских данных из репозитория Kent Ridge Biomedical Dataset Repository [2, 3]. Анализ точности исследуемой классификации показал, что она зависит от набора анализируемых данных, применяемого метода извлечения и ранжирования ключевых признаков. Исследователь Маринов М. в своей научной работе обращает внимание на то, что деревья принятия решений представляют собой один из самых распространенных алгоритмов классификации в системах интеллектуальной обработки медицинских данных [4].

Немаловажно выделить исследователей Давида В. Бэйтс и Суши Сария, которые анализируют метод прогнозирования и априорное определение стоимости лечения пациента в своем труде. Исследователи доказали, что данный метод построен на основе деревьев принятия решений, представленная информация собиралась на протяжении трех лет и дала практически точный результат (85%). Прогнозирование, как доказанный факт, применяется для нахождения скрытых зависимостей между признаками [1]

Исследуя метод кластеризации, который довольно часто применяется для анализа массивов генетической информации, стоит упомянуть научный труд зарубежного исследователя Лауры Дж. [5] Исследователь подчеркивает, что данный метод применяется для повышения точности прогнозирования развития опухолей. Данный метод использует кластеризацию массива, в ее работе было проанализировано ДНК 86 видов опухолей груди в двух кластерах, было выявлено, что данный метод помогает врачам не только для выявления точного диагноза, но и назначения курса лечения, а так же прогнозирования развития заболеваний.

Итак, подводя итоги фрагментарного обзора методов интеллектуального анализа медицинских данных, было выявлено, что на сегодняшний день современная медицина не может существовать без применения точных и надёжных методов прогнозирования, обследования и классификации. В современном обществе продолжают внедряться методы интеллектуального анализа, которые облегчают задачу медицинских специалистов в ведении электронных медицинских карт, создании межрегиональных медицинских баз данных, что позволяет быстро разрешать медицинские задачи, базируясь на анализах о пациентах. Методы идут в ногу со временем, специалисты разрабатывают новые системы, проверяют их на качест-

во и применение на практике, устраняют ошибки, усовершенствуют и отрабатывают неточности.

### *Библиографический список*

1. David W. Bates, Suchi Saria, Lucila Ohno-Machado et al. Big data in health care: using analytics to identify and manage high-risk and high-cost patients // Health Affairs. 2014. V. 33. № 7. P. 1123–1131.
2. Harper P. R. A review and comparison of classification algorithms for medical decision making // Health Policy. 2005. V. 71. № 3. P. 315–331.
3. Hong Hu, Jiuyong Li, Ashley Plank et al. A comparative study of classification methods for microarray data analysis // Proceedings of the fifth Australasian conference on data mining and analytics / Australian Computer Society, Inc. 2006. V. 61. P. 33–37
4. Illhoi Yoo, Patricia Alafaireet, Miroslav Marinov et al. Data mining in healthcare and biomedicine: a survey of the literature // Journal of medical systems. 2012. V. 36. № 4. P. 2431–2448.
5. Laura J van't Veer, Hongyue Dai, Marc J Van De Vijver et al. Gene expression profiling predicts clinical outcome of breast cancer // Nature. 2002. V. 415. № 6871. P. 530–536.
6. Obenshain M. K. Application of data mining techniques to healthcare data // Infection Control and Hospital Epidemiology. 2004. V. 25. № 8. P. 690–695.
7. R. S. Santos, S. M. F. Malheiros, S. Cavalheiro, J. M. De Oliveira. A data mining system for providing analytical information on brain tumors to public health decision makers // Computer methods and programs in biomedicine. 2013. V. 109. № 3. P. 269–282.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО КАНАЛУ СВЯЗИ С ШУМОМ**

В.О. Скачкова

Научный руководитель – Овечкин Г.В., д-р техн. наук, профессор

Передача данных по различным каналам связи (КС) активно используется в настоящее время. В связи с ограничениями, накладываемыми на общие характеристики (точность передачи данных, скорость) зависит и способы кодирования информации для последующей ее передачи.

Исследованием законов, которым подчиняется передача информации, занимается теория связи. Математический аппарат для нее разработал Клод Шеннон (ученый, которого считают основателем теории информации) (рисунок 1) [1]. Этот математический аппарат используется в настоящее время.

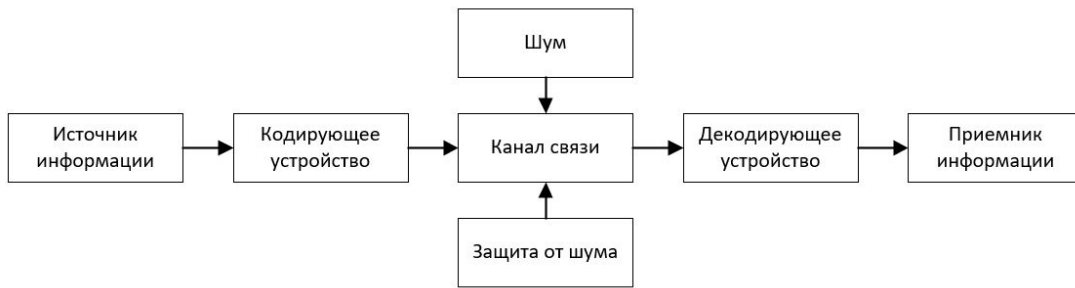


Рис. 1. Математический аппарат передачи информации по К. Шеннону

Более современная и расширенная схема процесса передачи данных приведена на рисунке ниже (рисунок 2) [2].

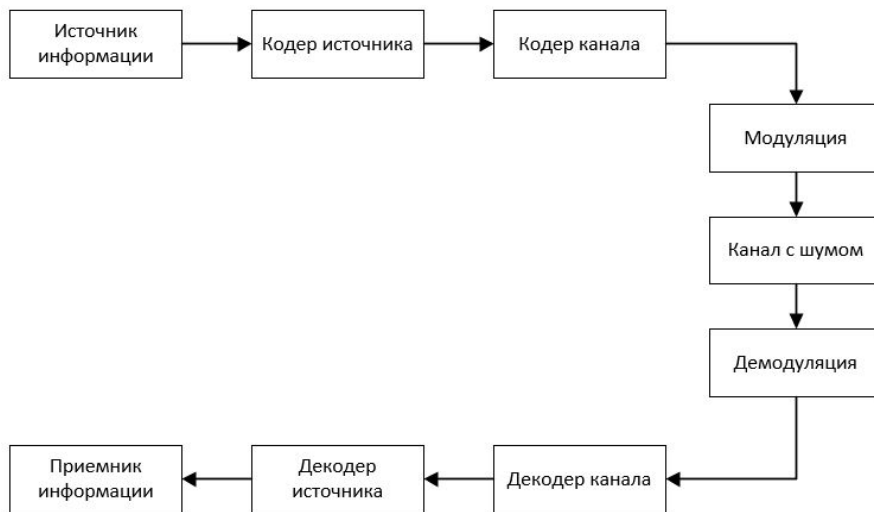


Рис. 2. Современная схема процесса передачи данных

В рамках предлагаемого исследования предлагается проанализировать основные методы кодирования и декодирования изображений для передачи по каналу связи с шумом.

Для передачи по каналу связи, изображение проходит кодирование и декодирование (в широком смысле значения, это преобразование изображения в сигнал и наоборот). Это преобразование разделяют на модуляцию-демодуляцию и кодирование-декодирование (в узком значении) [2].

Под модуляцией подразумевают преобразование цифровых сигналов (постоянного тока) в аналоговые, а под демодуляцией – процесс, обратный модуляции.

Для передачи изображений по каналу связи с шумом применяется «помехоустойчивое кодирование». Его суть заключается во внесении избыточной (дополнительной) информации (символов) в поток передаваемых данных. Это действие на передающей стороне совершает кодер [1]. На принимающей же стороне используется декодер, который соответствующим образом преобразует поступившую информацию и восстанавливает ее. Помехоустойчивое кодирование используют для предотвращения возникновения ошибок на стороне приемника информации.

Самыми популярными методами для помехоустойчивого кодирования можно назвать код с проверкой на четность, код Хэмминга, коды-

произведения. Существуют и другие методы, однако перечисленные выше являются менее ресурсозатратными и отличаются относительной простотой в своей реализации. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, поэтому каждый из них применяется в соответствии с требованиями к конкретной задаче.

Существуют рабочие задачи, в ходе которых формируются большие объемы информационных потоков, связанных с передачей цифровых изображений. Например, получение снимков с систем дистанционного зондирования Земли. Для передачи таких изображений необходимо предусмотреть немалое их сжатие и дальнейшее кодирование информации [4]. Подходящим методом сжатия изображений служит преобразование на основе представления изображений марковскими случайными полями. Марковские случайные поля имеют основу в виде графа. В системах с марковскими полями будущие ее состояния зависят только от текущего состояния системы, но не от предыдущих. Названный выше метод позволяет использовать присущую цифровым изображениям избыточность более эффективно [3]. После проведения процедуры сжатия применяются такие алгоритмы кодирования, как RLE и Хаффмана. RLE – это алгоритм кодирования длин серий (серия одинаковых символов заменяется символом и количеством его повторений подряд). Алгоритм Хаффмана же заменяет символ алфавита набором 0 и 1 в соответствии с принципом: чем чаще встречается символ, тем короче должна быть длина его кодировки. Показатель скорости обработки изображения выше, чем у аналогов, а эффективность самого алгоритма не уступает им [5].

Приведенный выше метод может применяться как для передачи изображений из космоса, так и в совершенно других отраслях со схожими задачами.

#### *Библиографический список*

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка сигналов. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Леонтьев В. К., Гордеев Э. Н. Комбинаторные аспекты теории информации. М.: МФТИ, 2019.
3. Петров Е.П., Харина Н.Л., Ржаникова Е.Д. Метод сжатия цифровых полутоновых изображений на основе цепей Маркова с несколькими состояниями // Труды РНТОРЭС им. А. С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение. 2013. Т. XV–1. С. 132–135.
4. Петров Е.П., Харина Н.Л., Ржаникова Е.Д. Метод сжатия цифровых полутоновых изображений на основе цепей Маркова с несколькими состояниями // Актуальные проблемы ракетно-космической техники. Самара. 2013. С. 163–170.
5. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 2. С. 203–210
6. Яне Б. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2007. 584 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОДБОРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

В.А. Елисеев

Научный руководитель – Бубнов С.А., канд. физ.-мат. наук, доцент

На данном этапе развития информационного общества трудно найти ту сферу деятельности человека, которая могла бы обойтись без применения ЭВМ. Отсюда следует вывод, что объемы производства и применения средств вычислительной техники во всех сферах деятельности человека настоятельно требуют не просто универсальных вычислительных устройств, а компьютеров, ориентированных на решение определённого класса задач.

Выбор вычислительного устройства при таком подходе сводится к применению ЭВМ с набором функциональных возможностей, определяемым перечнем комплектующих компонентов, сформированным по определённым критериям эффективности.

Главным критерием для выбора вычислительного устройства, в первую очередь является его производительность в тех или иных задачах. Но что представляет собой производительность и как ее можно измерить. В общем случае определение имеет следующую трактовку. Производительность – это скорость выполнения определенных операций. Но отдельный компонент сам по себе не может выполнять никаких операций, он может это делать только в составе полноценного компьютера.

В данном случае для правильного выбора вычислительного устройства целесообразно обратиться к так называемым бенчмаркам (англ. benchmark). Это программа оценки и сравнения производительности устройств. Они позволяют свести все характеристики к единому результату, пусть и в относительных баллах. Существует несколько разновидностей тестов:

- синтетические тесты;
- базовые алгоритмы;
- прикладные алгоритмы;
- гибридные методы тестирования.

В случае же оценки уровня производительности отдельных компонентов можно привести конфигурацию всего устройства к одинаковому виду, оставив различие только в виде тестируемого компонента. Немаловажным моментом является и операционная система и другое прикладное программное обеспечение, установленное на устройстве.

Если рассматривать персональный компьютер, то главными компонентами, определяющими производительность, являются процессор и видеокарта. Для оценки их производительности процессора также используются бенчмарки. Для объективной оценки результатов целесообразно использовать нескольких программ, ведь каждая из них тестирует разные аспекты вычислений.

Конечно же, кроме чистой производительности есть множество других параметров, которые следует учесть при выборе вычислительного устройства, к ним можно отнести поддержку различных технологий, позволяющих выполнять быстрее и эффективнее те или иные задачи, размеры устройств, степень отказоустойчивости и многие другие.



## **СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»**

### **АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ МИКРОСБОРОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КАНАЛЬНОЙ ТРАССИРОВКИ**

Д.В. Гальцова

Научный руководитель – Горин В. С., канд. техн. наук, доцент

При конструировании печатных плат необходимо решать задачи компоновки, размещения и трассировки, которые тесно связаны между собой. В связи с большими трудностями алгоритмизации процесса одновременного решения этих трех задач в большинстве известных САПР эти задачи решаются последовательно. Одним из самых сложных вопросов в области алгоритмизации остается трассировка, но необходимо также разрабатывать новые методы и алгоритмы компоновки и размещения, а также усовершенствовать имеющиеся.

Задача размещения элементов представляет собой одну из основных задач конструкторского этапа проектирования ЭС и заключается в определении оптимального пространственного расположения элементов на коммутационном поле (КП).

Последовательные алгоритмы размещения по связности предполагают, что расположение в соседних позициях элементов, которые максимально связаны друг с другом, позволяет получить оптимальное размещение. Суть указанных алгоритмов заключается в последовательном закреплении заданного набора конструктивных элементов на КП относительно ранее установленных. Будем считать, что первоначально закрепленными элементами являются разъемы, которые искусственно «раздвигают» до краев платы. При этом входные и выходные цепи схемы не «привязываются» к конкретным контактам разъемов, то есть считаются равномерно распределенными.

Алгоритм, реализующий критерий максимальной линейности цепей, был предложен Г. В. Юсимом. Идея алгоритма состоит в том, что наиболее связанные элементы размещаются по рядам коммутационного поля, перпендикулярным разъему. Автор предложил подобные ряды набирать алгоритмом компоновки цепей так же, как и в обычной компоновке. При этом ряды могут набираться с некоторым переполнением, а лишние элементы удаляют тем же или другим алгоритмом.

Отсутствие контактных ограничений позволяет отобрать из схемы некоторую подсхему, слабо связанную с другими рядами. При этом обеспечивается линейность большинства длинных печатных проводников при последующей трассировке. А это значит, что можно использовать быстрые и эффективные алгоритмы канальной трассировки, предложенные Лазаревой Т. С.

Подобные алгоритмы следует применять при ограниченных ресурсах машинного времени, так как они имеют наибольшее быстроедействие. Однако по качеству получаемого решения они существенно уступают итерационным. Поэтому их используют обычно для получения начального размещения элементов на плате.

# **РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПОНОВКИ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

В.О. Зинова

Научный руководитель – Сапрыкин А.Н., канд. тех. наук, доцент

Компоновка является этапом конструкторского проектирования, заключающийся в распределении всех функциональных элементов схемы в группы, соответствующие конструктивным единицам различного ранга, из которых реализуется разрабатываемая аппаратура. Генетический алгоритм позволяет учитывать большинство входных ограничений, при незначительной временной сложности. Его главная цель - нахождение лучшего решения задачи по сравнению с имеющимся.

Для разработчика ЭВС важное место занимает разработка эффективных методов контроля и диагностики цифровых систем, построенных на их основе. Состояние методик структурной проверки цифровых систем показывает, что наиболее перспективными являются блочные методы построения тестов. Процесс диагноза ЭВС состоит из отдельных частей или элементарных проверок, каждая из которых характеризуется подаваемым на объект тестовым или рабочим набором и снимаемым с объекта ответом. Поскольку процесс компоновки узлов и блоков ЭВС носит многоуровневый характер, то считают, что у отдельных компонентов ЭВМ могут изменяться сложность и габаритные размеры. Блочный подход к построению тестов позволяет заранее найти цену элементарной проверки каждого отдельного компонента ЭВС, а также использовать то обстоятельство, что в результате разбиения ЭВС полученные блоки будут как пакетироваться, так и тестироваться индивидуально. Идея разбиения ЭВС на блоки заключается в том, чтобы по возможности сбалансировать общую сумму цен элементарной проверки для каждого блока ЭВС, т.е. найти такое разбиение, при котором затраты на диагностику любого блока ЭВС были бы примерно одинаковыми.

Для практического применения генетического алгоритма в инженерных задачах необходимо использовать еще одно понятие – функция относительной пригодности. В обычной жизни данная функция характеризует процесс выживания и распространения самых приспособленных организмов. Для возможности применения генетического алгоритма к задачам компоновки, его необходимо модифицировать, сохранив при этом саму суть алгоритма. Входные данные – максимальное количество блоков и элементов в них, размер популяции, количество поколений, вид селекции, вероятность мутации и матрица инцидентности. Создается популяция и вычисляется полезность каждой особи, далее следует выбор пары родителей и их скрещивание, после определяется полезность потомка с последующим добавлением его в популяцию. Необходимо удостовериться в том, что абсолютно все пары особей были скрещены. Далее происходит мутация и селекция новых особей. Те особи, которые не были отобраны селекцией «погибают». Запуск алгоритма происходит при загрузке матрицы инцидентности. После окончания работы, при достижении предельно допустимого числа поколений, мы получаем наиболее эффективное решение.

## **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИЗДЕЛИЙ**

Р.С. Ромашин

Научный руководитель – Копейкин Ю.А., канд. тех. наук, доцент

В работе рассказывается о важности верного выбора конструкционных материалов. Так как для определённых условий эксплуатации требуется подбирать материалы, обладающие специальными параметрами. Проведён анализ имеющихся современных материалов, подходящих для выполнения работ по изготовлению корпуса соединительного блока

В САПР таких как например t-flex cad, solid works существуют библиотеки материалов. С их помощью можно выполнять необходимые операции непосредственно с тем из чего будет выполнено изделие, опираясь на реальные характеристики материала и то какие манипуляции с ним возможно выполнять. Для проектирования корпуса устройства выбрана САПР T-flex cad.

Новизна функциональности T-FLEX CAD позволяет упростить моделирование деталей. Например, работая с данной САПР, пользователь может быстро создать листовую заготовку детали, а затем применить к ней различные формоизменяющие операции: согнуть ее относительно выбранной линии, прикрепить к ней дополнительные кромки, сделать вырезы. По завершении моделирования деталь можно разогнуть, получив ее развертку, создать необходимые чертежи, а затем вернуться к прежнему виду детали.

Используя современную систему автоматизации, выполнено проектирование корпуса устройства. Из библиотеки выбран подходящий по свойствам и стоимости материал. Созданы 3D модели корпуса и отдельных деталей. Выполнена виртуальная сборка и разработан комплект конструкторской документации. С помощью пакета «Анализ» выполнены виртуальные испытания корпуса на жёсткость, а также рассчитан запас тепловой устойчивости.

Имея современный арсенал систем автоматизирования, не обязательно разрабатывать для схожих задач разные корпуса. Можно всего лишь менять некоторые параметры имеющегося варианта и затем проводить виртуальный анализ новых параметров.

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЧИТЫВАНИЯ ФАЙЛОВ С ВНЕШНЕГО НОСИТЕЛЯ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ НА ВНЕШНИЕ ДИНАМИКИ**

А.А. Калинин

Научный руководитель – Скоз Е.Ю., канд. техн. наук, доцент

Устройством для считывания файлов с внешнего носителя и воспроизведения на внешние динамики может являться автомобильная магнитола, mp3 плеер, музыкальный центр или портативная акустика (bluetooth-колонка). Наиболее современным и востребованным устройством из перечисленных выше является bluetooth-колонка. Таким образом, стояла задача спроектировать такую bluetooth-колонку, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с другими уже имеющимися колонками на рынке.

Разработка усовершенствованного устройства такого типа – очень актуальная тема в наше время.

Действительно, в наше время существуют сотни разновидностей bluetooth-колонок на рынке. Но каждая из них имеет какой-либо недостаток, начиная от высокой стоимости, заканчивая нехваткой функционала.

Концепция построения моего устройства схожа с уже имеющимися на рынке bluetooth-колонками. Однако разрабатываемая bluetooth-колонка обладает рядом преимуществ по сравнению с конкурентами:

1. Усилитель мощности с версией bluetooth 5.0;
2. Динамики отечественного производства увеличенной мощности;
3. Наличие беспроводной зарядки;
4. Аккумулятор увеличенной емкости;
5. Низкая стоимость.

Проектирование и 3D моделирование разрабатываемого устройства производилось в САПР «T-FLEX CAD».

Таким образом, можно утверждать, что разрабатываемая bluetooth-колонка уникальна и обладает значительным количеством преимуществ при более низкой стоимости по сравнению с конкурентами.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ АДАПТАЦИИ ДАННЫХ В 1С**

А.Б. Черенкова

Научный руководитель – Скоз Е.Ю., канд. техн. наук, доцент

Алгоритм Флойда-Уоршелла является одним из генетических алгоритмов, применяемых для адаптации данных в 1С. Данный алгоритм использует принцип динамического программирования для решения задачи поиска наиболее коротких путей для всех пар на ориентированном графе. Данный алгоритм является репрезентативным алгоритмом поиска кратчайшего пути, который широко используется в компьютерных сетях, автоматизированном проектировании интегральных схем и во многих других исследованиях. Также он встречается в областях коммуникационных сетей, маршрутизации трафика, биоинформатики. Алгоритм Флойда-Уоршелла требует больших вычислительных и пространственных ресурсов и чаще всего используется на многоядерных центральных процессорах. Обобщенный алгоритм — один из вариантов динамического программирования, метод, который решает задачи, рассматривая получаемое решение как взаимосвязанное. Это означает, что окончательный результат формируется из решений, полученных на предыдущем этапе, и существует возможность более чем одного решения. Задача поиска кратчайшего пути — это известная задача теории графов. При отсутствии циклов отрицательной длины решение данной задачи можно получить с помощью алгоритма Флойда-Уоршалла. Алгоритм последовательно перебирает все имеющиеся  $i$ , через которые может лежать более короткий путь из  $u$  в  $v$ , чем используемый сейчас. На графе имеющийся-синий путь и потенциально менее длинный-красный (рисунок 1).

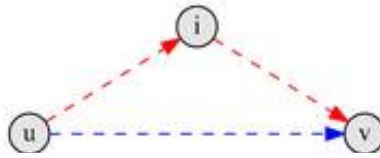


Рисунок 1 – Ориентированный граф

При программной реализации алгоритма Флойда-Уоршалла на вход программы подаётся граф, представленный в виде матрицы смежности, то есть двумерного массива  $A$  размером  $n \times n$ , каждый элемент которого определяет длину ребра между соответствующими вершинами. Элемент  $A[u,v]$  равен расстоянию от вершины  $u$  к вершине  $v$ , которое имеет конечное значение, если существует такое ребро  $(u,v)$ , и равен бесконечности в ином случае.

При использовании данного алгоритма из памяти с быстрым доступом реже удаляются элементы массива, участвующие как в операциях чтения, так и операциях записи, что в свою очередь приводит к наиболее результативному использованию кэш-памяти. Степень использования регистров иллюстрирует так называемую локальность метода - особое свойство, играющее немалую роль в задачах получения высокой производительности на многопроцессорных вычислительных устройствах. Программная реализация на основе обобщенного алгоритма Флойда-Уоршалла приводит к уменьшению количества обращений к глобальной памяти и сокращению времени выполнения самой программы.

## Секция ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОНЯТИЮ «ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИИ»

А.А. Абраамян

Научный руководитель – А.А. Ерзылева, канд. экон. наук, доцент

В докладе рассматриваются теоретические основы производственного потенциала территории на современном этапе.

Раскрывается понятие «производственный потенциал» как составляющее экономического потенциала территории. Также, данное понятие анализируется как отдельный вид потенциала и раскрывается его роль в стратегическом планировании при управлении территорией региона [1].

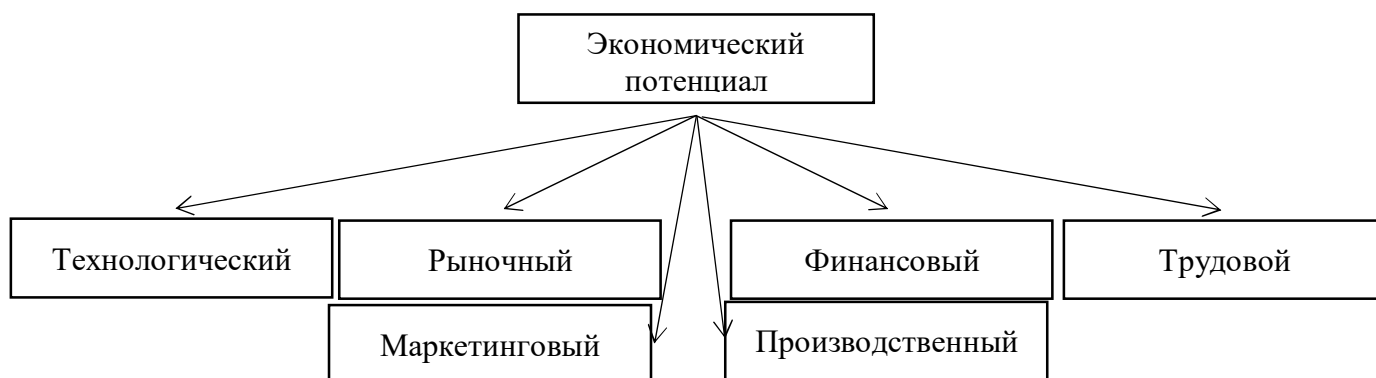


Рис. Структура экономического потенциала

В докладе даются определения понятия «производственный потенциал» с точки зрения различных российских ученых и также выделяется, насколько разнообразно трактует это понятие каждый теоретик. [2]

Рассматриваются факторы, оказывающие влияние на развитие производственного потенциала территории, также анализируется зарубежный подход к понятию «производственный потенциал территории».

#### *Библиографический список*

1. Аганбегян, А. Г., Шнипер, Р. И. Региональные программы [Текст]: Программно-целевое управление производством / А.Г. Аганбегян.- Москва, 2007. - 443 с.

2. Аракелян, М.А. Критерии инвестиционной привлекательности муниципального образования как объекта управления инвестиционной деятельностью [Текст] / М.А. Аракелян // Российский государственный социальный университет. — №9. – 2017. – С. 175-176.

## **УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

А.Р. Абрамова

Научный руководитель – Константинова И.В., канд. экон. наук, доцент

В докладе рассматривается вопрос разработки стратегической карты системы сбалансированных показателей для управления развитием научно-исследовательской и проектной организацией по оказанию услуг сферы природопользования. Актуальность применения концепции ССП в управлении развитием компанией обусловлена необходимостью комбинирования финансовых и нефинансовых показателей, стратегических целей и измерений их желаемых результатов [1].

Изначально любому предприятию необходимо определить вектор развития. Для этого вначале описывается текущее состояние организации в разных аспектах. Затем следует представить то положение, к которому предприятие планирует прийти в перспективе. Для того, чтобы вектор развития определить количественно и отслеживать его планомерное движение необходимо разработать систему сбалансированных показателей.

Миссия ООО «МНТЦ» – консолидация научного потенциала специалистов с целью проведения научно-методических и научно-практических исследований, направленных на решение задач охраны окружающей среды.

На сегодняшний день проблемы экологии выходят на первый план. И для того, чтобы эту перспективу не упустить ООО «МНТЦ» ставит перед собой стратегические цели. Для определения обоснованных путей развития был проведен анализ влияния факторов внешней и внутренней среды.

Исходя из поставленных стратегических целей, имеющихся возможностей и при всем текущем состоянии главным вектором развития организации является увеличение масштабов деятельности – расширение перечня оказываемых инженерно-изыскательских услуг в связи с их актуальностью и растущим спросом, а также ужесточением экологического законодательства. Кроме этого организация будет наращивать и использовать научный потенциал – проводить научные экологических исследования для получения грантов, что в свою очередь поможет определять перспективу развития предприятия в будущем.

На базе вышеизложенного строится стратегическая карта системы сбалансированных показателей, на которых стоит сфокусировать внимание при реализации и контроле за развитием компании.

В результате, опираясь на разработанную карту системы сбалансированных показателей и учитывая два важнейших аспекта – действия и результат, можно осуществлять управление и контроль за развитием предприятия, а также прогнозировать тенденции его деятельности в будущем. Сбалансированная система показателей, разработанная для научно-исследовательской и проектной организации, может быть использована в качестве методологической основы для других предприятий отрасли природопользования.

1. Бичева И.Б., Казначеева С.Н. Роль сбалансированной системы показателей в управлении организацией, 2020. – № 4(64) – с. 14-21

## **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Б.С. Безденежных

Научный руководитель - Евдокимова Е.Н., д-р экон. наук, доцент.

В докладе рассматривается ряд проблемных вопросов по проектированию внедрению цифровых технологий на промышленные предприятия, что обусловлено информатизацией и автоматизацией процессов, которое происходит во всех сферах общества, в экономике, в промышленности и т.д.

От стабильного развития промышленности и промышленных предприятий зависит уровень экономики страны. При этом необходимо отметить, что успешность предприятия зависит от того насколько успешно происходит управление данными предприятиями в условиях цифровой экономики [1]. Цифровая экономика выставляет свои требования для того, чтобы управление предприятием было качественным и эффективным.

Понятие «цифровая экономика» появилось относительно не давно, в конце XX века и до сегодняшнего дня данное определение остается размытым.

Руководство современных промышленных предприятий понимает важность и актуальность внедрения цифровизации в данные предприятия. Данное нововведение позволит улучшить основные направления развития предприятия[2]. Но необходимо отметить то, что цифровизация экономики происходит более быстрыми темпами, чем внедрение цифровых технологий на промышленные предприятия.

Внедрение цифровых технологий на любое промышленное предприятие должно проходить по определенному алгоритму на основании принципов стратегического планирования. Данный алгоритм является унифицированным и позволяет внедрять цифровые технологии на любом промышленном предприятии.

Внедрение цифровых технологий на ПАО завод «Красное знамя» г. Рязань имеет определенные задачи. Внедрение цифровых технологий на промышленное предприятие имеет определенные положительные результаты. Но, необходимо отметить то, что при внедрении цифровых технологий на промышленных предприятиях возникают определенные проблемы: кадровые, финансовые и технологические.

Таким образом, в данном исследовании были проанализированы аспекты внедрения цифровых технологий на промышленные предприятия и разработан алгоритм внедрения для предприятия ПАО завод «Красное знамя» г. Рязань

### *Библиографический список*

1. Головенчик Г.Г. Теоретические подходы к определению понятия «цифровая экономика» / Г.Г. Головенчик // Наука и инновации. 2019. №2. С. 40–45.
2. Карузина Ю.А. Эволюция понятия цифровой экономики / Ю.А. Карузина // Цифровая экономика и финансы. 2020.С. 62–64.



## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КРЕДИТНЫМ РИСКОМ**

Е.С. Гудкова

Научный руководитель – Куприянова М.В., канд. экон. наук, доцент

В связи с обострением геополитической ситуации, введением блокирующих санкций против ряда российских банков, исключением некоторых банков из международной платежной системы SWIFT, крайней высокой волатильностью курса рубля, повышением ключевой ставки до 20% годовых, а также продолжающимся усилением санкционного давления на РФ возникают новые кредитные риски, которые представляют наибольшую угрозу для жизнедеятельности кредитных организаций. В связи с этим актуальными становятся технологии управления рисками кредитной деятельности, отвечающие современным условиям развития банковского сектора.

По мере ускорения цифрового мира банкам необходима возможность более эффективно понимать, прогнозировать и снижать традиционные риски, а также новые источники рисков. В статье рассмотрим основные новые технологии в управлении кредитным риском [1].

1. Машинное обучение;
2. Глубокое обучение;
3. Обработка естественного языка;
4. Аналитика и большие данные.

Однако при такой цифровой трансформации покрываются прежние риски и появляются новые, управление и контроль за которыми еще неустойчив.

1. Нужно осуществлять постоянную коррекцию действующих алгоритмов;
2. Недостаточный учет психологии клиентов;
3. Риски связанные с биометрической идентификации (Подмена данных, фальсификация; низкое качество данных; утечка и кража; многократный сбор).

Из вышеописанных технологий не одна не рассматривает качественную оценку заемщика, не предусматривает вывода решения самому клиенту, не автоматизирует кредитование полностью. Данные функции неизменно будут относиться к сотруднику банка.

### *Библиографический список*

1. Лосева А. Ю. ИТ-технологии оценки кредитного риска // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2015. – №. 1. – С. 43-45.

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРАКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Н.Н. Князькова

Научный руководитель – Ларионова О.А., канд. экон. наук, доцент

Актуальность управления качеством для производственных предприятий состоит в том, что оно позволяет обеспечить им конкурентные преимущества за счет улучшения системы сбыта продукции.

Под управлением качества следует понимать производственную деятельность специалистов и руководителей по повышению качества производимой предприятием продукции.

Методы управления качеством – диаграмма Парето, гистограммы, диаграмма Исикавы, контрольные (технологические) карты.

Практическое применение технологических карт в компании «Печатный дом «Магистраль», которые позволяют производить контроль качества в процессе производства, привели к сокращению брака в 2 раза [1].

Использование различных типов контроля (входного, выходного, межоперационного) в научно-производственной компании «Пакер» влечет за собой как поощрительные меры, в отношении персонала, так и финансовые санкции.

В целом практическое применение методики и типологии управления качеством позволит значительно улучшить свойства конечного продукта.

Чтобы оптимизировать систему управления качеством на производстве, автором предлагается следующая последовательность шагов:

1. Систематизировать перечень случаев выпуска бракованной продукции в течение достаточно длительного промежутка времени (нескольких лет) для объективности анализа.

2. Произвести группировку имеющихся место случаев брака по аналогичным причинам, чтобы наиболее частные его причины, а также размер финансового ущерба от производственных дефектов.

3. Составить практические рекомендации для минимизации (или полного исключения) появления факторов производственного брака, то есть разработать так называемую защиту от ошибок. Она возможна за счет приобретения высокотехнологического оборудования. В современных условиях наличия экономических санкций России от европейских стран такое оборудование можно приобрести в Китае, с которым отсутствуют логистические проблемы. Оно оптимально по цене, качеству, обслуживанию.

4. Разработать систему мотивации для персонала, не допускающего производственный брак в виде премиальных выплат за соблюдение стандартов качества или штрафов в противоположном случае.

Такой регулярный анализ брака, по мнению автора, его факторов, разработка «системы защиты от ошибок», системы мотивации и стимулирования позволит минимизировать потери от брака.

1. Управление качеством на предприятии: стандарты, этапы внедрения, советы. URL: <https://www.kom-dir.ru/article/2101-upravlenie-kachestvom-na-predpriyatii> (дата обращения - 27.03.2022 г.)

# МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Н.Д. Ломцов

Научный руководитель – Соловьева И.П., канд. экон. наук, доцент

В докладе рассматриваются методы повышения эффективности производства.

Раскрывается понятие "производственный процесс", который представляет собой совокупность взаимодействия трудовых ресурсов, предметов и средств труда, необходимых для осуществления производственной деятельности.

Для осуществления эффективной производственной деятельности необходимо применение современных методов организации производственного процесса, которые представляют собой совокупность, способов сочетания факторов производства в пространстве и во времени [2].

Были изучены мнение отечественных и зарубежных авторов относительно понятия «эффективность производства» и выделены факторы эффективности роста производственного процесса, которые условно можно разделить на две группы:

- научно-технические, включающие ускорение научно-технического прогресса, цифровизацию, автоматизацию, роботизацию и другое;
- организационно-экономические, включающие организацию производственного процесса, рациональное размещение производительных сил, экономические методы управления и другое [3].

Анализ производственной деятельности ряда предприятий Рязанского региона позволил выявить проблемы эффективности производства, к которым следует отнести:

- недостаточную техническую оснащенность промышленной базы предприятий;
- низкий уровень профессиональной подготовки сотрудников;
- несовершенство методов организации производственного процесса.

Для решение выявленных проблем необходима разработка комплекса теоретических и методических вопросов, направленных на эффективную организацию процесса производства, включающих: освоение достижений новейшего этапа научно-технической революции 4.0, совершенствование на этой основе средств производства; реализацию форм и методов научной организации труда; развитие инициативы и самостоятельности трудовых коллективов; совершенствование хозяйственного механизма, системы и методов управления.

## *Библиографический список*

1. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Производственный процесс. М.: ИПК Изд-во стандартов. 2009. 4 с.
2. Производственный менеджмент: учеб. / Под ред. В.А. Козловского. ИНФРА-М, 2011.
3. Донец, О.В. Методологические подходы к оценке эффективности инновационной деятельности 2015. No 4(20). – С.102-108.

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Е.А. Михалева

Научный руководитель – Константинова И.В., канд. экон. наук, доцент

В докладе рассматривается ряд проблемных вопросов по цифровизации производственного предприятия.

Для увеличения скорости принятия решений на производстве, увеличения вариативности производственных процессов, уменьшения частоты ошибок, упрощения большинства сложных технологических процессов на производственных предприятиях используют следующие цифровые технологии:

- Большие данные;
- Интернет вещей;
- Искусственный интеллект;
- Машинное обучение;
- Цифровое прототипирование;
- Блокчейн;
- Робототехника;
- Аддитивное производство;
- Облачные вычисления [1].

Задачи общего характера, для решения которых российские производственные предприятия сегодня внедряют перечисленные цифровые технологии:

- увеличение уровня операционной эффективности, что приводит к оптимизации бизнес-процессов, сокращению затрат и повышению скорости вывода новой продукции на рынок;
- повышение стабильности, непрерывности, безопасности производства, уменьшение рисков остановки.
- автоматизация мелких операций, исключение ручного труда;
- новая технология взаимодействия с поставщиками и клиентами;
- использование робототехники для опасных, сложных процессов;
- изменение структуры управления предприятием и повышение корпоративной культуры;
- построение компании, управляемой на основе данных;
- разработка цифровой модели предприятия на всех этапах его жизненного цикла;
- создание производства, работающего без участия человека.

Высокий спрос на цифровизацию производства связан с разработкой новых современных технологий, сильно упрощающих работу предприятий. Внедрение цифровых технологий, в особенности на начальных этапах запуска производства может снизить затраты и уменьшить издержки в случае низкого спроса или необходимости обновления, доработки продукции.

1. Сухарев, О. С. Цифровизация и направления технологического обновления промышленности России / О. С. Сухарев. – DOI 10.29141/2658-5081-2021-22- 1-2 – Текст: непосредственный // Journal of New Economy. – 2021. – Т. 22, № 1. – С. 26–52.

# **ВИДЫ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ООО «КВАНТРОН ГРУПП»**

Е.Е. Объедков

Научный руководитель – Соловьева И.П., канд. экон. наук, доцент

В докладе рассматриваются виды и перспективы применения цифровых технологий (глубокое обучение, техническое зрение, цифровые двойники, нейронные сети и др.) при создании инновационной продукции.

Исследование проводилось на базе ООО «КВАНТРОН ГРУПП». Предприятие занимается разработкой и производством инновационной продукции.

Было выявлено, что основными особенностями цифровизации процессов научно-исследовательской и инновационной деятельности являются:

- эффективное взаимодействие субъектов хозяйствования посредством цифровых платформ, объединяющих их в единую информационную среду [1];
- стандартизация и унификация информации по научно-техническим и инновационным продуктам и услугам;
- взаимодействие разработчиков инноваций и потребителей посредством цифровых информационно-коммуникационных технологий с целью повышения качества новых продуктов и услуг, ускорения процесса их внедрения и коммерциализации [2].

Технология «Цифровой двойник» является одной из ключевых технологий, обеспечивающих повышение эффективности инновационной деятельности предприятий. Ежегодный прирост этого рынка с 2020 по 2026 г. составит порядка 58%. Являясь инструментом быстрого прототипирования, цифровые двойники ускоряют инновации и сокращают расходы. Промышленные предприятия могут тестировать, исправлять и улучшать детали изделия еще до его реального производства [3].

В настоящее время российские предприятия, выпускающие инновационную продукцию, характеризуются относительно низкими показателями результативности цифровой деятельности. Вследствие этого необходимо продолжать работу по созданию благоприятных условий для внедрения цифровых технологий с целью активизации инновационной деятельности.

## *Библиографический список*

1. Цифровая трансформация промышленности: проблемы управления, методология оценки : научная монография // Е.Н. Евдокимова, М. В. Куприянова, И.П. Соловьева, И.П. Симикина ; Федерал. гос. бюджет. образоват. учр-е высш. образ-я «Ряз. гос. радиотехнич. ун-т им. В.Ф. Уткина». – Рязань, 2020. – 117 с.

2. А.В. Полянин, Т.А. Головина. Концепция управления инновационной деятельностью промышленных систем на основе технологии цифрового двойника // Научно-технические ведомости СПб-ГПУ. Экономические науки. 2021, Том 14, № 5. С. 7–23.

З. Баденко В.Л., Большаков Н.С., Федотов А.А., Ядыкин В.К. Цифровые двойники сложных технических систем в индустрии 4.0: базовые подходы // Научно-технические ведомости СПб-ГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 1. С. 20–30.

## **ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

И.С. Строилов

Научный руководитель – Куприянова М.В., канд. экон. наук, доцент

В докладе рассматривается ситуация с внедрением сквозных технологий в России на данный момент, а также раскрывается ряд основных проблем, мешающих их внедрению.

Сквозные технологии - технологии, которые не связаны с какой-то сферой деятельности или определённым продуктом, а могут применяться во разных отраслях, индустриях секторах экономики [1].

Современная промышленность России во многом является отсталой от наиболее развитых стран, неконкурентоспособной на мировом рынке.

При внедрении новых решений цифровой экономики предприятие сталкивается с рядом трудностей [2]:

1. Структурирование имеющийся информации
2. Нет доступной информации и результатов внедрения
3. На каком этапе находится внедрение технологий на производствах в данный момент
4. Трудоёмкость внедрения
5. Недостаток компетентных подготовленных кадров
6. Отсутствие аналитической базы
7. Какие технологии необходимо внедрять и в какой очерёдности
8. Определение проблемных мест и выбор приоритетов
9. Нахождения критериев выбора
10. Измерения эффекта от внедрения
11. Ограниченное количество отечественных решений
12. Отсутствие стратегии

### *Библиографический список*

1. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З. Мильнера. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 624 с

2. Оценка эффективности инновационного развития предприятия. Трифилова А.А. М.: Финансы и статистика, 2005. — 304 с.

## **ИННОВАЦИИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Ю.А. Рунцо

Научный руководитель – Куприянова М.В., канд. экон. наук, доцент

Инновационная активность является показателем применимости инноваций в компании. Это деятельность производителей товаров или услуг, которая выражается в достижении обусловленной спросом прироста новизны экономических, управленческих, социальных, психологических и других показателей процессов.

ЗАО «МПК КРЗ» обладает современной технической базой, позволяющей выпускать более 600 наименований продукции. В состав предприятия входят 4 производства, относящиеся к разным отраслям: производство мягких кровельных и гидроизоляционных материалов; производство битума и мастик; производство бумаги и картона; производство гофроупаковки.

Производственные мощности ЗАО «МПК КРЗ» составляют: более 100 млн м<sup>2</sup> различных видов мягкой кровли и более 40 млн м<sup>2</sup> гофрокартона и гофроупаковки, 60 тыс. тонн бумаги и картона.

Так как производственный процесс этого предприятия сертифицирован по международному стандарту качества ISO 9001:2000 – это позволяет ЗАО «МПК КРЗ» занимать достойное место на российском и зарубежном рынках.

Компания ЗАО «МПК «КРЗ» регулярно совершенствует свою производственную деятельность для поддержания конкурентоспособного уровня. Декабрь 2010 г. – введена в эксплуатацию новая современная установка №5, с подготовительным отделением, что позволяет значительно повысить качество выпускаемой продукции. Запущено производство новой, не имеющей аналогов в России, гибридной сплавленной полимерной мембраны «Элон Супер Н» и современного материала «Эластоизол» с широким температурным диапазоном применения.

2007 г. – модернизация регулируемого электропривода КДМ СПБЭК, позволяющая увеличить скорость КДМ до 200 м/мин, установка канатной засыпки на первой группе сушки. Установка поплавкового уловителя, что позволило сократить сброс оборотной воды на очистные сооружения городских сточных вод и снизить расход воды на производство 1 тонны картона, улучшить поверхность готовой продукции за счет повышения качества очистки бумажной массы, реконструкция гидроразбивателя №10, производительность которого увеличена до 70-80 тонн в сутки.

В условиях жесткой конкуренции основным условием сохранения и увеличения объемов продаж и эффективного функционирования промышленного предприятия является развитие инновационной деятельности, направленной на создание современной, качественной и надежной продукции, за счет рационального и эффективного использования оборудования.

Развитие инноваций позволяет оперативно реагировать на изменение условий внешней среды и избегать кризисных ситуаций. Развитие радикальных инноваций повышает конкурентоспособность предприятия как на региональном, национальном, так и на глобальном уровне.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ**

Н. В. Швецов

Научный руководитель – Есаков М. М., канд. техн. наук, доцент

Развитие экономики настоятельно требует значительного повышения эффективности бизнес-процессов для поддержания конкурентоспособности предприятий. Одним из факторов этого является применение современных технологий цифровизации [1].

В докладе поднимается проблема о необходимости применения современных технологий цифровизации для повышения эффективности бизнес-процессов с целью поддержания конкурентоспособности фирмы в реалиях современного рынка.

Современный нестабильный экономический рынок обязывает компании быстро адаптироваться к новым условиям с последующим детальным анализом всех бизнес-процессов для выявления их узких мест, устранение которых в значительной степени повышает эффективность бизнес-процессов. Для каждого бизнес-процесса может быть выделен ряд уникальных характеристик, которым он должен соответствовать, но есть и общие для всех:

1. Длительность бизнес-процесса;
2. Стоимость бизнес-процесса;
3. Качество бизнес-процесса.

Основными инструментами, служащими для поиска узких мест бизнес-процессов и увеличения их эффективности служат цифровые технологии. Они позволяют минимизировать затраты временных и человеческих ресурсов, и, как следствие, финансовых.

Для современных компаний является необходимостью интеграция различных ПО, обеспечивающих стабильную работу и гибкую функциональность, CRM – систем, основными задачами которой являются ведение общей базы данных контактов, значительное повышение контроля качества отдела продаж, получение, обработка и анализ статистических данных эффективности работы с лидами, а так же позволяет на основе полученных данных планировать курс развития бизнеса. ERP – систем, обеспечивающих возможность подключения в кратчайшие сроки модулей, необходимых для актуального подхода к ведению бизнеса, при этом не нарушая былой организационной целостности. Обработка и анализ информации с помощью Big Data. Все эти цифровые технологии обеспечивают наиболее эффективную работу бизнес-процессов компаний и дают им возможность оставаться на рынке и составлять достойную конкуренцию.

1. Лукьянова А. В. Тенденции и возможности цифровизации малого и среднего бизнеса / А. В. Лукьянова // Евразийское научное объединение. – 2019. - № 6-4.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ТРУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Т.А. Толчильщикова

Научный руководитель – Ларионова О.А., канд. экон. наук, доцент

Трудовой процесс имеет множество различных формулировок, а его оптимизация – является головной болью всех современных работодателей.

В данный момент, на современном рынке, каждая компания стремится к сокращению издержек и оптимизации своего дела. Оптимизацией процесса считается совокупность методов и подходов к улучшению этого процесса с целью получения наилучшего результата.

Проанализировав рязанский рынок, заметна тенденция моды на бережливое производство, как инструмента оптимизации труда, процессов производства и т.д.

На данный момент существует много методик по оптимизации трудового процесса, все они бес сомнения помогают, но есть и минусы – многие из этих методик зачастую приносят моральный дискомфорт и стресс работникам, что в свою очередь сокращает их работоспособность. Вечный прогресс и регресс трудового процесса. Но существует ряд простых подходов для оптимизации трудового процесса, рабочего времени. В первую очередь они помогают работникам научиться управлять своим временем и энергией. А это умение даст возможность больше успевать и лучше себя чувствовать, что приведет к увеличению трудоспособности рабочего.

В этой связи данный доклад призван, с одной стороны, представить обзор данных подходов, с другой – проанализировать их реализацию и полученный результат на примере двух выбранных рязанских компаний.

Исследование основано на изучении научной литературы и анализе реализации подходов на выбранных рязанских компаниях.

### *Библиографический список*

1. Аргашокова, О. И. Проблемы управления мотивацией персонала / О. И. Аргашокова // Социально-гуманитарные технологии. – 2020. – № 4(16). – С. 23-31;
2. Джураева, Г. М. Социальный пакет как инструмент повышения мотивации персонала / Г. М. Джураева // Теория и практика управления: ответы на вызовы цифровой экономики : Материалы XI Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Москва, 04 декабря 2020 года. – Москва: РЭУ, 2020. – С. 58-60.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТ – КОНТРАКТОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ**

К.А. Абрамкина

Научный руководитель – Евдокимова Е.Н., д.э.н., зав.кафедрой ЭМОП

В докладе рассматривается сущность смарт-контрактов и ряд проблем по внедрению данной технологии в деятельность организации.

Выявлена перспективно развивающаяся разработка Blockchain, на основе которого функционируют смарт-контракты.

Раскрыта сущность смарт-контрактов, данная технология является прозрачной и безопасной для проводимых транзакций внутри и вне компании, т.е. все участники процесса знают о действиях своих контрагентов и партнеров. Смарт-контракты, они же умные контракты считаются одним из инструментов, используемых в процессе цифровизации, данная технология рассматривается как программный код, который предназначен для функционирования информационной системы и используется в качестве формы закрепления совокупности обязательств между сторонами и способа автоматизированного исполнения этих обязательств. [1]

Представлено применение смарт-контрактов в таких областях как: Кредитная и финансовая сфера, логистика, социальные сервисы, а также в бюджетных и коммерческих организациях.

По результатам проведенного исследования, выявлен и раскрыт ряд проблем и рисков по внедрению и использованию смарт-контрактов, а именно: отсутствие нормативно-правовой базы, технико-программные проблемы, связанные с надлежащим функционированием смарт-контрактов и технологии блокчейн, уязвимость в IT-системах и небольшое количество профессиональных кадров. [2]

Можно сделать вывод, что смарт-контракты, безусловно, обладают значительными преимуществами по сравнению с традиционными бумажными формами заключения соглашений, но насколько бы ни была совершенна технология, всегда присутствуют проблемы и риски.

### *Библиографический список*

1. Камалян В.М. Понятие и правовые особенности смарт-контрактов // Юрист. 2019. № 4. С. 20–27.
2. Калинина А.Л. Проблемы использования смарт-контрактов/ Правовое регулирование договорных отношений, возникающих в связи с развитием цифровых технологий (смарт-контрактов). М.: Юрист, 2019. С. 37–45.

## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ КОМПЛЕКСОВ ПОМЕХ**

А.Н. Карпенко

Научный руководитель – Андреев В.Г., д-р техн. наук, профессор каф. РТС

Данная работа посвящена обзору литературных материалов, изложению базиса цифровой обработки радиолокационных сигналов, применению в современном мире и перспективам развития в будущем.

Изначально обрабатывание радиолокационной информации осуществлялась оператором РЛС, который анализировал воздушную обстановку с помощью индикатора кругового обзора (ИКО). На ИКО воспроизводилась информация с выхода приемного устройства РЛС, а люминофор ИКО осуществлял интегрирование РЛИ. В процессе развития вычислительных средств открылись способы добавления функции полуавтоматического сопровождения, а в дальнейшем и автозахвата. В полуавтомате оператор завязывал трассу цели, дальше машина обрабатывала информацию автономно. В автомате техника самостоятельно выполняет сопровождение и завязку трасс. Ресурсы вычислительных средств не позволяют целиком отказаться от оператора - в затруднительной помеховой ситуации имеющиеся алгоритмы значительно снижают свои показатели вплоть до неработоспособности. Обработка радиолокационной информации включает в себя три этапа: первичная, вторичная, третичная.

РЛС, в перспективе, будут главными информационными источниками, функционирующими в системах вооружения, военной техники и в гражданской сфере. Улучшение РЛ техники будет идти в таких направлениях как: ускорение и внедрение новейших разработок, повышение точности синхронизации всех технических устройств вплоть до пикосекундного уровня, повышение живучести систем по отношению к электромагнитным воздействиям.

Можно сделать вывод, что существенные преимущества цифровых устройств - универсальность и высокая точность, которую они могут обеспечить. При помощи их многофункциональности можно реализовать множество всевозможных алгоритмов обработки и с лёгкостью адаптироваться к сменяющейся целевой обстановке. Продолжающийся рост технологий производства интегральных схем даст возможность в будущем производить новые цифровые системы, которые смогут обрабатывать радиосигналы, улавливаемые в более широких полосах, а также на более длинных интервалах, чем это возможно в данный период времени.

## СЕКЦИЯ «ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ»

### DEVELOPING CLOUD STORAGE BACKEND WITH DART LANGUAGE

Я.В. Воробьев

Научный руководитель – Термышева Е.Н., ст. преподаватель

In the era of information technology many people use cloud storage – a simple and convenient way to store files on remote servers, without the need for their manual set up and maintenance.

This report covers the development of server software for creating cloud storage using HTTP technologies, the Dart programming language, and the MongoDB database [1].

The Dart programming language has been chosen for the development due to its rich standard library and the ease of writing programs in it.

Dart is an objective-oriented strongly typed language designed by Google LLC for developing fast applications on any platform. Its goal is to offer the most productive programming language for multi-platform development, combined with a flexible runtime environment for frameworks and applications.

Some notable features of the Dart language are:

- sound null-safety;
- flexible typing system with a rich static analyzer and powerful tooling;
- full support of async-await paired with isolate-based concurrency;
- a garbage collector;
- AOT compiler for native applications and a JavaScript transpiler for web deployment;
- syntactic features, such as mixin, constant constructors, factory constructors, generic classes and functions, late initialization, etc.

Taking into account these features, development of the cloud storage server software was a relatively easy task. The main parts of the system are:

- An HTTP API server with so-called "services" for authorization, folders, files and users, each of which manages respective resources;
- MongoDB database connection controllers;
- data models and database entities.

To exchange data between the software and the database, the JSON format is used, tools for working with which are available in the standard library of the Dart language.

Services are a flexible system for requests routing. A service can be accessed as part of another service that is it can be nested. Each response from the service includes performance information in the form of a Server-Timing HTTP header.

User authorization is based on one-to-many tokens and supports multiple sessions.

1. Dart programming language | Dart [Электронный ресурс]  
URL: <https://dart.dev> (дата обращения 01.04.2022)

## SHORT-TIME FOURIER TRANSFORMATION

В.В. Тарханов

Научный руководитель – Рохлина Т.А., доц. каф. Ин.яз.

### The idea of a short-time Fourier transformation

The idea of a short-time Fourier transformation: considers a non-stationary process as a superposition of a series of short-time stationary signals, and a short-time character can be realized by adding windows in time [1].

If we organize the transformation in such a way that it in one sense or another "ignores" some parts of the time axis, then, obviously, such an analysis will allow us to find out the frequency behavior of the signal at each interval, which will give not just a frequency, but a frequency-time picture.

Such an approach caused the birth of a short-time Fourier Transformation (STFT).

### General information

Then the formulas for the short-time Fourier transformation of some function  $f$  are given below [2]:

$$\text{STFT}_X^{(w)}(t,f) = \int [x(t) * \omega'(t-t')] * e^{j2\pi ft} dt$$

It is easy to see that the short-time Fourier transformation differs from the usual Fourier transformation only by the presence of an additional multiplier  $\omega$ . The meaning of this multiplier becomes clear if we keep in mind the direct form of the function  $\omega$ . One of its possible variants is represented by a Gaussian function. As it is easy to see, it has a finite carrier and is continuous. Other window functions are also used that do not necessarily have sufficient smoothness – for example, a piecewise constant function.

The method of calculating the STFT is intuitively clear – a certain moment of time  $t$  is selected, a window is superimposed on the original function by multiplication, which "cuts" it by a certain time interval, and the usual Fourier transformation is performed over all this. Thus, we get a time–frequency picture of the signal.

### Limitations of the STFT

During the STFT, the window length determines the time and frequency resolution of the spectrogram. The longer the window, the longer the intercepted signal and the longer the signal. The higher the frequency resolution after the Fourier transformation, the worse the time resolution; on the contrary, the shorter the window length, the shorter the captured signal, the worse the frequency resolution, the better the time resolution, that is, the STFT time and frequency resolution cannot be achieved at the same time, and the choice should be made in accordance with specific requirements.

### References

1. В.В. Геппенер, Д.А. Черниченко, С.А. Экало Вейвлет-преобразование в задачах цифровой обработки сигналов. – СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2002. – 9 с.

2. Л.А. Долгих Кратковременное преобразование Фурье: Новый подход. – Научный журнал «Датчики и системы» 2004.

## MIMO : 5th GENERATION

В.С. Чернов

Scientific supervisor – Andreeva G. Yu., Senior Lecturer

Mobile communications have become an important part of our modern everyday life. The requirements for wireless transmission systems increase as the number of users grow. In order to meet the expanding needs, it is necessary to improve current communication standards and to form new ones.

The most advanced wireless communications standard is called 5G NR (New Radio). One of the key components for the implementation of 5G cellular communication systems, which will also be improved as we move to 6G communication systems, is Massive MIMO technology.

MIMO - (Multiple Input Multiple Output) is a system that involves the use of multiple antennas on both the receiving and transmitting sides. The basic idea behind Massive MIMO is the use of large (128, 256 or more antenna elements) digital antenna arrays at base stations to simultaneously serve multiple UE (User Equipment).

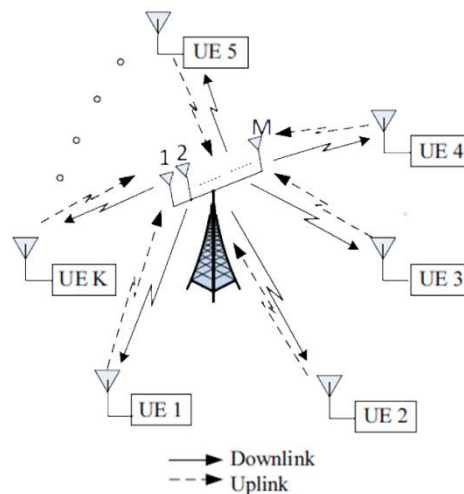


Figure 1 – Massive MIMO communication.

This technology has the following advantages:

1) Gain in spatial separation. The possibility of adaptive diagramming or beamforming in multi-user Massive MIMO mode, in which data streams are transmitted to pre-assigned users.

2) Increased energy efficiency. The ability to reduce energy consumption of equipment and improve electromagnetic compatibility by reducing the radiated power.

3) High spectral efficiency. It can be achieved by spatial multiplexing of multiple devices in the same time and frequency range. Efficient multiplexing requires that the channels of the different UE should be sufficiently different, which has been proven theoretically and experimentally in various propagation environments.

The aforementioned advantages and characteristics of Massive MIMO technology will allow NR to meet the standards that are required for the fifth generation, and, accordingly, to implement 5G networks.

## **ALGORITHMEN FÜR DIE SPEKTRALANALYSE VON LASERLOKATIONSSIGNALEN**

Е.А. Жирков

Научный руководитель – Андреев В.Г., д-р техн. наук, доцент,  
Рохлина Т.А., к.ф.н, доцент, доцент кафедры ИНЯз

Das Laserlokationssignal ist in seiner Struktur und Anwendung dem Funksignal ähnlich, und die Methoden der primären Verarbeitung sind in vielerlei Hinsicht identisch [1]. Der Hauptunterschied liegt in der Frequenz der Strahlung: Bei Laserlokalisierungssystemen ist sie viel höher. Infolgedessen wird dies technisch in erhöhten Anforderungen an die Leistung von Primärverarbeitungssystemen ausgedrückt, insbesondere ist eine höhere Abtastrate des Eingangssignals erforderlich. Allerdings bleiben die Spektralanalysemethoden selbst, klassisch (Periodogramm oder Korrelogramm) oder parametrisch, bei der Verarbeitung optischer Signale relevant. Bei der Analyse sollten die Eigenschaften des Verbreitungsmediums berücksichtigt werden, bei dem es sich um eine im sichtbaren Wellenlängenbereich transparente Materie handelt. Die Atmosphäre (insbesondere die untere Schicht der Troposphäre) oder die Hydrosphäre (je nach der «Reinheit» des Wasserraums kann die Abtasttiefe variieren) spielen in der Praxis häufig eine Rolle.

Die Spektralanalyse in primären Verarbeitungssystemen beschränkt sich auf das Finden der spektralen Leistungsdichten (SLD) in klassischen Methoden oder das Konstruieren des Modells von SLD in parametrischen Methoden. Die Laserstrahlung ist überwiegend monochromatisch und kann daher problemlos vor Störungen wie Reflexionen von Objekten in der Nähe des Locators, Strahlung von erwärmten Körpern (im IR-Bereich) oder aktiven Lichtquellen hervor gehoben werden.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der bei der Suche nach SLD berücksichtigt werden sollte, ist die Signaldämpfung in einer heterogenen Umgebung. Im Wasser verliert der Laserstrahl seine Energie schneller als in der Luft, daher ist es praktisch, bei Strahlung grünes Licht zu verwenden (Wellenlänge  $\lambda = 532$  nm) und bei der spektralen Verarbeitung ein SLD-Modell mit Hilfe der Methode Prony zu erstellen. Diese Methode basiert auf der Konstruktion des Exponentialmodells des empfangenen Signals. Die Reflexion aus einer heterogenen Umgebung hat einen charakteristischen exponentiellen Trend, der leicht im Modell berücksichtigt wird und die weitere Berechnung in sekundären Signalverarbeitungsgeräten erheblich vereinfacht.

Es ist besser, einen IR-Bereich zu verwenden, der für das menschliche Auge unsichtbar ist (Wellenlänge  $\lambda = 1064$  nm), um das Scannen in atmosphärischen Schichten durchzuführen. Ein solcher Strahl blendet Piloten von Flugzeugen nicht aus, was es ermöglicht, ähnliche Laserscanning-Systeme, einschließlich LiDAR, in der Luftfahrt, in der Vermessung, in Waldschutzkomplexen und so weiter, zu verwenden. So wird in letzterem eine spektrale Zersetzung des in Echtzeit empfangenen optischen Signals durchgeführt, und die Zusammensetzung der Luft über dem Waldgebiet wird durch die Natur der SLD bestimmt.

Also Algorithmen der spektralen Verarbeitung bleiben die Invarianten zur körperlichen Wesen des Lokationssignal im Falle des Einsatzes vom Laserlokationssignal benötigen bestimmte Änderungen aufgrund der Art seiner

Ausbreitung in diesem Wellenbereich.

### *Literaturverzeichnis*

1. Лазерная локация/И. Н. Матвеев, В. В. Протопопов, Л20 И. Н. Троицкий, Н. Д. Устинов; Под ред. чл.-кор. АН СССР Н. Д. Устинова. - М.: Машиностроение, 1984. 272 с. ил.

## **A WORLD WITHOUT BEES: BUBBLE POLLINATION**

Д.С. Воробьев

Научный руководитель – Т.А. Рохлина, доц. каф. ин. яз.

### **Robobees**

In recent decades, the problem of the mass death of honey bees, called the "colony collapse syndrome", has become very relevant. The disappearance of entire bee families threatens to lose most types of crops, since up to 80% of cereals, fruits, vegetables and nuts are pollinated by bees.

Some countries have begun to develop models of robotic bees that can perform certain functions of live bees [1]. Created in Japan, robot bees are miniature drones about 5 cm in size, on the bottom of which there is an adhesive surface consisting of organic matter (animal hair) coated with a sticky gel. Like bees, the gel is positively charged and tends to attract negatively charged pollen particles. Having collected pollen from one flower, the "bee" transports it to the next flower.

### **Soap pollination**

According to the scientists, the stable liquid membrane and the large surface area of the soap bubbles are suitable environments for delivering microscopic, light pollen grains for pollination - about 2,000 pollen grains can be loaded per each.

One of the first problems that can be encountered while using drones is the air currents from the propellers of the device. The thickness of a soap bubble (its soap film) is determined by the formula:

$$\tau = (M \div \rho) \div 4\pi R^2$$

where  $\tau$  is the membrane thickness;  $M$  is the mass (approximately 7.7 mg);  $\rho$  is the density (approximately 0.99 g/cm);  $R$  is the radius (1.6 cm). A small percentage of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) was additionally used to increase the stability of the soap bubbles. As a result, stable bubbles with a diameter of about 2 cm. The kinematic viscosity of the prepared soap bubble solution was 7530 cSt (centistokes = cm<sup>2</sup>/s), and the density was 1.023 g/cm. The bubbles not only withstood air flows from the drone propellers, but also for a long time (about 10 minutes at 25 ° C) calmly located on the flowers without decay.

### **Robotic pollination with soap bubbles**

The test subjects were white pear flowers. When approaching the flowers at a distance of 2 m, a bubble "shelling" was carried out at an angle of 70-80 degrees [2]. 16 days after bubble pollination, young fruits were formed, the volume of which was comparable to the volume of fruits after conventional



hand pollination with a feather brush. The group of flowers pollinated naturally (by insects) showed the lowest results.

### References

1. Пчёлы-роботы для опыления: за ними будущее. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/upchel/pchelyroboty-dlia-opyleniia-za-nimi-buduscee-603ff6438f2f5b70bfca5f35>.

2. Мир без пчёл: роботизированное опыление мыльными пузырями. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ua-hosting/blog/507646/>.

## STUDY OF A TWO HALF-PERIOD AMPLITUDE DETECTOR WITH INCREASED INERTIA

И.А. Поспелов

Scientific adviser - Andreeva G. Yu., senior teacher

Precision detection of the amplitude of high-frequency oscillations is still a task that requires research and development of promising versions of appropriate circuits [1-5]. The developers in this case face the task of simultaneously improving several basic characteristics of the detector, namely:

- increasing the dynamic range of input voltages at which the linear mode of operation is ensured;
- increasing speed of operation while reducing the level of ripple in the output voltage;
- providing thermal stability of the detector circuit as a whole.

The first two of these tasks are the best for the circuit on passive elements, in our opinion, for use in analytical or radio transmitting equipment with double half-period circuit with a bias in each of its branches [6, 7]. Schematic model of this detector is shown in Figure 1.

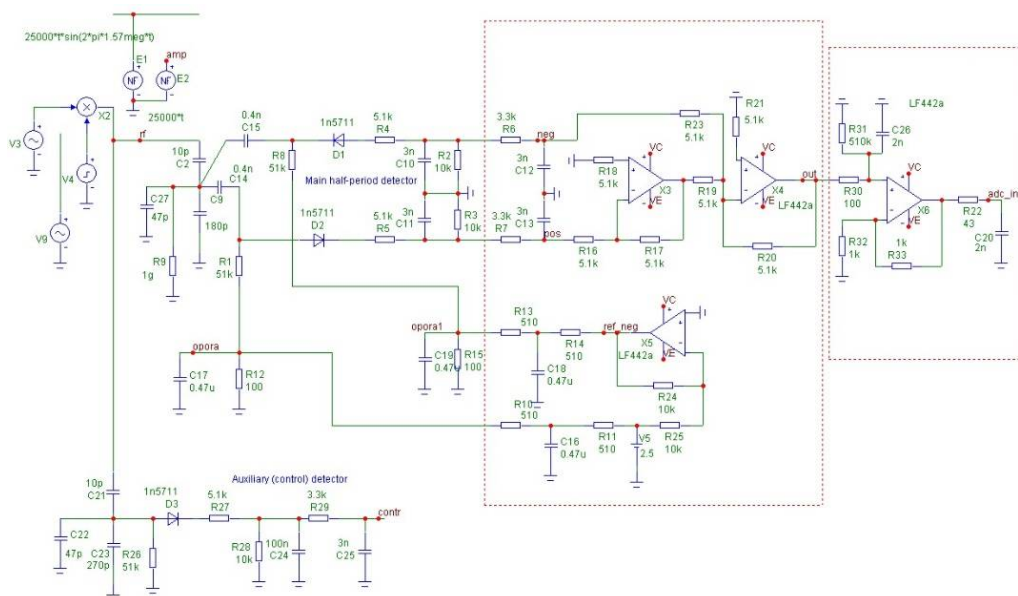


Figure 1 - Generalized detector scheme

In the lower part there is the classic model of a single half-period diode detector, and in the upper part there is an improved form of a double half-period amplitude detector.

The voltage sources generate two types of input influences, the first is an RF voltage with a linearly increasing amplitude in time, which is necessary to take the detector characteristic in order to study its linearity. The second influence is a pulsed RF signal, which allows us to study the inertia and pulsations of the system.

The improved circuit consists of HF LFOs, in series with which high impedance resistors are included to straighten the detector characteristic. Through the resistors R1, R8 a small offset in the appropriate polarity is applied, increasing the overall linearity of the characteristic in the low amplitude region.

The input signal is fed to the detectors through a capacitive divider, calculated so that the maximum operating amplitude of the detector reaches 1300 V. This circuit design provides linearity in the input amplitude range of 10 to 1250 V. The remaining circuits are required for smoothing ripple and converting the bipolar voltage of the bipolar detector into the unipolar voltage required for ADC operation. The circuit of the reference single half-period detector has no peculiarities.

#### *Bibliographic list*

1. Radio Receiving Devices: Textbook for Students of Secondary Professional Education / K.E. Rumyantsev. - Moscow: Academia Publishing Center, 2006. - 336 p.

2. Radio Receiving Devices: Textbook for Higher Education Institutions / I.I. Fomin, N.N. Buga, O.V. Golovin et al; Edited by I.I. Fomin. - 3rd edition, stereotyped. - Moscow: Hot Line - Telecom, 2007. - 520 p.

3. Andreev, V.S. Theory of non-linear electrical circuits: textbook for universities. - Moscow: Radio and Communications, 1982. - 280 p.

4. Buga, N.N. et al. Radio Receiving Devices: Textbook for Universities / N. N. Buga, A. I. Falko, N. I. Chistyakov; Edited by N. I. Chistyakov. - Moscow: Radio and Communications, 1986. - 320 p.

5. Design of Radio Receiving Devices. Under the editorship of A.P. Sivers. Tutorial for Universities. Moscow, Sov. Radio", 1976. - 486 p.

6. Zverev E.G., Vasiliev E.V. Development of precision amplitude detector for analytical technique // Modern Technologies in Science and Education - STNO 2018: collected works of international scientific and technical forum: in 10 vol. Vol. 1 / ed. by O.V. Milovzorov. - Ryazan: RSREU, 2018. - P. 69 - 72.

7. Zverev E.G. Development of an amplitude detector for analytical equipment // Methods and devices for signal formation and processing in information systems: interuniversity collection of scientific papers / ed. by Yu.N. Parshin - Ryazan: RGRTU, 2018. P. 119-122.

## OPTIMAL CONTROL

М. Д. Корниенко

Scientific adviser - Astashina O. V., senior teacher

The optimal control belongs to complex computational problems for which there are no universal solution algorithms. The most well-known result in this area [1] transforms the optimization problem into a boundary-value problem, and the dimension of the problem doubles. The goal of solving the boundary-value problem is to find the initial conditions for conjugate variables. So the vector of state variables falls into a given terminal condition. To state the problem time, there is no guarantee that the functional for the boundary-value problem is not unimodal and convex on the space of initial conditions of conjugate variables.

The optimal control problem with phase constraints is considered. Phase constraints are included in the functional, thus they are included in the system of equations for conjugate variables. This greatly complicates the analysis of the problem on the convexity and unimodality of the target functional. An additional problem in solving a boundary-value problem is determination of time for checking the fulfillment of boundary conditions.

The boundary-value problem may have a nonconvex and nonunimodal objective functional on the parameter space  $q$ , therefore, to solve this problem, it is advisable to use an evolutionary algorithm. Evolutionary algorithms differ in the form of changing possible solutions. The first evolutionary algorithms appeared at the end of the XX century and continue to appear. Currently, hundreds of evolutionary algorithms are known. Most of them are named after animals, although the connection between animal behavior and computational algorithms is not strictly proven anywhere and is determined only by the statement of the author of the algorithm. Common steps of evolutionary algorithms are: generation of a set of possible solutions, assessment of solutions by objective function to find one or more best solutions, modification of solutions in accordance with the value of its objective function and with information about the values of the objective functions of other solutions by evolutionary operators. The Pontryagin maximum principle was used to solve the optimal control problem for a group of robots with phase constraints.

The optimal control problem for two mobile robots with phase constraints was considered. To solve the problem, an approach based on the Pontryagin maximum principle was used. The mathematical model of robots include linear control in the right parts of differential equations; that is why the optimal control has sectors of special control modes. It should be noted that we used two robots to test the proposed technology and partially to test methodology. A larger group is required to fully test the proposed methodology and it will be our future research. But in the case of many robots, the optimization problem will go on backstage and the collision avoidance will become a real problem.

1. Pontryagin, L.S.; Boltyanskii, V.G.; Gamkrelidze, R.V.; Mishchenko, E.F. The Mathematical Theory of Optimal Processes; Interscience: New York, NY, USA, 1962.

## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗИ.....	3
Бааж А.А. Разработка алгоритма адаптивного кодирования речевых сигналов в IP – телефонии.....	3
Макаров М.В. Разработка алгоритмов оценки качества речи в перспективных сетях передачи голосового трафика.....	4
Нна Банга Эммануэль Жуниор Особенности конкурсного отбора при распределении частот в республике Камерун.....	5
Оборотистова Ю.А. Антенны беспилотных летательных аппаратов.....	7
Гусев А.С. Разработка блока регистрации параметров функционирования аппаратуры военного комплекса с увеличенной дальностью беспроводной передачи данных по радиоканалу.....	8
Мартынов Е.А. Проектирование локальной сети IoT в среде CISCO PACKET TRACER.....	9
Шмаков В.А. Разработка алгоритма кодирования речевых сигналов с адаптивным выбором параметров.....	10
Муравьева Ю.В. Разработка модификации алгоритма кодирования CELP с переменной скоростью передачи.....	11
Нгуен Д.Х. Моделирование элементов антенной решётки с последовательным, параллельным и последовательно-параллельным подключением патч-антенн.....	12
Володин С.В. Обзор методик оценки ЭМС для РЭС фиксированной и подвижной радиослужб, совместно использующих диапазоны радиочастот.....	13
Лыу Т.Д. Анализ селективных устройств для систем космической связи.....	15
Иванова А.А. Определение местоположения источника излучения одной станцией.....	16

Кириллов А.В. Гибридная система передачи данных на базе лазерой и радиотехнологий.....	17
Фролов А.А. Исследование многолучевых антенн системы радиовидения.....	18
Иванова А.А. Компенсация помех на основе векторно-матричных преобразований.....	19
СЕКЦИЯ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ».....	21
Рамазанов А.М. Анализ эффективности доплеровских фильтров различной структуры.....	21
Воробьев Д.С. Исследование характеристик РЛС БПЛА.....	22
Сиников Д.С. Исследование методов и алгоритмов пространственной компенсации активных помех в радиолокационных системах.....	23
Тарханов В.В. Исследование алгоритмов обнаружения ВО на основе использования информационных критериев в РЛС с непрерывным излучением.....	24
Смердов Д.С. Пеленгация источников радиоизлучения методами нелинейного спектрального анализа.....	25
Желнеев М.В. Исследование алгоритмов оценивания угловых координат источников радиоизлучения.....	26
Жирков Е.А. Системы и устройства лазерной дальнометрии для атмосферных летательных аппаратов.....	27
Должиков М.Б., Рогачев Д.Н. Проектирование на программируемой логике цифровых фильтров без умножителей.....	28
Чан В.А. Алгоритм спектральных оценок радиосигналов на фоне кусочно- стационарных помех.....	29
Борисов И.С. Исследование алгоритмов распознавания типов во в РЛС малой дальности.....	30
Глухов К.А. Анализ методов кодирования видеосигнала с дополнительной дискретизацией изображения.....	31

Королёв З.А. Исследование алгоритмов обнаружения БПЛА с помощью РЛС с непрерывным излучением.....	32
Ларионов А.И. Радиолокационное обнаружение беспилотных летательных аппаратов.....	33
Лобков С.А. Исследование погрешности оценивания направления прихода радиоизлучения методами нелинейного спектрального анализа.....	34
Молчанов М.А. Модернизация радиоприёмного тракта для обнаружения низкоскоростных малоразмерных объектов.....	35
Петухов А.В. Анализ помехоустойчивости систем передачи данных с различными видами фазовой модуляции.....	36
Фошина М.Р. Обработка тепловизионных изображений для выявления утечек тепловых сетей.....	37
Литвинов И.Ю. Адаптация рекурсивных режекторных фильтров.....	38
СЕКЦИЯ «БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И УСТРОЙСТВАХ ».....	40
Ионкин М.В. Усовершенствование преобразователя частоты СВЧ диапазона.....	40
Лобовиков Д.Л. Экспериментальное исследование возможности позиционирования в системе устройств logawan.....	41
Д.А. Назарков Улучшение точности алгоритма gain корректировкой весовых Функций.....	42
Погодин Д.А. Устойчивость усилителей мощности.....	43
Фадель Эль-Марди Проведение экспериментального исследования отдельных блоков MIMO системы в дискретном канале передачи информации.....	44
Кудряшова А.А. Классификация средств подавления SPOOFING помех.....	45
Нгуен В.Н.Т. Сравнение помехоустойчивости гауссовского и дискретного MIMO каналов.....	46
Якушев А.А. Параметры радара СВЧ диапазона.....	47

Мазаев Г. П. Исследование низкочастотных шумов.....	48
Буй К.В. Влияние мультипликативных искажений на спектральные характеристики узкополосной помехи.....	49
Мелешков Е.Д. Устойчивость активных приборов автогенераторов повышенной мощности.....	50
Поспелов И.А. Исследование и разработка активных амплитудных детекторов с повышенной линейностью.....	51
Чернов В.С. Методы повышения пропускной способности в сетях 5G.....	52
Кононенко М.С. Разработка и исследование высоковольтного усилителя мощности высокой частоты.....	53
Селиванов Д.О. MIMO модем передачи навигационной информации.....	54
Карцев Д.В. Стабильность частоты автогенераторов на сложных активных приборах.....	55
Сунцов М.Н. Источники помех в цифровых радиоприемных устройствах.....	56
Телешинин В.А. Исследование моделей фазовых шумов.....	59
СЕКЦИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ОСНОВ РАДИОТЕХНИКИ..... 60	
Дойбань В.А. Исследование технологий физического уровня системы связи 5 поколения.....	60
Кузнецова В.Д. Исследование эффективности субполосной OFDM.....	61
Дудин П.А. Определение местоположения подвижных объектов в локальных беспроводных сетях.....	62
Новиков И.А. Исследование зависимости микро-доплеровских компонентов спектра от параметров излучаемого сигнала.....	63
Титкин В.А. Исследование эффективности частотно-временных преобразований в задачах анализа доплеровских флуктуаций спектра.....	64

Королев М.Д.	66
Разработка адаптивного эквалайзера для приемника стандарта DECT.....	65
Чигрина Т.А.	
Оценка частотного рассогласования при приёме OFDM-сигналов.....	66
Кондратьев А.П.	
Алгоритмы адаптации скорости кодирования для LDPC кодов.....	67
Ганин С.В.	
Насыщение вероятности ошибки LDPC кодов.....	68
Виноградов Н.С.	
Оценка возможностей SOC ZYNQ в задачах ЦОС.....	69
Катков П.В.	
Цифровая обработка сигналов с помощью процессора OMAP-L138.....	70
СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ.....	71
Близнюк А.А.	
Разработка модулятора напряжения питания СВЧ усилителя мощности на отечественной элементной базе.....	71
Ганьшин М.А.	
Разработка распределенной системы мониторинга смещения объектов с малой подвижностью.....	72
М.В. Востриков	
Цифровая обработка сигналов волнового твёрдотельного гироскопа.....	73
Прокудин Н.Е.	
Исследование ЛБВ в нелинейном режиме работы.....	75
Калинин Н.А.	
Разработка модуля формирования частотной подставки лазерного гироскопа инерциального измерительного блока летательного аппарата.....	76
Колядов И.Д.	
Оптическая накачка молекул NH <sub>3</sub> для излучения CO <sub>2</sub> -лазера и получение генерации в диапазоне 11 — 13,5 мкм.....	77
Шальнев В.А.	
Контроль магнитного поля МПФС ЛБВ методом дискретного преобразования Фурье.....	78
Цызман А.В.	
Создание компактного источника напряжения до 120 кВ для изучения “электрического ветра” в газах сверх атмосферного давления.....	79



Дюба И.С. Разработка системы регистрации сигналов волнового твердотельного гироскопа.....	80
Доронин А.Н. Алгоритмы бесплатформенных инерциальных навигационных систем.....	81
Набатчикова Т.С. Моделирование ЭОС пушки Пирса.....	83
СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ..... 84	
Быков И.А. Разработка аналогового регулируемого лабораторного блока питания для низковольтной аппаратуры.....	84
Кулин Д.И. Фокусирующие свойства радиочастотного времяпролетного масс- анализатора с продольным дрейфом ионов.....	85
Пархунов Г.О. Разработка устройства для проверки тонкоплёночных покрытий на износостойкость методом истираемости.....	86
Блудов М.В. Разработка схемы рентгеновской трубки с субмикронной областью излучения.....	87
А.С. Быков Разработка устройства контроля резьбовых соединений с помощью ультразвука.....	88
Быков Н.В. Разработка методических указаний к лабораторной работе «Изучение порционного состава газовой смеси с помощью квадрупольного масс-анализатора».....	89
Демидов М.А. Исследование тепловых режимов анодов прострельного типа в микрофокусных рентгеновских трубках.....	90
Кочергин Э.Г. Оптимизация параметров электронных линз.....	90
Куланхин И.А. Исследование фокусировки электронных пучков в микрофокусных рентгеновских трубках прострельного типа.....	92
Сафронов С. А. Обзор методов измерения теплопроводности материалов.....	94
Чувилин А. Н. Обзор методов определения теплофизических характеристик материалов оснований печатных плат.....	95

Шевелёв В.А. Ионно-плазменная технология формирования защитных покрытий контактов герконов.....	96
Петрова О.А. Разработка системы магнитной фокусировки электронного луча микрофокусной рентгеновской трубки.....	97
Сошников К.О. Разработка устройства контроля и регулирования параметров технологического процесса.....	98
Филькина Т.А. Исследование особенностей вакуумных магнитоуправляемых Контактов.....	99
Васильев А.А. Анализ возможности применения возобновляемых источников энергии для жилых домов.....	100
Ерузаев М.С. МЭК 61850. Типовой обмен данными.....	101
Желнина Т.С. Основные этапы проектирования электроснабжения цеха предприятия.....	102
Ипец И.Д. Повышение энергоэффективности собственных нужд на подстанциях напряжением 220 кВ и выше.....	103
Цибизов А.А. Исследование цикла "Производство, транспортировка и использование водорода в качестве топлива для электростанции".....	104
Андрейкин П.В. Анализ замыканий на землю на ПП «Дягилевская ТЭЦ».....	105
Лузянин Р.Н. Анализ эффективности работы участка электрической сети подстанции 35/10 кВ «Дудкино».....	106
Ойцев А.Д. Компенсация реактивной мощности с использованием современного оборудования на АО «Рязанский Радиозавод».....	107
Харьков А.А. Расчет электрической составляющей наведенного напряжения в распределительных сетях.....	108
Мишина М.О. Энергосбережение и повышение электроэнергетической эффективности предприятия.....	109

Гордиенко Н.М. Анализ внедрения цифрового оборудования при реконструкции воздушной линии 10 кВ.....	110
Донских А.А. Разработка методики повышения эффективности оперативно- диспетчерского персонала.....	111
Исмазов Д.Р. Совершенствование системы электроснабжения производственного участка кипиа холодильных установок АО ГРПЗ.....	112
Ковбий Р.О. Актуальность и проблематика применения микропроцессорных терминалов РЗА при реконструкциях подстанций.....	113
Краморев П. А. Выбор метода оптимизации системы электроснабжения объектов связи.....	114
Лисин М.П. Анализ, проектирование, создание модели пожарной сигнализации на производственном предприятии.....	115
Морозов Д.А. Особенности построения систем автономного энергоснабжения транспортного средства с использованием альтернативных источников энергии.....	116
Петаева В.А. Оценка наведенного напряжения в электрических сетях.....	117
Пронякин И.Р. Анализ применения современного оборудования при реконструкциях объектов электроэнергетики.....	118
Шахов Александр А. Выбор солнечных панелей для зарядного устройства аккумулятора электромобиля.....	119
Шахов Андрей А. Реклоузеры в распределительных сетях.....	120
Шашкина О.Ю. Анализ внедрения новейшего оборудования в трансформаторную подстанцию 10/0.4 кВ.....	121
Лукьянов Д.В. Повышение эффективности и надежности систем бесперебойного электропитания технологических процессов.....	122
Захаркин В.В. Анализ токов насыщения электромагнитных трансформаторов тока в условиях работы с микропроцессорными защитами.....	123

Стеняев Д.О. Исследование потерь электроэнергии и их оптимизация в распределительных сетях РЯЗАНЬЭНЕРГО напряжением 10/0,4 кВ.....	124
Изосимова А.В. Проведение расчета и анализа потерь при помощи модуля «Анализ потерь электроэнергии» ELA.....	125
Шаров А.А. Анализ особенностей автоматизированной точки коммерческого учёта электроэнергии 6(10) кВ с магнитотранзисторным преобразователем.....	126
Карпухин С.И. Исследование энергосберегающих осветительных приборов и особенностей их эксплуатации.....	127
Заборов Д.Б. Система резервного электроснабжения населенного пункта на основе возобновляемых источников энергии.....	128
Дусмуродов Б.С. Система учёта в цифровых подстанциях.....	129
Новичков Р.О. Анализ и расчет несимметрии напряжения в сетях 10/0,4 кВ Рязанского РЭС.....	130
Манафов Р.Б. Исследование потерь напряжения и их оптимизация в распределительных сетях РЯЗАНЬЭНЕРГО.....	131
Кочетков Д.И. Анализ режимов работы АВР с применением реле zelio logic	
СЕКЦИЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ.....	133
Шерова И.Ф. Расчет полупроводниковой гетероструктуры с квантовой ямой, предназначенной для излучателя зеленого света.....	133
Горячкин Д. Р. Разработка методики для исследования влияния глубоких центров на время жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках.....	134
Трофимов Е.С., Толкач Н.М. Исследование тонкопленочных структур на основе халькогенидных материалов системы Ge-Sb-Te для оптических переключателей.....	135
Гудков Ю.Д. Разработка программы для моделирования электрофизических характеристик выпрямляющего контакта металл – полупроводник.....	136

Жарков А.А. Исследование рельефа поверхностей тонких пленок CZTS и нанопористых порошков ZnO.....	137
Денисова Ю.Н. Исследование электрофизических характеристик тонкопленочных барьерных структур методом спектроскопии адмиттанса.....	138
СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ».....	139
Малахова С.А., Лобанова М.С., Суджян К.М. Использование метода ИК-спектроскопии для диагностики образования алкильных функциональных групп на поверхности пористого кремния в результате его функционализации.....	139
Райович С.Н. Переработка крекинг-остатка установки висбрекинга в вакуумной колонне К-5 АВТ-1.....	140
СЕКЦИЯ АВТОМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ.....	142
Воробьев Д.С. Комплексирование зашумленных мультиспектральных изображений на основе совместной пороговой и беспороговой обработки пространственно-ориентированных деревьев вейвлет-преобразования.....	142
Абрамов Д.Р. Оценивание координат точечного объекта в оптико-электронных системах с суммированием и мультиплексированием выходных сигналов линеек фоточувствительных элементов.....	143
Гончарова Е.С. Улучшение качества зашумленных изображений на основе субполосной вейвлет-оценки уровней однородности текстуры.....	144
Елманов А.В. Модель естественно-языкового описания нештатных ситуаций для системы поддержки принятия решений водителем ведущего транспортного средства по управлению колонной автороботов.....	145
Корниенко М.Д. Оптимальное управление автономным мобильным роботом с обходом препятствия.....	146
Мурлейкина О.В. Динамическая модель экономического процесса.....	147
Потапов С.А. Разработка и анализ математической модели системы набора и стабилизации оборотов следящего гирокоординатора.....	148

Холин Д.Р. Разработка графического интерфейса пользователя для переоборудования непрерывных регуляторов в цифровые регуляторы .....	149
Яковлев А.В. Алгоритм локализации и распознавания номеров транспортных средств на изображениях.....	150
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ».....151	
Козлов И.А. Обзор и анализ методов интеллектуального анализа данных на базе нейронных сетей.....	151
Агапов К.Ю. Особенности информационно-управляющих систем беспилотных летательных аппаратов для агрегации.....	152
Александров А.А. Сравнительный обзор и анализ методов и алгоритмов цифровой обработки изображений для информационных систем распознавания лиц.....	153
Конин П.А. Информационная система оценки труда водителей таксопарка на основе данных с API «Яндекс.Такси».....	154
Мартанов М.С. Моделирование процесса дискретизации измерительных сигналов с изменяющимся периодом дискретизации.....	155
Свиридова М.В. Разработка информационной системы автоматизации складского учета на примере склада канцтоваров.....	156
Сеничкин В.С. Исследование способа уменьшения длительности информационных посылок от вращающегося объекта.....	157
Усик О.Н. Преимущества использования колоночных СУБД в аналитических операциях.....	158
Конькова А.В. Разработка подсистемы функционального преобразования информации на основе искусственных нейронных сетей для информационной системы с использованием частотных датчиков.....	159

СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ».....	161
Шитова С.М. Разработка и исследование средств автоматизации проектирования конструкторско-технологической документации.....	161
Буханова Е.К. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства.....	162
Фролова И.А. Определение технологических режимов обработки элементов корпуса силового трансформатора на оборудовании с ЧПУ.....	164
Гуров Ю.А., Сосулин Ю.А Многофакторное моделирование финансовой деятельности предприятия.....	165
Александров Д.Ю. Выбор автоматизированной информационной системы для медицинской организации.....	166
Зиненко А.Г. Исследование системы векторного управления частотно-регулируемым асинхронным электроприводом.....	168
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И БИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА».....	170
Астахов М.С. Мероприятия, обеспечивающие повышение эффективности работ по метрологическому обеспечению производства.....	170
Астахов М.С., Лупин Г.А. Видеоизмерительные системы для определения геометрии сложных деталей.....	171
Симбирцев В.А. Совершенствование процесса разработки технологической документации на основе информационных технологий.....	173
Ежова М.С. Выявление дефектов печатных плат с помощью нейронных сетей.....	174
Дмитревский И.Д. Система для исследования слуха.....	175
Зенин А.А. Разработка и исследование робота-ассистента для выполнения задач в бытовых условиях.....	176
Будылина П.С. Технические аспекты поверхностной электромиографии.....	177

Чен Е.А. Разработка системы траекторного планирования мобильного наземного робота.....	179
Титкин К. А. Контроль выполнения требований к конструкторской документации.....	180
Тюренков А.С. Содержание проверок конструкторско – технологической документации на рабочих местах в цеху обеспечения летных испытаний.....	181
Фаттаев Э.М. Резервирование в радиоэлектронных устройствах.....	183
Молодцова Т.С. Разработка и исследование робототехнической платформы для выполнения спасательной операции.....	184
Криц О.И. Окружающая среда проекта в IT-сфере.....	185
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА» (кафедра ЭВМ).....	187
Сизоненко О.В. Обзор автоматизированных информационных систем дошкольных образовательных учреждений.....	187
Дергачева А.А. Оценка устойчивости метода пирамиды изображений к геометрическим и яркостным искажениям.....	188
Егоров В.В. Процессы обработки цифровых изображений.....	189
Ермолаева А.А. Моделирование процессов образовательной деятельности.....	190
Хахалин З.А. Система обработки видеопотока в задаче слежения за автотранспортом.....	191
Титова М.А. Генеративный дизайн с использованием математического аппарата интеллектуальной обработки данных.....	192
Колесник Д.О. Моделирование бизнес-процессов.....	193
СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ».....	195
Жаворонкова Е.С. Контроль характеристик ПЗУ микроконтроллера.....	195



Куцева Д.А. Параллельные вычисления в задаче распознавания образов.....	196
Седов В.Ю. Исследование эволюционных алгоритмов в задаче корреляционного совмещения изображений.....	197
Борц А.С. Исследование методов автоматического распознавания текстов.....	198
Антонов А.В. Применение карт глубин в системах контроля и управления доступом (СКУД).....	199
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ».....	201
Казанцев М.В. Информационная компонента системы обеспечения безопасности в зоне аэропорта.....	201
Лебедев И.А. Исследование методов совмещения изображений.....	202
Стеблюк А.Ю. Аналитическая система мониторинга производственного Предприятия.....	203
Левитова А.В. Об актуальности совмещения реальных и виртуальных изображений в системах технического зрения летательных аппаратов.....	204
СЕКЦИЯ «АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ».....	206
Гуськов П.А. Разбор Single Shot MultiBox Detector.....	206
Беркасов П.Ю. Выбор набора изображений для обнаружения лиц в сложных условиях.....	208
Ефремов А.В. Разработка алгоритма и программы распознавания жеста.....	209
Козырев Д.Ю. Современные технологии диагностики эмоционального состояния человека.....	210
Лёвкин А.П. Применение генеративно-состязательных сетей для дополнения наборов данных.....	211
Ожигина Д.В. Разработка программной системы поиска антропометрических точек на лице.....	212

Олейникова О.Н. Разработка программной системы для сравнительного анализа компонент ПО обработки изображений.....	213
Турчин С.Р. Особенности технологии orb-slam для системы технического зрения мобильного робота.....	214
Хутев А.Н. Автоматизированная система для анализа характеристик кэш-памяти.....	215
Яковлев Н.В. Классификация микровыражений на основе системы кодирования лицевых движений.....	216
Пчелкин А.В. Влияние методов выделения границ на обнаружение объектов при сопровождении.....	216
Якубовский П.А. Современные технологии трехмерной реконструкции объектов по изображениям.....	218
СЕКЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ».....	220
Колегова А.А. Модуль радиоприемника РЛС сопровождения летательных Аппаратов.....	220
Фоломеев К.Д. Нейросетевой анализ радиометрических искажений на спутниковых снимках поверхности земли.....	221
Парчевская А.М. Сравнительный анализ генетических алгоритмов применительно к задаче совмещения спутниковых изображений.....	222
Поборуева М.С. Сравнение алгоритмов морфологических операций при обработке изображений со спутниковых систем.....	223
Куликов Н.В. Модификация модели СОСОМО на основе анализа современной классификации программного обеспечения.....	224
Садовская И.В. Моделирование и исследование пассивных микроволновых устройств систем космической связи.....	225
Цыцына М.И. Анализ и классификация моделей оценки надежности программных средств информационных систем.....	226

Фоломеев А.А. Формализация процедуры анализа функциональной надёжности системы виртуальной реальности в области компьютерной психотерапии.....	227
Кокунов А.А. Принципы оценки надёжности алгоритмических процессов информационных систем.....	228
Морозова Е.С. Управляющие устройства бортовой активной фазированной антенной решётки.....	229
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАТИКА и ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ техника» (кафедра ВПМ).....	231
Жаворонков Я.Д. Проблема сегментации облачности на аэрокосмических изображениях средствами искусственного интеллекта.....	231
Головин А.А. Исследование методов автоматизация бизнес-процессов в коммерческой организации.....	232
Шумак А.Д. Исследование подходов учета и распределения материальных потоков общежития.....	233
Сбродов С.А. Исследование методов интеллектуального анализа медицинских данных.....	235
Скачкова В.О. Исследование Эффективности передачи изображений по каналу связи с шумом.....	237
Елисеев В.А. Исследование методов подбора вычислительных устройств.....	240
СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ».....	241
Гальцова Д.В. Алгоритм размещения микросборок для повышения качества канальной трассировки.....	241
Зинова В.О. Разработка модифицированного генетического алгоритма и программного обеспечения для компоновки блоков электронно- вычислительных средств.....	242
Ромашин Р.С. Современный подход к проектированию изделий.....	243

Калинкин А.А. Разработка устройства для считывания файлов с внешнего носителя и воспроизведение на внешние динамики.....	243
Черенкова А.Б. Применение генетического алгоритма для адаптации данных в 1С.....	244
Секция ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА.....	246
Абраамян А.А. Теоретические подходы к понятию «производственный потенциал территории».....	246
Абрамова А.Р. Управление развитием предприятия на основе системы сбалансированных показателей.....	247
Безденежных Б.С. Разработка проекта внедрения цифровых технологий на промышленных предприятиях.....	248
Гудкова Е.С. Новые технологии в управлении кредитным риском.....	249
Князькова Н.Н. Особенности управления качеством на производственных предприятиях: теоретический и практический аспект.....	250
Ломцов Н.Д. Методы повышения эффективности производственного процесс.....	251
Михалева Е.А. Цифровизация производственного предприятия.....	252
Объедков Е.Е. Виды цифровых технологий и перспективы их применения при разработке и производстве инновационной продукции на ООО «КВАНТРОН ГРУПП».....	253
Строилов И.С. Проблемы внедрения сквозных технологий.....	254
Рунцо Ю.А. Инновации как фактор повышения конкурентоспособности предприятия.....	255
Швецов Н. В. Повышение эффективности бизнес-процессов на основе цифровизации.....	256
Толчильщикова Т.А. Оптимизация трудовых процессов.....	257
Абрамкина К.А. Использование смарт – контрактов в деятельности организации.....	258

Карпенко А.Н. Цифровая обработка радиолокационных сигналов на фоне комплексов помех.....	259
СЕКЦИЯ «ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ»..... 260	
Воробьев Я.В. Developing cloud storage backend with dart language.....	260
Тарханов В.В. Short-time Fourier transformation.....	261
Чернов В.С. MIMO : 5th Generation.....	262
Жирков Е.А. Algorithmen für die spektralanalyse von laserlokationssignalen.....	263
Воробьев Д.С. A world without bees: bubble pollination.....	264
Поспелов И.А. Study of a two half-period amplitude detector with increased inertia.....	265
Корниенко М.Д. Optimal control.....	267

VIII - я научно-техническая конференция магистрантов  
Рязанского государственного радиотехнического  
университета

Редакторы Н.А. Орлова  
М.Е. Цветкова  
Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать 20.05.2022. Формат бумаги 60×84 1/16.  
Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. печ. л.  
Тираж      экз. Заказ №  
Рязанский государственный радиотехнический университет.  
390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.  
Редакционно-издательский центр РГРТУ.