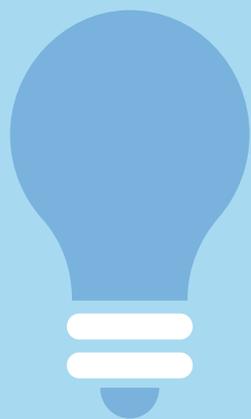
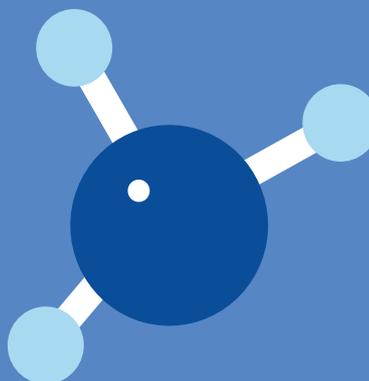
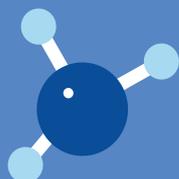
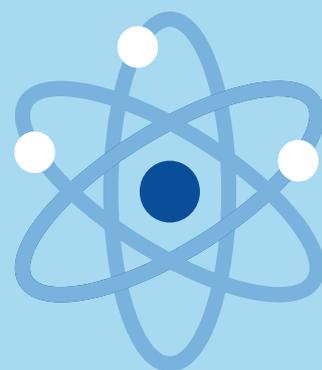




60-Я ЮБИЛЕЙНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ АСПИРАНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ БГУИР

22 – 26 апреля 2024 года



Минск 2024



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

**60-Я ЮБИЛЕЙНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
АСПИРАНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**

(Минск, 22–26 апреля 2024 года)

Материалы конференции

УДК 082.2
ББК 94.3
Ш51

Редакционная коллегия:

В. Р. Стемпицкий, Л. А. Шичко, М. С. Баранова, Г. А. Пискун, М. В. Ковалёв,
А. А. Степанов, И. И. Гламаздин, В. И. Брилевский, В. А. Литвинова, Л. Л. Утин

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

В. А. Богуш ректор БГУИР

Заместители председателя:

М. В. Давыдов первый проректор БГУИР

В. Р. Стемпицкий проректор по научной работе БГУИР

В. А. Рыбак проректор по учебной работе БГУИР

Члены оргкомитета:

В. В. Шаталова директор филиала БГУИР «Минский радиотехнический колледж»

В. М. Бондарик декан факультета доуниверситетской подготовки и профессиональной ориентации

С. В. Гранько декан факультета радиотехники и электроники

С. В. Дробот декан факультета информационной безопасности

В. Г. Колегаев начальник военного факультета

О. И. Лаврова декан инженерно-экономического факультета

Д. В. Лихачевский декан факультета компьютерного проектирования

М. Л. Маковский заместитель декана факультета компьютерных технологий Института информационных технологий БГУИР

С. Н. Нестеренков декан факультета компьютерных систем и сетей

Л. Ю. Шилин декан факультета информационных технологий и управления

М. В. Тумилович начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации

М. С. Баранова заведующий студенческой научно-исследовательской лабораторией

С. А. Алексеева начальник управления воспитательной работы с молодежью

Ш51 **60-я** юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»: материалы науч. конф., Минск, 22–24 апр. 2024 г. / редкол.: В. Р. Стемпицкий [и др.]. – Минск: БГУИР, 2024. – 232 с.
ISBN 978-985-543-770-4.

Содержит материалы докладов, представленных на 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР по направлениям: «Электронные системы и технологии», «Информационные технологии и управление»; «Радиотехника и электроника», «Компьютерные системы и сети», «Информационная безопасность», «Актуальные вопросы экономики и информационных технологий», «Инновационные технологии в образовательном процессе», «Информационные системы и технологии», «Развитие белорусского и русского языков в условиях информатизации общества».

УДК 082.2
ББК 94.3

ISBN 978-985-543-770-4

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА НЕОХЛАЖДАЕМОГО ТЕПЛОВОГО ДЕТЕКТОРА БОЛОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА Жамойть А.Е., Колос В.В., Левчук Д.С.	7
ВИРТУАЛЬНЫЙ ФАНТОМ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ БОЛЮСОВ Чиркова И.Н.	9
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДОБРОВОЛЬНОЙ ДРУЖИНОЙ БГУИР Ким С.В.	12
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОГРАММИРОВАНИИ Конратюк М.М., Курганович Н.А, Ковалевич А.Д.	15
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ САПР ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ Нгуен Т.Ж.	18
ТЕХНОЛОГИЯ OSTIS: ПРОСТЫМИ СЛОВАМИ О НОВОМ ПОКОЛЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ Позняк А.В., Романчук И.М., Семченко Б.А., Титов А.В.	21
ПЕРЕХОД ОТ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ К ОБРАБОТКЕ ЗНАНИЙ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ Зотов Н.В.	24
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ Крищенко В.А.	26
ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В УСТРОЙСТВАХ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ Бульбенков С.В.	31
ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТИПОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ КОРРЕКТНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ Маркова А.А.	34
ЭЛЕКТРОННО-МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ВАНАДИЙ-ГРАФЕНОВЫХ НАНОЧАСТИЦ С КОМПЛЕКСОМ ПРОИЗВОДНОЙ ИНДОЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ Карпилова Е.С., Радюк Д.В.	36
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРИБЛИЖЕНИЯ К НАМАГНИЧЕННОСТИ НАСЫЩЕНИЯ МАССИВА НАНОЧАСТИЦ CoO/Co НА ГРАФЕНЕ Назаренко Е.С.	40
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИРКОНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ АНОДИРОВАНИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ГИДРОФИЛЬНЫХ И КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СВОЙСТВ Дударенко В.Н., Иванюта С.М., Лазарук С.К., Мазуро В.В., Симоненко Д.А., Стешиц Н.Н., Томашевич Л.П., Ярмольчик А.А.	42
ВОЛЬТ-ФАРАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПЛЕНОК $g-C_3N_4$ Фам В. Т., Максимов С. Е., Huu Tai Dinh, Trong Ha Nguyen, Dinh Tuyen Nguyen	45
МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ УЧЁТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРУ, СОСТАВУ И КОНЦЕНТРАЦИИ Лихачев А.А., Черняков В.А., Астахов А.С.	49

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАФЕНОВОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКИ И МОЛЕКУЛЫ ДОКСОРУБИЦИНА МЕТОДОМ DFT Пивоварчик Т.С.	51
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ОЛОВОМ Бразаускас Г.А., Гульпа Д.Ю., Кузьмар И.И.	55
ВЛИЯНИЕ АМИННЫХ ДОБАВОК НА МОРФОЛОГИЮ И СВЕТОПРОПУСКАНИЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТОВ Будник В. С. , Сорин Я. С., Тучковский А. К.	57
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОСАЖДЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ВАНАДИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОБОЛОМЕТРОВ Коченов Е.Г., Шебеко В.Н.	62
ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РТ-БТИЗ, СФОРМИРОВАННОГО НА ОБЪЕМНОМ КРЕМНИИ Тхань Н.Ч., Ловшенко И.Ю.,	66
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДВУХОСНАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ Чернушевич Е.И.	71
НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНОЙ ФИТОМАССЕ И ПОЧВЕ Пашкевич В.Э.	73
УВЧ БЕСПРОВОДНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННО-СЕНСОРНАЯ ПЛАТФОРМА КОНТРОЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ Побудей Ю. Р.	77
УВЧ БЕСПРОВОДНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННО-СЕНСОРНАЯ ПЛАТФОРМА КОНТРОЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ Мартыненко И. Д.	79
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕРЦАНИЯ ПЧЁЛ Арсенович П.А., Исакович М.В.	86
АЛГОРИТМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ Сачивко Н.С.	89
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ КАРДИОСИГНАЛОВ Пугачевский Е.А., Карась А. С.	98
ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛОДКИ В АКАДЕМИЧЕСКОЙ ГРЕБЛЕ Вабищевич А.С.	99
РАЗВИТИЕ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ В БУДУЩЕМ Аракелян П. А., Галяк И. П., Лаптева А. С.	105
ПОРТАТИВНЫЙ ВАТТМЕТР МАЛОМОЩНЫХ СЕТЕВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ Глозман Д.М., Шевченко И.А.	111
ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАХОВОГО КОЛЕСА И СИЛЫ ТРЕНИЯ В ОПОРЕ» Танкевич А.Ю., Лукашик А.В.	116
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ: ТЕХНОЛОГИЯ 5G И ЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА Юркевич К. А., Рыльков И. Н.	119

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛНОСВЯЗНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ В РЕЧИ Краснопрошин Д.В.	124
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ Никитенко Е.В.	128
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИСПОЛНЕНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ Радченко Н.Д.	132
EMOTIONIQ: EMOTION RECOGNITION BY PHOTO WITH NEURAL NETWORKS Orsik S.P.	138
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VI-СИСТЕМ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ Сараф Р.О., Лукашевич А.Э., Петрович Ю. Ю.	144
РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ СКЛАДСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Примакович Л.В., Раптунович О.М.	146
BIG DATA В СОЗДАНИИ ЦЕННОСТИ ДЛЯ КЛИЕНТА Пантюк Д.С.	148
КАРТОГРАФИЯ СПРОСА КАК ИНСТРУМЕНТ МИКРОСЕКМЕНТАЦИИ РЫНКА ПРОДУКЦИИ КОМПАНИИ Панченя С.А.	152
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ ВВС И ПВО: ИННОВАЦИИ НА СЛУЖБЕ ЗАЩИТЫ Дубяга Е.В.	155
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТАКТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ Козлов А.Е.	156
СОСТОЯНИЕ ЛИЧНОГО СОСТАВА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ВЛИЯЮЩИЙ НА БОЕСПОСОБНОСТЬ ВОЙСК Лейбук Е.В., Павелко В.С.	157
ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММЫ CISCO PACKET TRACER В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ СВЯЗИ Михно К.В.	160
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТАКТИКИ ОБЩЕВОЙСКОВОГО БОЯ Яринский Б.А., Яринский Г.А.	161
ПРОБЛЕМА ЧИПИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКА: ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНАЯ УГРОЗА ИЛИ «СВЕТЛОЕ БУДУЩЕЕ» ПОСТЧЕЛОВЕКА? Асиненко А.М.	164
ФИЛОСОФИЯ ЗВУКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ЗАПОМИНАЮЩЕЙСЯ МЕЛОДИИ Васютнич А.Д.	167
Ў++. МОВА ПРАГРАМАВАННЯ З БЕЛАРУСКАЙ ЛЕКСКАЙ Бурбоўскі Ягор	171
ТРАНСЛІТАРАЦЫЯ ЗБОРНІКА НАРОДНЫХ ПЕСЕНЬ ЯНА ЧАЧОТА Падгайскі А.А.	173

РОЛЯ ЛІЧБАВЫХ ТЭХНАЛОГІЙ У РАЗВІЦЦІ БЕЛАРУСКАЙ МОВЫ Шылкоўскі У. А., Марэеў В. К.	176
СИГНАТУРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ И ЭНТРОПИЙНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ ПРОГРАММ Блинов В.В.	179
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПАТТЕРНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ MAGENTO 2 Грищенко Э.А., Потоцкий Д.С.	184
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ Нарвойш П. Ю.	187
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА СОТРУДНИКА ПРОФСОЮЗНОГО КОМИТЕТА Сыцевич М.Н.	191
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО «SERVICE STATION» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ Табанец М.С.	196
КОНСТРУКЦИИ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГОФРИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ Гладинов А.Д.	199
УЯЗВИМОСТЬ HTTP/2 RAPID RESET Лифанов К.В., Рощупкин Н.А.	202
АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ИГРОВЫХ КОМПАНИЙ Бродович Б.Е.	205
АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА. МЕТОДЫ СБОРА СЕТЕВЫХ ПРИЗНАКОВ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ Грибович А.А., Клепцов Ю.В., Грищук А.А.	207
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ Грищук А.А. Клепцов Ю.В Грибович А.А.	212
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РАССТОЯНИЙ ОПТИЧЕСКИМ РЕФЛЕКТОМЕТРОМ МТР 6000 Ковалев Д.В., Орехов А.К.	214
МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ Маскей М. Ш., Касперович М. М.	217
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДЕЛЬТА-ПРО+ Валова И.Н.	221

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА НЕОХЛАЖДАЕМОГО ТЕПЛООВОГО ДЕТЕКТОРА БОЛОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

Жамойть А.Е.¹, Колос В.В.², Левчук Д.С.²

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Открытое акционерное общество «ИНТЕГРАЛ», Минск, Республика Беларусь

Соловьёв Я.А. – канд. техн. наук, доцент,
заведующий отраслевой лабораторией
новых технологий и материалов ОАО
«ИНТЕГРАЛ»

Аннотация. Проведено моделирование поглощения ИК-излучения длинноволновой области (8-14 мкм) электромагнитного спектра в САПР «COMSOL Multiphysics» чувствительным элементом неохлаждаемого теплового детектора болометрического типа. Установлено, что при уменьшении толщины поглощающего слоя с 10 нм до 4 нм интегральный коэффициент поглощения увеличивается на 10 – 25%.

Ключевые слова: неохлаждаемый тепловой детектор болометрического типа, микроболометр, чувствительный элемент, моделирование, поглощение, LWIR.

Введение

Микроболометры находят широкое применение в различных областях деятельности человека, таких как космическая, военная промышленность, медицинское оборудование. Функционирование неохлаждаемого теплового детектора болометрического типа обеспечивается в длинноволновой LWIR (Long Wavelength Infrared, длина волны λ от 8 до 14 мкм) области электромагнитного спектра [1].

Принцип работы микроболометра основан на повышении температуры термочувствительного материала за счёт поглощения падающего инфракрасного (ИК) излучения. Изменение температуры вызывает изменение электрического сопротивления термочувствительного материала микроболометра, которое и измеряется схемой считывания.

Для поглощения падающего ИК-излучения используются тонкие слои металлов или их сплавов [2]. Толщина поглощающего слоя обусловлена необходимостью скоростного отвода тепловой энергии, которая образуется за счёт поглощаемого ИК-излучения.

Основным параметром, характеризующим качество функционирования микроболометра, является его чувствительность. Чем выше коэффициент поглощения, тем меньшую разность температур может зарегистрировать микроболометр. С точки зрения минимальной теплоёмкости и наибольшего коэффициента поглощения в ИК диапазоне, подходящим материалом для этого, является NiCr.

Настоящая работа посвящена моделированию спектров поглощения чувствительного элемента микроболометра в диапазоне длин волн от 8 мкм до 14 мкм, с целью получения максимальных значений.

Основная часть

На рисунке 1 показана конструкция ячейки (пикселя) неохлаждаемого теплового детектора болометрического типа.

Пиксель микроболометра представляет собой подвешенную структуру. Для повышения эффективности микроболометров под чувствительным элементом на поверхности подложки наносится отражающий слой. Зазор между поглощающим слоем и подложкой делается кратным одной четвертой длины волны падающего излучения. При этом отражающий слой с чувствительным элементом образуют резонансную микрополость (оптический резонатор), настроенную на поглощения излучения с определённой длиной волны. Непоглощённое излучение переотражается внутри полости и поглощается чувствительным элементом. Поскольку неохлаждаемые тепловые детекторы болометрического типа работают на длине волны около 10 мкм, то вакуумный зазор делают 2,5 мкм.

На рисунке 2 представлена структура чувствительного элемента, исследуемая в данной работе при проведении расчёта коэффициента поглощения.

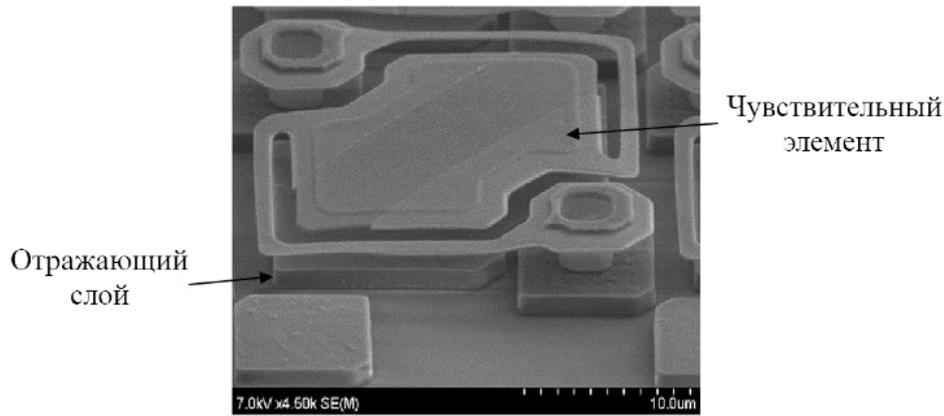


Рисунок 1 – Конструкция термочувствительного пикселя микроболметра

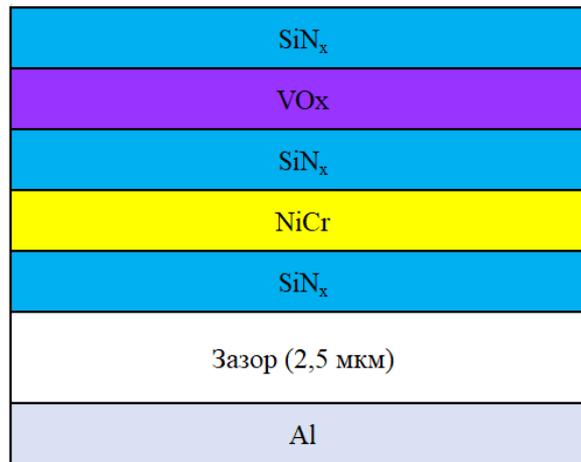


Рисунок 2 – Структура чувствительного элемента микроболметра

Толщины всех слоёв нитрида кремния (SiN_x) при проведении расчётов составляли 70 нм. Толщина оксида ванадия (VO_x) составляла 100 нм. Для оценки влияния толщины поглощающего слоя из NiCr моделирование проводилось для четырех вариантов: 10 нм, 7 нм, 4 нм, 2 нм.

Моделирование спектров поглощения для диапазона длин волн от 8 мкм до 14 мкм выполнялось в САПР «COMSOL Multiphysics» с использованием метода конечных разностей во временной области [3]. Данный способ проведения расчётов является эффективным подходом к решению уравнений Максвелла, который позволяет с приемлемой точностью моделировать оптические параметры поглощения, пропускания и отражения во всем исследуемом спектре за один расчёт.

Для подтверждения результатов моделирования спектров поглощения чувствительного элемента микроболметра были изготовлены и измерены экспериментальные образцы на ИК-Фурье-спектрометре Vertex 70 фирмы «Bruker».

Результаты моделирования спектров поглощения для исследуемых структур (рисунок 3) показывают, что с уменьшением толщины поглощающего слоя NiCr их интегральный коэффициент поглощения увеличивается во всём диапазоне исследуемой области.

Заключение

Выполнено моделирование спектров поглощения чувствительного элемента неохлаждаемого теплового детектора болометрического типа в диапазоне LWIR согласно предложенной конструкции чувствительного элемента многослойной структуры. Получены зависимости его коэффициента поглощения от толщины поглощающего слоя.

Установлено, что при толщине поглощающего слоя NiCr 4 нм интегральный коэффициент поглощения падающего ИК-излучения на многослойную структуру достигает 92 %, что обусловлено минимальными коэффициентами отражения и пропускания.

Результаты моделирования сопоставимы с измерениями экспериментальных образцов и имеют расходимость не более 8 %.

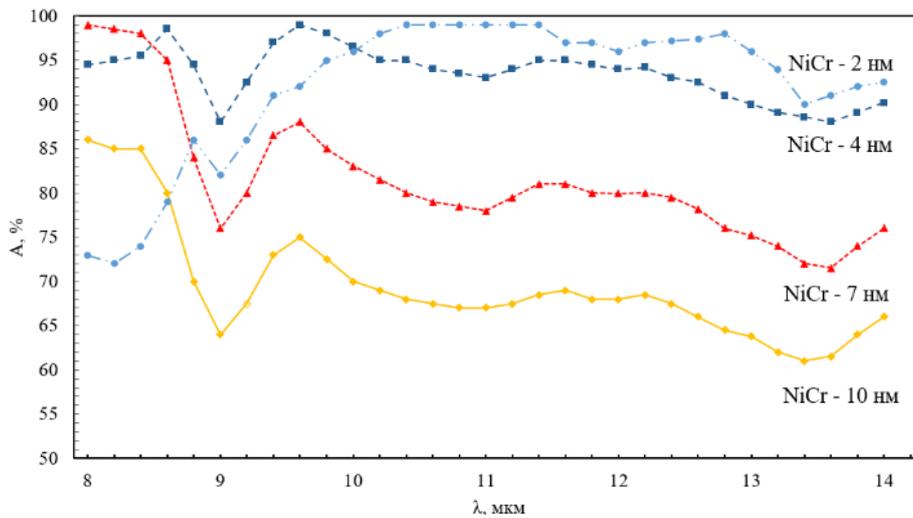


Рисунок 3 – Результаты расчёта спектров поглощения

Список использованных источников:

1. Michel M., Blaeser S., Litke A. Uncooled Thermal MWIR Imagers for High-Temperature Imaging Applications. Proc. SPIE 12737, Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications XX. 1273703, 2023.
2. Murphy, D. Performance Improvements for VOx Microbolometer FPAs. / Ray M., Wyles J., Asbrock J., Hewitt C., Wyles R., Gordon E., Sessler T., Kennedy A., Baur S., Van Lue D // Proc.SPIE. 5406. – 2004. – P. 531–540.SPIE. 4820. – 2003. – P. 200–207.
3. Teixeira F. L. Finite-Difference Time-Domain Methods / F. L. Teixeira // Nat Rev Methods Primers. Vol. 3, P.76. 2023

ВИРТУАЛЬНЫЙ ФАНТОМ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ БОЛЮСОВ

Чиркова И.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Тумилович М.В. – д-р техн. наук, доцент

Аннотация. Развитие методик в области лучевой терапии позволило улучшить качество лечения онкологических пациентов, минимизировать дозовые нагрузки на здоровые органы и ткани, увеличить точность в доставке дозы. Рак молочной железы имеет постоянный прирост по количеству пациентов. При лечении большая часть пациентов получают лучевую терапию наряду с другими видами лечения. Увеличение точности лучевого лечения достигается путем применения вспомогательных устройств в виде болюсов. Корректное расположение и фиксация болюса позволит уменьшить погрешность в доставке дозы. Для теоретической оценки величины погрешности была разработана методика применения виртуального фантома в компьютерной планирующей системе. Результатом данной работы было нахождение величины неопределенности и обоснование правильного применения болюсов при лечении пациентов.

Ключевые слова: лучевая терапия, онкологические пациенты, доза, изодозное распределение, фантом, тканезквивалентное вещество, рак молочной железы, болюс, компьютерный томограф, планирующая система, фиксирующее устройство, вспомогательные материалы

Введение

При лучевом лечении рака молочной железы, в частности при облучении грудной стенки после резекции органа, а также при подведении терапевтической дозы к опухолям, расположенным близко к поверхности кожи, в большинстве случаев прибегают к использованию при лечении вспомогательных материалов в виде болюсов.

В данной статье автором предложен теоретический метод расчета величины неопределенности, возникшей при некорректной фиксации болюса с помощью дозиметрического оборудования в виде антропоморфного фантома, а также программного обеспечения для расчета доз, которыми оснащены отделения лучевой терапии ведущих онкологических клиник.

Основная часть

Лучевая терапия основана на подведении пациенту рассчитанной дозы ионизирующего излучения, под действием которой происходит повреждение ДНК клеток опухоли. Под воздействием излучения опухоль либо уменьшается, либо погибает. Лучевое лечение используется или отдельно, или в сочетании с другими методиками (химиотерапия, хирургия). Список локализаций, при лечении которых используется лучевая терапия широк: рак мозга, молочной железы, головы и шеи, шейки матки, предстательной железы, кожи и т.д. Развитие технологий и методик, таких как трехмерная конформная лучевая терапия, лечение с модуляцией интенсивности и терапия с визуальным контролем, а также лечение с синхронизацией по дыханию помогают с высокой точностью определить объем облучения и с максимальной эффективностью доставить рассчитанную дозу облучения к органу-мишени, минимизируя при этом воздействие на здоровые органы и ткани.

Рак молочной железы – агрессивное онкологическое заболевание. До недавнего времени основным способом лечения являлось хирургическое вмешательство (радикальная мастэктомия). При этом, показатели смертности от этого заболевания были велики. Улучшение ситуации наметилось только тогда, когда наряду с хирургическим лечением начали применять другие методики лечения, такие как химиотерапия и лучевое лечение.

Выбор методики лечения рака молочной железы на сегодняшний день зависит от индивидуальных особенностей пациента, типа опухоли и степени ее распространения. Лечение практически всегда является комбинированным и включает хирургическое вмешательство, лучевую терапию и прием препаратов. В частности, лучевая терапия воздействует на остаточные микроскопические злокачественные клетки, которые могли остаться в ткани молочной железы и/или лимфатических узлах после других видов лечения, и тем самым снизить вероятность рецидива на грудной стенке.

Частным случаем в лучевой терапии рака молочной железы (после резекции органа либо при лечении расположенных близко к поверхности кожи опухолей) является применение во время сеансов лечения вспомогательных материалов в виде болюсов.

Болюс – пластичный плотный нестерильный материал (например, плотный гель, парафин, силикон), который при облучении обладает свойствами кожи по своим плотностным характеристикам и предназначен для моделирования тканей человека (кожи) для изменения попадающей дозы ионизирующего излучения или глубины ее проникновения. Основными локализациями, где в лучевой терапии применяется болюс, являются молочная железа (в том числе после резекции), а также в практике описаны случаи лечения вульвы, полового члена, локализаций в области голова-шея. Болюс применяется с целью достижения оптимального изодозного распределения в области лечения. Применение болюса обусловлено наличием риска возникновения рецидива в поверхностной области облучения. Толщина кожи в объеме облучения составляет в толщине примерно 0,5- 5 мм, дерма находится на глубине 4-5 мм. Именно эти структуры по статистике страдают от недобора дозы при лечении пациентов без применения болюса. При лечении рака молочной железы контур поверхности грудной стенки после резекции органа, а также сама поверхность молочной железы не всегда позволяет расположить болюс без возникновения в некоторых местах зазора между ним и кожей пациентки. Такие воздушные полости могут снижать поверхностную дозу и дозу в коже пациента, тем самым повышая вероятность рецидива в области облучения. Согласно международным рекомендациям, максимальное значение неопределенности в доставке дозы к облучаемой мишени не должно превышать 5%. Одна из существенных неопределенностей вносится при некорректном позиционировании болюса на тело пациента.

Группой медицинских физиков на базе ГУ «РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова» были проведены исследования по выявлению погрешности в доставке дозы при некорректном расположении вспомогательных материалов в виде болюса.

В основе метода оценки неопределенности в доставке дозы лежит применение антропоморфного фантома Catphan. Этот фантом представляет собой устройство в виде цилиндра из плотного тканезквивалентного материала, тело фантома набрано из отдельных слоев толщиной 1 см с вставками материалов различных плотностей.

С использованием компьютерного томографа Aquilion Lightning производства компании Canon была получена томограмма фантома с шагом 2,5 мм, реконструированная до толщины среза в 1,25 мм.

Полученная томограмма была импортирована в компьютерную систему планирования облучения (КСПО) Eclipse версии 13.7 (Varian Medical Systems, Palo Alto, California). Антропоморфность фантома позволяет изображать на нем целевые объемы (в данном случае PTV- Planning Target Volume или планируемый объем мишени), как в соответствии с международными рекомендациями по оконтуриванию, так и согласно национальным локальным протоколам и требованиям. В виртуальную модель фантома также была включена такая структурная модель как болюс, оконтуриванная с использованием соответствующего программного модуля КСПО Eclipse (рисунок 1).

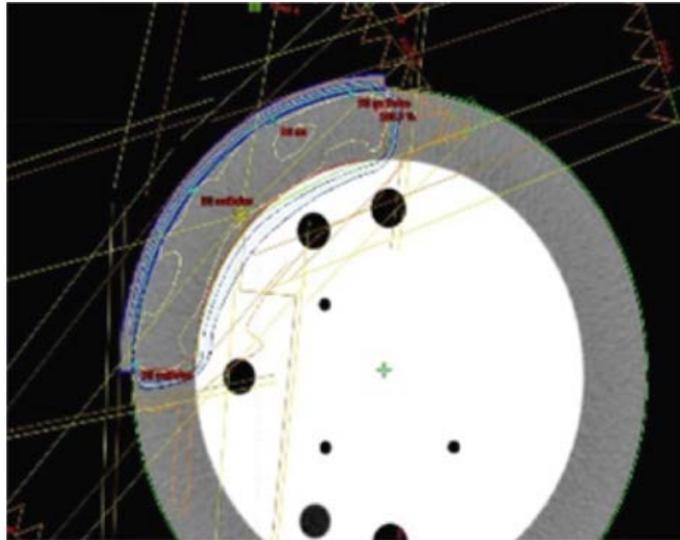


Рисунок 1 – Компьютерная томограмма фантома Catphan с болюсом

Полученный набор структур можно использовать для создания дозиметрических планов облучения любой методикой из применяемых в практике в отделениях лучевой терапии. Далее были созданы планы облучения фантома с болюсом используя различные методики расчета. При этом расположение лечебных полей при каждой методике расчета оставалось неизменным. При помощи программного модуля менялось положение болюса, создавая погрешность его укладки путем искусственно созданного зазора между болюсом и поверхностью фантома с шагом от 0 до 10 мм с шагом 1 мм. Доставленную дозу и изодозное распределение оценивали в выбранных контрольных точках для каждой выбранной методики расчета.

Заключение

Виртуальная модель антропоморфного фантома позволила выявить и оценить величину погрешности в доставляемых дозах онкологическим пациентам, возникающих вследствие некорректного расположения и крепления вспомогательных устройств в виде болюса. По результатам проведенных теоретических исследований можно сделать вывод о том, что применение болюсов улучшает дозовое покрытие мишени, расположенной на поверхности либо близко к поверхности кожи. С увеличением «зазора» между поверхностью и болюсом дозовое покрытие линейно ухудшается. Качественная фиксация положения болюса позволяет свести к минимуму значение неопределенности в доставке дозы. Для этого, с целью увеличения качества в доставке предписанной дозы при проведении сеансов лучевой

терапии, необходимо разработать методику плотной фиксации болюса на теле пациента от сеанса к сеансу.

Список использованных источников:

1. Fraas B., Hunt M., Kutcher G. et al. AAPM Task Group 53: Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning // Med. Phys. 2008. Vol. 25. P. 1773–1829
2. Bentzen S.M., Constine L.S., Deasy J.O. et al. Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC): an introduction to the scientific issues // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2010. Vol. 76. № 3. Suppl. S3–S9.
3. Emami B. Tolerance of normal tissue to therapeutic radiation // Rep. Radiother. Oncol. 2013. Vol. 1. № 1. P. 123–127.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДОБРОВОЛЬНОЙ ДРУЖИНОЙ БГУИР

Ким С.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

*Балтрукович П.И. – канд.техн.наук, доцент,
доцент кафедры ИПиЭ*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы создания веб-приложения для организации процесса управления добровольной дружиной БГУИР. В ней изложены основные задачи по созданию подобных приложений. Проводится анализ функционирования веб-приложения.

Ключевые слова: веб-приложение, разработка веб-приложения, сотрудники

Введение

В современном информационном обществе эффективное управление сотрудниками правопорядка становится все более актуальной задачей, требующей инновационных подходов и технологических решений, представляющих собой значимые шаги в направлении оптимизации процессов, повышения координации действий и обеспечения оперативности в принятии решений.

В Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники функционирует добровольная дружина, которая занимается обеспечением безопасности студентов БГУИР и контролем над соблюдением ими правил проживания в общежитиях университета [1]. Сегодня сотрудники добровольной дружины БГУИР обмениваются данными посредством электронных таблиц и общения через мессенджеры. Однако организация процесса управления и обмен информацией могут быть осуществлены более легким и продуктивным способом, если использовать специализированное веб-приложение.

Основная часть

Веб-приложение для организации процесса управления добровольной дружиной БГУИР предполагает единую систему с быстрым и надежным доступом к данным личного состава, функционалом организации графиков дежурств и важной информацией для сотрудников.

Алгоритм разработки веб-приложения включает в себя следующие основные этапы [2]:

- 1 Постановка целей и разработка технического задания на создание веб-приложения.
- 2 Планирование: создание карты приложения и макета.
- 3 Создание дизайн-проекта.
- 4 Верстка веб-приложения (воплощение дизайна в коде).
- 5 Наполнение веб-приложения информацией.
- 6 Тестирование работы веб-приложения.
- 7 Предоставление общего доступа к веб-приложению.

При постановке целей и разработке технического задания на создание веб-приложения основной целью является проектирование удобного веб-сервиса, с помощью которого

сотрудник (пользователь) имеет быстрый доступ к данным и инструменты для взаимодействия с графиком дежурств.

Карта приложения создается на основе информации, полученной на предыдущей стадии. Она описывает взаимосвязь между различными частями разрабатываемого приложения, что способствует возможности наиболее полно предусмотреть насколько удобным в использовании будет приложение, создать легкий с точки зрения навигации и удобный для пользователя продукт, позволяет понять внутреннюю структуру будущего приложения.

Также на этом этапе целесообразно определиться с тем, какой стек технологий (язык программирования, фреймворки, CMS) будет использован, продумать структуру базы данных.

В рамках создания дизайн-проекта требуется соблюдение лаконичности, которое реализовано посредством интуитивно понятных элементов навигации. На рисунке 1 представлен дизайн основной главного экрана с необходимыми вкладками для работы сотрудников.

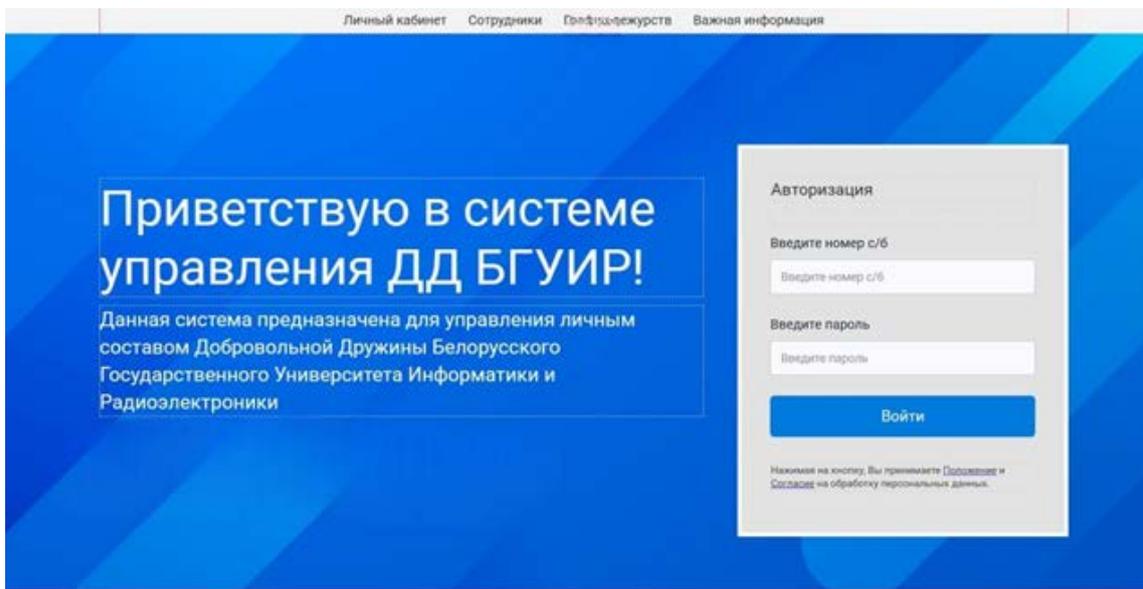


Рисунок 1 – Дизайн главного экрана

Выделены также вкладки, дизайн разделов которых подчинен выполнению следующих задач: доступ в личный кабинет сотрудника, детальный поиск информации о сотрудниках при помощи инструментов фильтрации и сортировки, возможность редактирования графиков дежурств и просмотр важной информации от штаба добровольной дружины. Макет вкладки «Личный кабинет» представлен на рисунке 2.

При верстке веб-приложения были использованы языки программирования JavaScript, CSS и HTML. Для добавления динамичности и взаимодействия между элементами страницы использовался JavaScript, для верстки интерфейса приложения использовался HTML, а для оформления страниц – CSS [3, 4, 5]. С помощью HTML была решена задача определения структуры приложения, включая текст, изображения и другие элементы, такие как кнопки и поля ввода. С помощью CSS были решены задачи оформления элементов страницы, включая текст, цвета, шрифты, размеры и расположение элементов. Использование JavaScript было необходимо на этапах, включающих в себя функции, которые могут изменять содержимое страницы, взаимодействовать с пользователем и выполнять другие действия.

Верстка веб-сервиса была выполнена с учетом требований к адаптивности приложения и корректному отображению на устройствах разных размеров, а также оптимизирована для быстрой загрузки страниц и минимизации количества запросов к серверу.

Для обеспечения безопасности пользователей применен HTTPS-протокол, защищающий передаваемые данные от перехвата путем их шифрования, так как для доступа к функциям приложения требуется авторизация в системе [6].

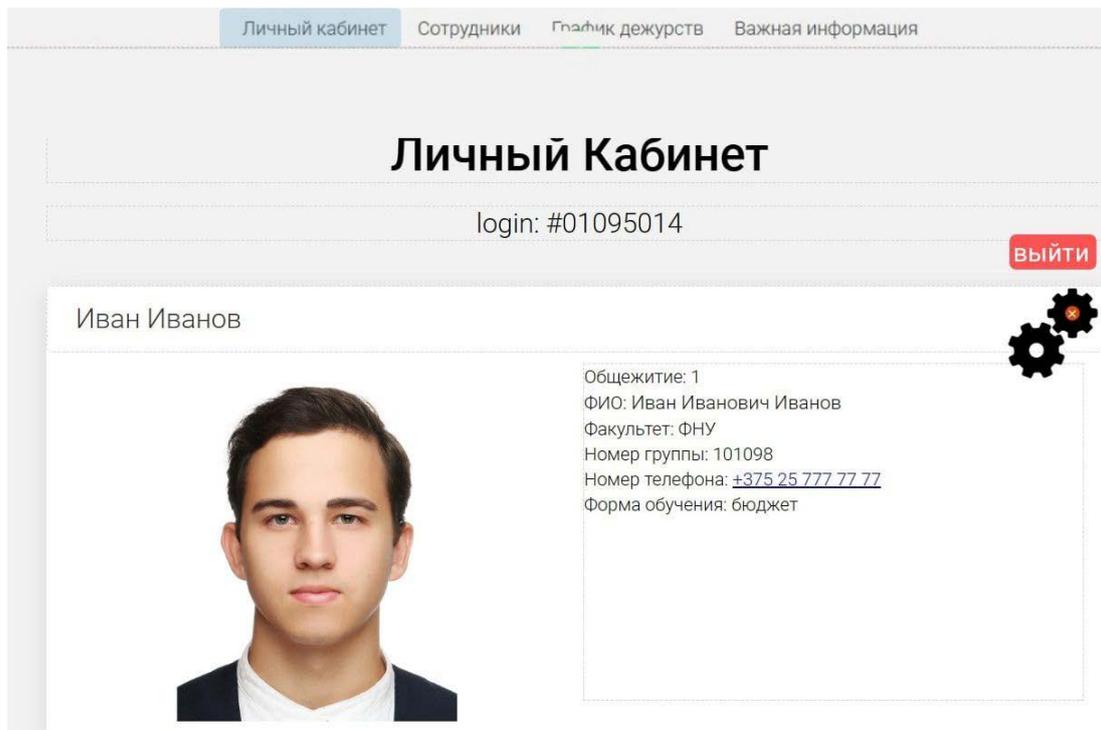


Рисунок 2 – Дизайн вкладки «Личный кабинет»

На этапе тестирования работы веб-приложения осуществлена проверка работоспособности приложения, его функциональности и удобство использования.

Заключение

В статье рассмотрены основные задачи, стоящие перед разработкой веб-приложения для организации процесса управления добровольной дружиной БГУИР. Основные этапы и требования разработки веб-сервисов подобного назначения совпадают с общими алгоритмами разработки, при этом выполнение определенных специфических задач требует внесения корректировки на отдельных этапах, в особенности при разработке технического задания, контентного наполнения и создания дизайн-проекта.

Список использованных источников:

1. Положение о добровольной дружине по охране общественного порядка [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_61560.pdf?ysclid=lsnx9fydjj210629565. Дата доступа 06.02.2024.
2. Веб приложение: типы, преимущества, принцип работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://webcase.com.ua/blog/cho-takoe-web-prilozhenie-vse-vidy/>. Дата доступа 06.02.2024.
3. Дакетт Джон. HTML и CSS. Разработка и создание веб-сайтов / Джон Дакетт [пер. с англ. М.А. Райтмана]. // М.: Издательство «Э», 2013. 480 с.
4. К вопросу о веб-разработках / Д.А. Арисова, С.В. Чернова // Вестник науки и образования. – 2018. – № 15(51). Часть 2.– С. 24- 26.
5. Дакетт Джон. JavaScript и jQuery. Интерактивная веб-разработка / Джон Дакетт [пер. с англ. М.А. Райтмана]. // М.: Издательство «Э», 2017. 640 с.
6. Что такое HTTPS протокол, его использование и принцип работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kasper.by/blog/chto-takoe-https-i-dlya-chego-ego-ispolzovat/>. Дата доступа 06.02.2024.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОГРАММИРОВАНИИ

Конратюк М.М., Курганович Н.А., Ковалевич А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Василькова А.Н. – ст. преподаватель
кафедры ИПиЭ

Аннотация. Нейронные сети стремительно набирают популярность в разных отраслях. В статье рассмотрены перспективы использования нейронных сетей в сфере информационных технологий, отношение специалистов к ним. Кроме того, рассматриваются основные задачи, для которых применяются нейронные сети.

Ключевые слова: нейронные сети, программирование, искусственный интеллект

Введение

В современном информационном обществе нейронные сети представляют собой неотъемлемый элемент прогрессивного развития технологий. С каждым днем они завоевывают все большую популярность среди специалистов, а их применение в различных областях жизни становится все более распространенным. Нейронная сеть – алгоритм, обрабатывающий входящие данные по принципу естественной нейронной сети [1].

В данной работе мы обращаем внимание на перспективы использования нейронных сетей в программировании, исследуя их роль как неотъемлемого компонента в создании инновационных алгоритмов и решений. Анализируя возможности и преимущества нейросетевых подходов, мы стремимся выявить их вклад в современное программирование и перспективы дальнейшего развития данной технологии в контексте эволюции информационного общества.

Основная часть

В исследовании рассматривались три наиболее популярных инструмента основанных на принципах нейронных сетей.

LLM – это нейросетевая модель, обученная на огромном количестве текстовых данных [2].

NLP – это область искусственного интеллекта, занимающаяся взаимодействием между компьютерами и человеческим языком [3].

ИИ агент – это автономная программа, способная действовать от имени пользователя или системы для достижения целей [4].

Одним из вопросов является – «Может ли нейронная сеть написать программу от и до?». Ответ будет весьма неоднозначен. С одной стороны, существуют ИИ агенты, которые, в свою очередь, разобьют процесс создания программного обеспечения на подзадачи и при использовании LLM могут создать полноценный работающий прототип программного обеспечения. С другой стороны, возможности ИИ агента упираются в возможности LLM.

Учитывая, что ИИ агенты используют такие же запросы, как и обычные пользователи, то для ответа на вопрос: «Может ли нейронная сеть написать программу от и до?», мы изучим как эксперты используют LLM, и для этого мы обратимся к исследованию консультантов компании SSC, которое проводилось в июне-июле 2023 года и охватило 35 команд разработчиков из Казахстана, России, Испании и Великобритании. Как показывает данное исследование, наиболее популярные типы задач для LLM:

- создание программного кода (в т.ч. юнит-тесты хранимые процедуры и т.п.) – 31% экспертов;
- код-ревью (включая оптимизацию и рефакторинг кода) – 23% экспертов;
- быстрое прототипирование ПО – 14% экспертов [5].

Опираясь на вышесказанное, можно сделать вывод: у ИИ агента получится создать программное средство, однако это будет всего лишь прототип и без непосредственного вмешательства специалиста, прототип будет иметь множество недоработок, которые вскроются во время эксплуатации программного средства.

Следовательно, на данный момент нейронные сети не способны заменить работу разработчика, однако способны облегчить ее. Обращаясь к исследованию консультантов SSC эксперты выделяют следующие преимущества использования:

- автоматизация рутинных операций и экономия времени – 63% специалистов;
- ускорение выполнения операций в команде/организации – 43% специалистов;
- совершенствование программных продуктов, в т.ч. качество программного обеспечения, UX/UI и документации – 31% специалистов.

Однако, использование нейронных сетей встречает сопротивление со стороны работодателей. По итогам исследования «McKinsey Global Survey on Ai» основными причинами отказа от внедрения нейронных сетей респонденты указали неточность, информационную безопасность, нарушение интеллектуальной собственности. График изображен на рисунке 1, результаты указаны в % респондентов [6].

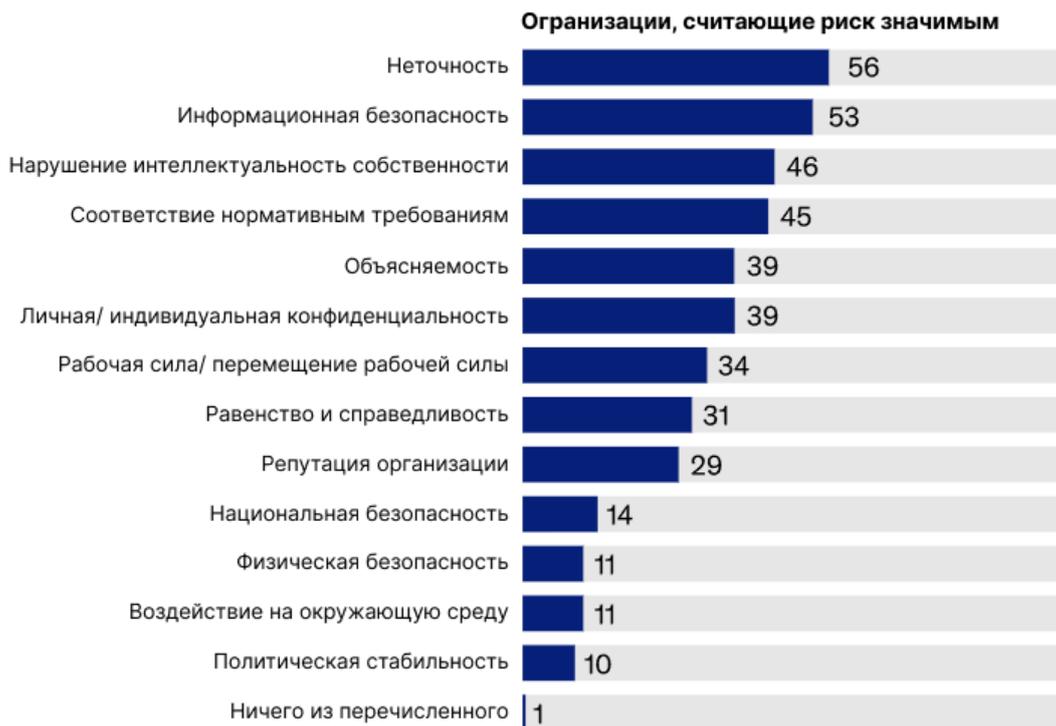


Рисунок 1 – Генеративные риски, связанные с ИИ

В свою же очередь неточность связана с большим объемом информации, поглощаемой LLM, и не всегда эта информация является достоверной.

Риски, связанные с информационной безопасностью свойственны сферам, в которых происходит обработка большого количества персональных данных, так как нет подтверждения конфиденциальности бесед с LLM, ведь многие из них используют технику RLHF.

RLHF, Reinforcement Learning from Human Feedback (Обучение с подкреплением на основе человеческих отзывов) – это техника машинного обучения, в которой модель обучается через взаимодействие с человеком [7].

Кроме того, многие LLM обучаются на коде, не имеющем открытой лицензии, что в будущем может привести к юридическим искам со стороны правообладателей изначального программного продукта.

Несмотря на эти риски, компаний активно интегрируют искусственный интеллект в свою работу. В исследовании «McKinsey Global Survey on Ai» выявили что лидирующими направлениями по внедрению искусственного интеллекта стали: технологии, медиа и телекоммуникация; финансовые услуги; деловые, юридические и профессиональные услуги. График изображен на рисунке 2, результаты указаны в % респондентов.

Учитывая результаты исследования «McKinsey Global Survey on Ai», можно сказать, что наибольшее распространение искусственный интеллект приобрел в сфере информационных технологий, в т.ч. программировании. Нами был проведен опрос среди студентов БГУИР, БГУ,

БНТУ, в сфере информационных технологий и мы получили следующие результаты, отраженные на рисунке 3.

Как показывает диаграмма, изображенная на рисунке 3, подавляющее большинство студентов используют нейронные сети для решения рутинных задач, поиска ошибок и уязвимостей в коде, создания документации. Результаты схожего исследования консультантов SSC приведены на рисунке 4.

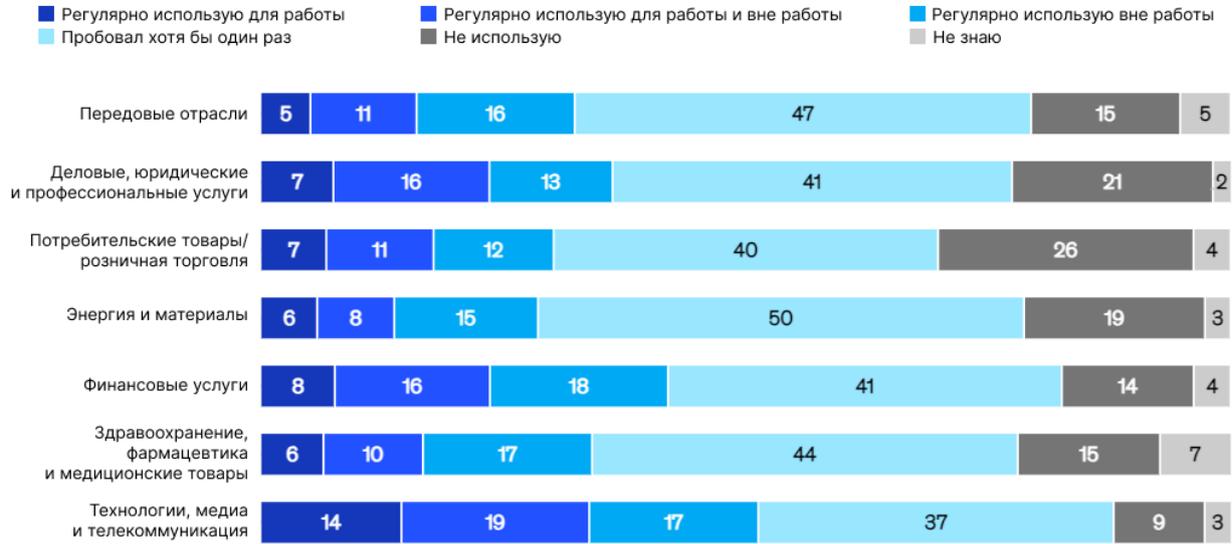


Рисунок 2 – Зарегистрированное использование генеративных инструментов искусственного интеллекта, % респондентов

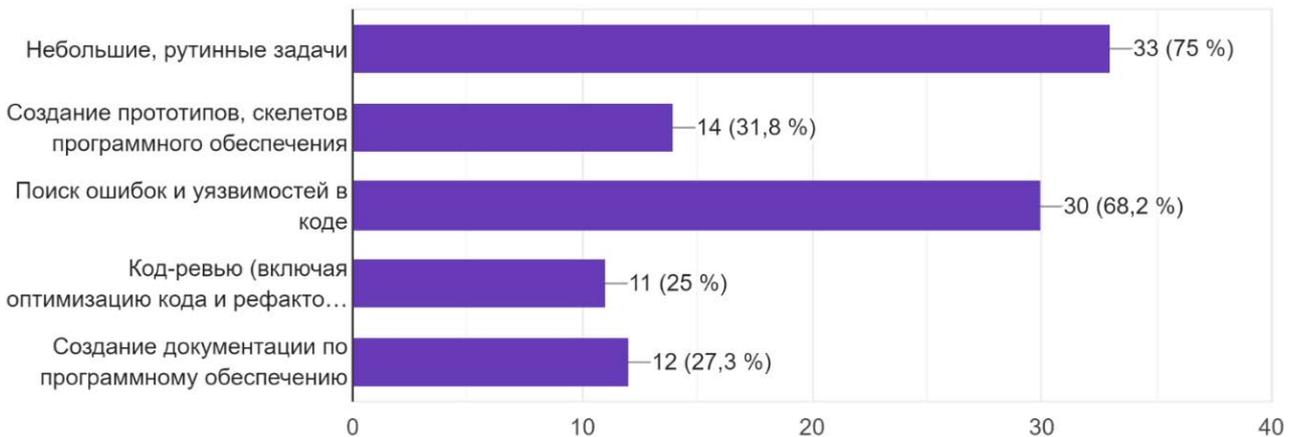


Рисунок 3 – Диаграмма «Для каких задач используются нейронные сети»

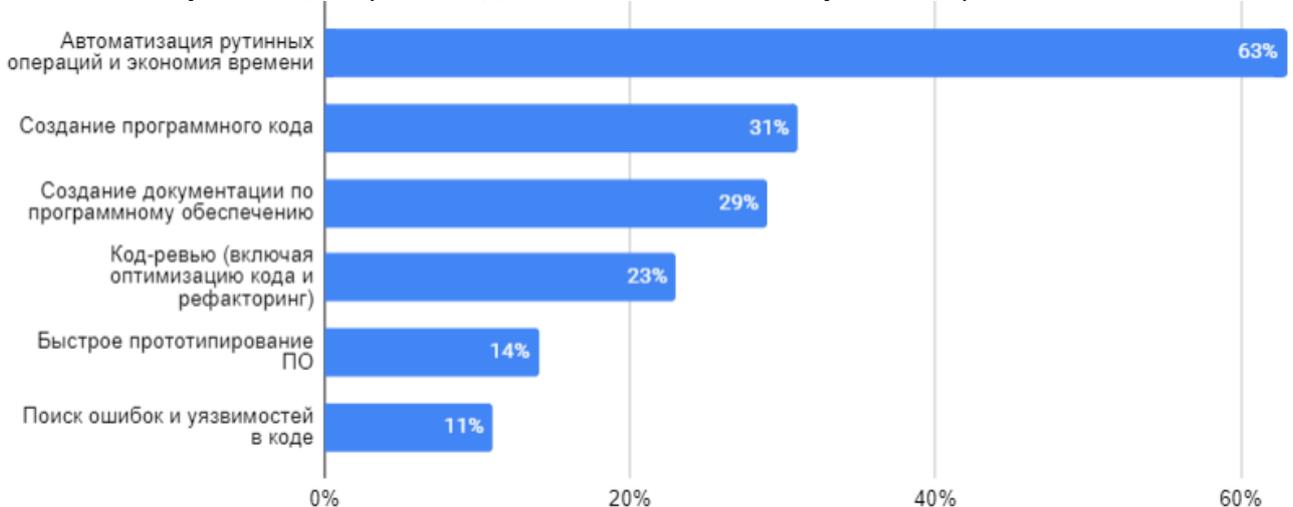


Рисунок 4 – Результаты исследования консультантов SSC

Сравнив полученные результаты с результатами SSC, следует, что и студенты, и специалисты доверяют нейронным сетям в основном рутинные задачи. Различия в результатах связаны со спецификой задач студентов и работы специалистов на коммерческих проектах.

Заключение

Подводя итоги нашего исследования, на данный момент нейронные сети, в том числе LLM, NLP, ИИ агенты, не способны полностью заменить специалистов в сфере программирования. До сих пор существуют серьезные барьеры, останавливающие внедрение нейронных сетей в рабочий процесс, такие как – неточность, информационная безопасность, нарушение интеллектуальной собственности и т.д. Учитывая эти недостатки, специалисты не доверяют нейронным сетям серьезные задачи, однако с их помощью можно облегчить работу с небольшими и рутинными задачами и ведением документации.

Список использованных источников:

1. Возможности нейронных сетей / М. М. Мамирзоджаев [и др.]. Ташкент: Ферганский филиал ТУИТ, 2020. 6 с.
2. Radford, A. Improving language understanding by generative pre-training [Электронный ресурс] / A. Radford, K. Narasimhan, T. Salimans, I. Sutskever. Режим доступа: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/openai-assets/research-covers/language-unsupervised/language_understanding_paper.pdf. Дата доступа: 20.01.2023.
3. Jurafsky, D. Speech and language processing / D. Jurafsky, J. H. Martin. 3rd ed. Pearson, 2020.
4. Russell, S. J. Artificial intelligence: a modern approach / S. J. Russell, P. Norvig. 4th ed. Pearson, 2020.
5. Генеративные модели в машинном обучении [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/748846/>. Дата доступа: 20.01.2023.
6. The state of AI in 2023: generative AI's breakout year [Электронный ресурс]. Режим доступа: [<https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>]. Дата доступа: 20.01.2023.
7. Illustrating Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://huggingface.co/blog/rlhf>. Дата доступа: 20.01.2023.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ САПР ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ

Нгуен Т.Ж.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Вышинский Н.В. – канд.техн.наук,
профессор, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. На основе анализа различных источников исследованы возможности различных видов систем автоматизированного проектирования в создании анимационных моделей механизмов. Рассмотрены основные аспекты выбора и применения систем автоматизированного проектирования для эффективного моделирования и визуализации работы механических систем.

Ключевые слова: САПР, моделирование, анимационная модель, SolidWorks, Inventor

Введение

В современной инженерной практике системы автоматизированного проектирования (САПР) занимают центральное место в создании инновационных механических решений. Эволюция этого программного обеспечения внесла революционные изменения в процессы проектирования, позволяя инженерам создавать сложные и точные модели [1]. Однако, с развитием запросов к визуализации и анимации механизмов, стало крайне актуальным изучение возможностей различных видов САПР в этом контексте.

Настоящая статья направлена на глубокий анализ и сравнение возможностей различных систем автоматизированного проектирования в контексте создания анимационных моделей механизмов. Рассматриваются ключевые аспекты, такие как функциональность, визуализация, удобство использования и интеграция с другими инструментами. Цель исследования – выделение оптимальных решений для создания динамичных и наглядных анимаций, обеспечивающих более глубокое понимание работы механических систем. Этот обзор является важным шагом в повышении эффективности инженерных процессов и улучшении возможностей визуализации в области проектирования механизмов.

Основная часть

Для создания анимационных моделей механизмов широко используются различные САПР, типичной среди них является SolidWork.

SolidWorks, одна из ведущих систем автоматизированного проектирования, предоставляет мощные инструменты для создания трехмерных моделей и анимаций механических систем. Исследование его возможностей в области анимаций механизмов представляет интерес для инженеров и дизайнеров, стремящихся визуализировать и анализировать динамику своих проектов.

SolidWorks предлагает богатый набор функций для анимации механизмов. От создания простых движений до сложных анимаций сборки и разборки, пользователи могут контролировать каждый аспект движения [2]. Пользователи могут легко задавать параметры движения, такие как вращение, перемещение и изменение формы, для создания желаемых анимаций. Интегрированный кинематический анализ обеспечивает точное моделирование перемещения компонентов. SolidWorks позволяет анимировать процессы сборки и разборки механических систем, что полезно для наглядного представления конструкции. Кроме того, возможность управлять временем в анимации позволяет синхронизировать движение компонентов, создавая реалистичные и динамичные сцены.

Программа поддерживает создание высококачественных анимаций с реалистичной визуализацией. SolidWorks предоставляет библиотеку материалов с реалистичными свойствами, такими как отражение света и прозрачность, что способствует созданию визуально точных анимаций. Освещение, материалы и текстуры способствуют созданию впечатляющих визуальных эффектов, что полезно при учебе, презентации проектов заказчикам или внутреннему использованию.

Хотя это мощный и функциональный инструмент, его очень легко использовать и обучать. SolidWorks славится своим интуитивно понятным интерфейсом, что упрощает процесс создания анимаций. Обширная документация, онлайн-ресурсы и обучающие материалы делают процесс освоения доступным для широкого круга пользователей. С SolidWorks легко интегрировать созданные анимации в другие проекты и обмениваться данными с коллегами, использующими различные программы для проектирования.

SolidWorks предоставляет многосторонние возможности для создания анимационных моделей механизмов, делая процесс проектирования более наглядным и понятным. Его функциональность, визуальные эффекты и удобство использования делают его мощным инструментом для инженеров, стремящихся к высококачественной визуализации и анализу механических систем.

Подобно Solidwork, Autodesk Inventor также является ведущей САПР, предоставляющей мощные возможности для создания анимированных моделей механизмов. Функциональность Autodesk Inventor в создании анимаций механизмов.

Движения и кинематика: Inventor предоставляет инструменты для моделирования кинематики, создания различных типов движений и определения ограничений, что позволяет точно моделировать динамику механизмов.

Траектории движения: Возможность задавать траектории движения объектов, что полезно при создании сложных анимаций с учетом предполагаемых траекторий.

Анимация сборки: Inventor поддерживает создание анимаций сборки, включая анимированную сборку и разборку механических систем.

Симуляция динамики: Использование встроенных инструментов симуляции для анализа динамического поведения механизмов, что обеспечивает дополнительную точность в создании анимаций.

Inventor позволяет добавлять реалистичные материалы и текстуры к моделям, повышая степень визуализации в создаваемых анимациях. Интегрированные средства управления освещением обеспечивают возможность создания эффектов света и тени, повышая реалистичность сцен. Возможности управления параметрами камеры, включая положение и ракурс, дают пользователям контроль над композицией визуализированных анимаций. Кроме того, Inventor также предоставляет возможность создавать высококачественные рендеры, что полезно для производства фотореалистичных изображений и анимаций систем (рисунок 2).

Inventor также прост в использовании и изучении. Разработчик программного обеспечения Autodesk предоставляет богатый ресурс обучающих материалов и документации, что облегчает процесс освоения анимаций в Autodesk Inventor.

По сравнению с Solidworks видно, что программное обеспечение Inventor имеет схожее качество с точки зрения функциональности, визуализации, реалистичности, а также удобства использования и обучения.

Помимо SolidWorks и Inventor, КОМПАС-3D также является мощным САПР для создания анимационных моделей механизмов. КОМПАС-3D разработан российской компанией АСКОН. Она предоставляет инструменты для создания 3D-моделей, включая анимационное моделирование механизмов.

В КОМПАС-3D анимационные модели механизмов представляют собой важный инструмент для визуализации и анализа работы механических систем. Она позволяет моделировать кинематику механических систем, определяя соединения между компонентами и параметры их движения. Пользователи могут создавать анимации движения, определяя изменения параметров механизма во времени. Это включает в себя вращения, перемещения и другие виды движения.

КОМПАС-3D позволяет устанавливать временные параметры для анимаций, что позволяет создавать динамичные и синхронизированные движения компонентов. Она также имеет возможность задавать траектории движения для отдельных компонентов механизма, что полезно при создании сложных анимаций [3].

КОМПАС-3D имеет инструменты визуализации, такие как отображение векторов скорости, углов, и других параметров, помогают в анализе работы механизма в процессе анимации. Возможность применять текстуры, материалы, анимированные эффекты и реалистичное освещение повышают качество и привлекательность создаваемых анимаций. КОМПАС-3D также позволяет интегрировать анимации с результатами симуляций, что улучшает точность визуализации динамического поведения механизма. Кроме того, имеется возможность интеграции созданных анимационных моделей с другими проектами и экспорт в различные форматы для обмена данными.

В целом, КОМПАС-3D предоставляет достаточно широкий набор инструментов для создания анимационных моделей механизмов, особенно в контексте механического проектирования. При выборе между SolidWorks, Autodesk Inventor и КОМПАС-3D для создания анимационных моделей механизмов следует учитывать несколько ключевых факторов.

Функциональность и кинематика: SolidWorks и Autodesk Inventor предоставляют широкий инструментарий для моделирования кинематики и создания анимаций, включая интегрированные средства анализа. КОМПАС-3D, хотя и обладает соответствующими функциями, может иметь некоторые отличия в подходе. Все три системы поддерживают создание анимаций сборки и разборки, но подходы к этому могут различаться. SolidWorks и Autodesk Inventor обычно известны своей интуитивностью в этом вопросе.

Визуализация и реалистичность: SolidWorks и Autodesk Inventor обеспечивают высококачественную визуализацию с широким спектром настроек. КОМПАС-3D также предоставляет инструменты для создания реалистичных анимаций, но возможностей может быть немного меньше.

Обучение и поддержка: SolidWorks и Autodesk Inventor имеют обширные обучающие ресурсы и активные сообщества пользователей, что облегчает процесс освоения и решение проблем. КОМПАС-3D также предоставляет поддержку, но ее объем может быть менее выраженным.

Выбор между SolidWorks, Autodesk Inventor и КОМПАС-3D зависит от конкретных потребностей проекта, предпочтений пользователя и доступности ресурсов обучения и поддержки. SolidWorks и Autodesk Inventor обычно предпочтительны для масштабных

проектов с высокими требованиями к функциональности и визуализации, в то время как КОМПАС-3D может быть привлекателен для менее сложных задач и в случае, если важны локальные рыночные факторы.

Заключение

Исследование возможностей САПР в контексте создания анимационных моделей механизмов выявило обширный набор инструментов и функциональности, предлагаемых такими популярными платформами, как SolidWorks, Autodesk Inventor и КОМПАС-3D.

SolidWorks произвел впечатление своими мощными инструментами для кинематического моделирования, анимации сборки и разборки, а также широким спектром возможностей визуализации. Его интуитивный интерфейс и обширное сообщество пользователей делают его предпочтительным выбором для инженеров, стремящихся к созданию сложных анимационных моделей.

Autodesk Inventor также предоставил мощные средства для кинематического моделирования и анимации сборки, а его интегрированные инструменты симуляции динамики добавляют дополнительные возможности для анализа механических систем. КОМПАС-3D выделяется своей функциональностью в рамках российской разработки, предоставляя инструменты для создания анимаций механизмов, в том числе анимации сборки и разборки. Возможность интеграции с результатами симуляций и поддержка от производителя делают его заметным инструментом в мире анимационного моделирования.

В зависимости от конкретных потребностей проекта и предпочтений пользователя, выбор между этими системами может быть основан на уровне функциональности, удобстве использования, качестве визуализации и поддержке сообщества. Каждая из рассмотренных САПР предоставляет уникальные возможности для создания анимационных моделей механизмов, и правильный выбор зависит от контекста и конкретных задач пользователя. С учетом постоянного развития технологий в области проектирования, следим за новыми возможностями, которые могут появиться в будущем.

Список использованных источников:

1. Система автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования.
2. Создание анимаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://help.solidworks.com/2024/russian/SolidWorks/motionstudies/c_Creating_Animations.htm.
3. Механика: Анимация [Электронный ресурс] : Инструкция по работе. – Режим доступа : https://kompas.ru/source/info_materials/user-manuals/rukovodstvo-polzovatelya-mekhanika-animaciya.pdf.

ТЕХНОЛОГИЯ OSTIS: ПРОСТЫМИ СЛОВАМИ О НОВОМ ПОКОЛЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Позняк А.В., Романчук И.М., Семченко Б.А., Титов А.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

*Зотов Н.В. – ассистент кафедры ИИТ,
стажёр мл. науч. сотрудника НИЛ 3.7*

Аннотация. Описываются принципы интеллектуальных систем нового поколения в простой и доступной форме, чтобы заинтересовать и привлечь более широкую аудиторию.

Ключевые слова: Технология OSTIS, ostis-система, база знаний, решатель задач, пользовательский интерфейс, Стандарт OSTIS, Библиотека OSTIS, Метасистема OSTIS, Экосистема OSTIS.

Введение

Разработка интеллектуальных систем в наше время становится всё более значимой. Одной из технологий, с помощью которой создаются интеллектуальные системы, является

Технология OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems) [1]. Научные публикации содержат подробную информацию о Технологии OSTIS, но из-за специализированной терминологии они могут быть достаточно сложными для понимания любым человеком. Цель данной работы – сформировать у читателя общее представление о Технологии OSTIS.

Основная часть

Технология OSTIS – это технология нового поколения, основанная на смысловом представлении и обработке информации (семантике). Главной целью Технологии OSTIS является приведение всех возможных знаний к единой форме представления (унификация), а также объединение (интеграция) всех программных систем и способов решения задач в виде глобальной Экосистемы OSTIS. Достижение этой цели способствует более эффективному решению задач, повышению качества разрабатываемых систем и уменьшению сроков их разработки [1,2].

OSTIS-системы

Интеллектуальные системы, разработанные по принципам Технологии OSTIS, принято называть ostis-системами. Любая ostis-система состоит из ostis-платформы и информации, с помощью которой она функционирует (решает задачи, общается с другими системами и т.д.). В ostis-платформе хранится и обрабатывается информация ostis-системы. Информация включает знания, умения и навыки этой системы.

В любой ostis-системе есть база знаний, решатель задач и пользовательский интерфейс. База знаний включает знания системы (факты, закономерности, законы и т.д.). Решатель задач – это навыки системы, то есть те знания, с помощью которых система решает существующие задачи и учиться решать новые задачи. Пользовательский интерфейс – это знания системы об окружающей её среде, то есть те знания, с помощью которых система адаптирует себя под внешний мир и общается с другими системами и пользователями. Вся информация в ostis-системе представляется на SC-коде (специальном смысловом языке, являющимся частью Технологии OSTIS) [1,2].

Экосистема OSTIS

Все ostis-системы и люди, которые их используют, объединяются в единую глобальную сеть – Экосистему OSTIS. В ней они способны обмениваться информацией между собой и коллективно решать сложные задачи. В этой Экосистеме OSTIS присутствует Метасистема OSTIS – это ostis-система, с помощью которой разрабатываются другие ostis-системы и которая может обучиться разрабатывать их. Метасистема OSTIS включает Стандарт OSTIS и Библиотеку OSTIS. Стандарт OSTIS – это общие принципы и правила разработки ostis-систем. Библиотека OSTIS – это совокупность постоянно пополняющихся методов решения задач (программ, алгоритмов, методик, моделей и т.д.), которые применяются при разработке любой ostis-системы [3].

Приложения Технологии OSTIS

На базе Метасистемы OSTIS можно разрабатывать прикладные программные системы любого информационного назначения: от поддержки мониторинга здоровья человека до поддержки обслуживания сотрудников конкретного производственного предприятия.

Так, например, сейчас активно ведётся разработка систем, таких как Персональный ассистент мониторинга здоровья человека, Интеллектуальный помощник в сфере образования, Персональный ассистент в области юриспруденции и другие. При помощи Метасистемы OSTIS уже разработаны интеллектуальные системы, такие как Интеллектуальная диалоговая система-путеводитель для лиц с ограниченными возможностями, Интеллектуальный гид по Республике Беларусь, информационно-справочные системы по геометрии, дискретной математике и вычислительной алгебре, Система информационного обслуживания сотрудников производственного предприятия "Савушкин" и другие [2].

Преимущества Технологии OSTIS

Любые знания и модели решения задач могут быть легко объединены (интегрированы) в любую ostis-систему без каких-либо дополнительных затрат. Систему всегда можно переобучить для решения другой задачи.

Компоненты ostis-систем являются совместимыми и многократно используемыми, что позволяет существенно уменьшить время разработки новых систем.

Разработка ostis-систем осуществляется независимо от разработки ostis-платформ, что позволяет эффективно адаптировать системы для различных устройств (в том числе ostis-платформ).

Благодаря подходу к обработке информации, используемому в Технологии OSTIS, ostis-системы ориентированы на параллельную (одновременную) обработку информации, что уменьшает время отклика систем на запросы пользователей.

Любая ostis-система обладает рефлексивностью (она может анализировать саму себя и свою деятельность, искать ошибки и оптимизировать собственную работу) [4].

Направления развития Технологии OSTIS

Разработка правил, принципов и средств разработки интеллектуальных систем (разработка Стандарта OSTIS, Метасистемы OSTIS, Библиотеки OSTIS, средств автоматизации разработки компонентов интеллектуальных систем и т.д.).

Разработка прикладных интеллектуальных систем, автоматизирующих различные сферы человеческой деятельности (разработка информационно-справочных систем, персональных ассистентов, систем автоматизации производства и т.д.).

Популяризация Технологии OSTIS (привлечение широкого круга специалистов из разных областей Информатики и Искусственного интеллекта, обучение новых специалистов, проведение открытых научных мероприятий, публикация научных работ, пособий, монографий с целью привлечения широкого круга людей и т.д.).

Разработка Экосистемы OSTIS как варианта реализации Общества 5.0 (разработка общества симбиоза людей и машин, эффективно взаимодействующих друг с другом, рынка для свободного обмена знаниями между специалистами из различных сфер человеческой деятельности, создание умных сообществ, городов, предприятий, домов и т.д.) [4].

Заключение

Данная работа рассчитана на то, что её читатели смогут сформировать базовое представление о Технологии OSTIS, её инструментах и приложениях, а также смогут использовать приобретённые знания на практике.

Данная работа будет полезна для широкого круга читателей: студентам и преподавателям технических специальностей университетов, специалистам в области Информатики и Искусственного интеллекта, а также специалистам, занимающимся междисциплинарными исследованиями.

Список использованных источников:

1. Голенков, В. В. Открытая технология онтологического проектирования, производства и эксплуатации семантически совместимых гибридных интеллектуальных компьютерных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич. – Минск : Бестпринт, 2021. – 690 с.
2. Технология комплексной поддержки жизненного цикла семантически совместимых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения / под общ. ред. В. В. Голенкова. – Минск : Бестпринт, 2023. – 1064 с.
3. Голенков, В. В. Открытый проект, направленный на создание технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2013) : материалы III Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 21-23 февраля 2013г.) / редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2013. – С. 55 – 78.
4. Голенков, В. В. Основные направления развития интеллектуальных компьютерных систем нового поколения и соответствующей им технологии / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич // Science and innovation. – 2023. – Vol. 3, № 2. – С. 267–280.

ПЕРЕХОД ОТ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ К ОБРАБОТКЕ ЗНАНИЙ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Зотов Н.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Голенков В.В. – д-р техн.наук, профессор,
профессор кафедры ИИТ

Аннотация. В статье обосновывается необходимость перехода от современных баз данных к базам знаний и моделям представления и обработки знаний для разработки интеллектуальных систем нового поколения. Обосновывается преимущество графовых моделей данных в плане выразительной силы, гибкости, производительности и семантического поиска над реляционными моделями. В работе сформулированы требования к технологиям для создания баз знаний и интеллектуальных систем на их основе.

Ключевые слова: представление данных и знаний, модель данных, база данных, графовая модель данных, графовая база данных, база знаний.

Введение

В настоящее время информационные системы подвергаются интенсивной интеллектуализации. В первую очередь, это вызвано повышением уровня сложности решаемых задач. Интеллектуализация информационных систем требует от технологий разработки программных систем учета слабоформализуемой, возможно не полностью определенной, нечеткой, темпоральной, пространственно-распределенной информации и, как следствие, получения структурированных, слабоструктурированных и неструктурированных данных [1, 2]. Увеличение числа интеллектуальных задач обработки больших объемов данных во всех сферах деятельности человека приводит к потребности создания универсальных средств хранения, представления и обработки сложноструктурированной информации.

Цель данной работы заключается в обосновании необходимости перехода от современных баз данных и принципов организации и обработки данных в них к базам знаний и моделям представления и обработки знаний, а также определению требований к технологиям для разработки интеллектуальных систем.

Основная часть

Хранилища данных, используемые в большинстве программных компьютерных систем, в настоящее время основаны на реляционной модели данных. Примерами таких систем являются: Платформа SMILA (SeMantic Information Logistic Architecture), Платформа Teradata (Teradata Aster Discovery Platform), реализующие реляционную, поколоночную и гибридную модели хранения записей в базе данных с массово-параллельной архитектурой и другие.

Необходимость решения высокоинтеллектуальных задач стимулирует переход от традиционных реляционных баз данных к их графовым аналогам. Это объясняется не столько эффективностью организации памяти и обработки данных в графовых базах данных, сколько важностью представления конфигураций связей (то есть смысла) между ними. Подробное изъяснение принципов организации графовых данных в базах данных можно найти в работе авторов популярной графовой СУБД Neo4j [3], Базы знаний DBpedia [4] и других.

Мотивация перехода от реляционных баз данных к графовым базам данных также объясняется преимуществами организации модели памяти и обработки данных в них [1-3, 5-8]:

Графовые модели данных имеют огромную выразительную силу. Графовые базы данных предлагают гибкую модель данных и способ их представления. Графы аддитивны, это обеспечивает гибкость добавления новых связей между данными, новые узлы и новые подграфы к уже существующей структуре графа, не нарушая ее целостности и связности.

Многообразие форм представления данных минимизируется за счет уменьшения количества синтаксических аспектов, учитываемых при хранении данных и использовании их

в базах данных, поскольку графовые модели данных позволяют записывать различные виды знаний одним и тем же способом.

Чтобы понимать смысл знаний, необходимо представлять эти знания в понятной форме для каждого: и для человека, и для системы. Говоря об унификации представления всех видов знаний, важным считается использование графовых баз данных не просто как средств для хранения структурированных данных, а для хранения семантически целостных и связанных между собой знаний.

Производительность обработки данных улучшается на один или более порядков при представлении данных в виде графов, что объясняется свойствами самого графа. В отличие от реляционных баз данных, где производительность запросов с увеличением интенсивности запросов ухудшается по мере увеличения набора данных, производительность графовой модели данных остается постоянной, даже когда набор данных растет. Это связано с тем, что обработка данных локализуется в некоторой части графа. В результате время выполнения каждого запроса равно пропорционально только размеру части графа, пройденной для удовлетворения этого запроса, а не размеру всего графа.

Графовые базы данных позволяют эффективно выполнять семантический поиск, то есть находить данные и информацию на основе связей между ними, что способствует улучшению качества и точности поисковых запросов, а также обеспечивает более глубокое понимание этих связей и зависимостей между данными.

Вообще говоря, современные базы данных сильно ограничивают развитие существующих систем и технологий их разработки. При помощи обычных баз данных невозможно интегрировать существующие системы и их компоненты, поскольку это порождает не только дублирование информации на стыках между системами, но и влечёт за собой высокую сложность сопровождения этих систем, что требует как высоких требований к их разработчикам, так и серьёзных ресурсов для решения таких задач [2, 6, 7, 8].

Для преодоления проблем, связанных с использованием баз данных, необходима разработка и внедрение:

- моделей и средств, ориентированных на унифицированное семантическое представление и обработку знаний;
- стандартов представления и согласования знаний в базах знаний;
- стандартов обработки и совместного использования знаний в базах знаний;
- баз знаний со стандартизированными принципами и правилами идентификации, спецификации и размещения знаний в них;
- баз знаний с единой унифицированной семантической основой, с помощью которой интеграция знаний сводится к "склеивке" знаний независимо от их вида и сложности;
- баз знаний, позволяющих описывать разные виды знаний независимо от программных и аппаратных средств, на которых реализованы данные базы знаний;
- баз знаний, позволяющих представлять и обрабатывать знания процедурного вида;
- моделей и средств для обработки знаний, позволяющих быстро и гибко внедрять новые модели решения задач;
- моделей и средств, позволяющих гибко создавать и расширять существующие компоненты интеллектуальных систем;
- моделей и средств для реализации согласованного и целенаправленного взаимодействия коллективов интеллектуальных систем;
- человеко-ориентированных моделей и средств визуализации знаний в базах знаний в понятной и доступной форме для любого человека;
- методов, методик и стандартов поддержки разработки баз знаний и моделей обработки знаний в них.

Другими словами, необходимо создание технологий, объединяющих все необходимые методы и средства для разработки семантически совместимых баз знаний и интеллектуальных систем, использующих их, а также методик и средств, позволяющих создавать с помощью этих технологий такие базы знаний.

Заключение

Переход от обработки данных к обработке информации является закономерным этапом развития информационных технологий, а также является ключевым этапом в развитии

технологий для разработки интеллектуальных систем нового поколения. Одной из технологий, позволяющих разрабатывать такие системы, является Технология OSTIS [9]. На базе Технологии OSTIS уже реализован прототип Платформы OSTIS [10], позволяющей создавать базы знаний со всеми выше перечисленными свойствами.

Список использованных источников:

1. Ryen, V. Building semantic knowledge graphs from (semi-) structured data: a review / Ryen V., Soylu A., Roman D. // Future Internet. – 2022. – Т. 14. – №. 5. – С. 129.
2. Barnaghi, P. From data to actionable knowledge: Big data challenges in the web of things [Guest Editors' Introduction] / Barnaghi P., Sheth A., Henson C. // IEEE Intelligent Systems. – 2013. – Т. 28. – №. 6. – С. 6-11.
3. Robinson, I. Graph databases / Robinson, I. – O'Reilly Media, Inc., 2015.
4. Lehmann, J. Dbpedia—a large-scale, multilingual knowledge base extracted from wikipedia / Lehmann J. et al. // Semantic web. – 2015. – Т. 6. – №. 2. – С. 167-195.
5. Han, J. Semantic networks for engineering design: state of the art and future directions / Han J. et al. // Journal of Mechanical Design. – 2022. – Т. 144. – №. 2. – С. 020802.
6. Kellogg, C. From data management to knowledge management / Kellogg C. // Computer. – 1986. – Т. 19. – №. 01. – С. 75-84.
7. Alavi, M. Knowledge management systems: issues, challenges, and benefits / Alavi M., Leidner D. // Communications of the Association for Information systems. – 1999. – Т. 1. – №. 1. – С. 7.
8. Yahya, M. I. Semantic web and knowledge graphs for industry 4.0 / Yahya M., Breslin J. G., Ali M. // Applied Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 11. – С. 5110.
9. Golenkov, V. Artificial intelligence standardization is a key challenge for the technologies of the future / Golenkov, V. et al. // International Conference on Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. – Cham : Springer International Publishing, 2020. – С. 1-21.
10. Zotov, N. Software platform for next-generation intelligent computer systems / N. Zotov // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2022) / БГУИР ; редкол.: В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 6. – С. 297–326.

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ

Крищенко В.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Захарьев В.А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В докладе рассмотрены преимущества применения биометрических технологий в современных медицинских системах. Биометрия, как наука идентификации людей по их уникальным физическим или поведенческим признакам, открывает новые возможности в медицинских системах, меняя методы управления данными пациентов, повышая безопасность и обеспечивая индивидуальный подход. Также приведены примеры применения и предложены новые пути развития данного направления.

Ключевые слова: идентификация, биометрия, мониторинг здоровья, диагностика, искусственный интеллект.

Введение

Современные технологии достигли значительного прогресса с применением биометрических технологий, основанных на использовании уникальных физических признаков человека для его идентификации и аутентификации. Биометрические системы прочно вошли во многие сферы нашей жизни от банков и транспорта до современных гаджетов, и медицинские системы не стали исключением. Удобство использования биометрии неизбежно ведет к росту ее популярности. Она предоставляет уникальную комбинацию безопасности и удобства, что делает ее одним из наиболее востребованных методов [1].

Можно привести следующие основные преимущества внедрения биометрических технологий в медицинские системы [2]:

1. Идентификация пациентов. Биометрические данные позволяют с высокой точностью идентифицировать пациента, что в свою очередь предотвращает возникновение ошибок при назначении лекарств, проведения процедур, ведении медицинских записей.

2. Безопасность доступа. Биометрические технологии обеспечивают безопасный доступ к электронным медицинским записям: предотвращают несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, такой как диагнозы, результаты анализов и история болезни.

3. Мониторинг здоровья. Некоторые биометрические данные, такие как пульс, температура тела, уровень кислорода в крови, давление могут использоваться для мониторинга состояния здоровья пациентов. Это позволяет своевременно выявлять изменения в организме и среагировать на них.

Благодаря развитию биометрических технологий, методов ИИ и ЦОС, например, появились такие мобильные приложения, которые позволяют выполнять распознавание патологических особенностей изменения голоса пациента и проводить удалённую диагностику на ранних этапах заболеваний с высокой степенью летальности, таких как БАС [3].

Основная часть

Современные технологии меняют нашу жизнь во многих ее отраслях, в том числе и здравоохранение. Появление биометрии привело к изменению модели работы медицинских систем, сделав их более эффективными, безопасными и персонализированными. Внедрение биометрические технологии в медицинских системах предоставляет ряд преимуществ.

Биометрические технологии, основанные на распознавании уникальных анатомических и физиологических особенностей пациента, такие как распознавание отпечатков пальцев, лица, голоса обеспечивают достаточно высокую точную его идентификацию. Исследования показывают, что эффективность биометрической системы идентификации пациентов в большинстве случаев превышает 80%. Внедрение таких технологий в медицинские системы позволяет сократить количество медицинских ошибок при постановке диагноза, назначении процедур и лекарств, а также при заполнении медицинской карты и истории болезни, повышая безопасность пациентов [1,2].

Также можно сказать, что биометрическая аутентификация стала новым золотым стандартом защиты конфиденциальной информации о пациентах. Внедрение биометрических технологий для управления цифровыми идентификационными данными позволяет медицинским учреждениям укрепить свои протоколы безопасности и защитить данные пациентов от злоумышленников. Это упрощает контроль доступа к электронным медицинским картам и другой конфиденциальной информации, обеспечивая просмотр и изменение данных пациента только уполномоченным персоналом [4].

Следующим преимуществом является оптимизация административной деятельности. Автоматизируя процессы и сокращая количество рутинных задач, биометрические технологии помогают медицинским учреждениям экономить время и ресурсы, повышая общую производительность. Процессы, такие как ручная проверка личности пациента, перекрестная проверка электронных медицинских карт, управление доступом к конфиденциальным данным и отслеживание посещаемости сотрудников, могут быть оптимизированы с помощью биометрической аутентификации. Это позволяет быстро и безопасно идентифицировать как пациентов, так и персонал, позволяя медицинским работникам сосредоточиться на обеспечении качественного ухода за пациентами [4,5].

Также в медицинских учреждениях важно поддерживать безопасную среду как для персонала, так и пациентов. Биометрические технологии обеспечивают надежный контроль доступа, позволяя только авторизованному персоналу получать доступ к зонам с ограниченным доступом, исследовательским лабораториям и специализированному медицинскому оборудованию, что повышает общую безопасность медицинских организаций и обеспечивает спокойствие пациентов [5].

Отдельно можно выделить повышение эффективности клинических испытаний и исследований. Клинические испытания являются неотъемлемой частью медицинской индустрии, помогая определить эффективность и безопасность новых методов лечения и

лекарств. Биометрические технологии обеспечивают точный и надежный сбор данных о пациентах, что позволяет автоматизировать процесс идентификации участников испытаний и улучшает результаты исследований [3,6].

Следующее преимущество – возможность удаленного мониторинга пациентов. Пандемия COVID-19 вывела его на новый уровень. Из-за большого наплыва пациентов, многие медицинские организации стали использовать дистанционное наблюдение как альтернативный вариант лечения. Благодаря биометрическим носимым устройствам и датчикам, медицинские работники могут отслеживать состояние здоровья пациентов дистанционно, что позволяет принимать обоснованные решения и предоставлять индивидуальную и своевременную помощь. Доступ к данным о состоянии здоровья в режиме реального времени расширяет доступ к медицинским услугам для пациентов [7].

Биометрическая аутентификация незаменима и в медицинских приложениях самообслуживания. Она позволяет поставщикам медицинских услуг точно идентифицировать пациентов и обеспечивать безопасность их биометрических данных, а пациентам – получать больше удобства и контроля над своей медицинской информацией. Применение биометрических датчиков в киосках регистрации в здравоохранении является примером использования этих технологий. Это позволяет быстрее и точнее идентифицировать пациентов, сокращая время ожидания. Пациенты могут безопасно управлять своими назначениями, лекарствами и медицинской информацией через порталы с биометрическими датчиками на своих персональных устройствах, что избавляет их от необходимости распечатывать документы и ждать административный персонал [7].

Отдельным преимуществом стоит выделить интеграцию биометрии с искусственным интеллектом. Использование искусственного интеллекта (ИИ) в медицинских системах включает в себя диагностику заболеваний, получение информации о состоянии здоровья населения и прогнозирование результатов лечения пациентов. Сочетание ИИ и биометрических технологий предлагают более интеллектуальные, безопасные и персонализированные решения для здравоохранения. ИИ используется для диагностики заболеваний, прогнозирования исходов лечения и получения информации о здоровье населения. Биометрия обеспечивает точную идентификацию пациента, гарантируя безопасный доступ к конфиденциальным записям пациентов. Алгоритмы ИИ, анализирующие электронные медицинские карты, могут предсказать потенциальные риски для здоровья или предложить персонализированные планы лечения, что повышает эффективность рекомендаций на основе ИИ. Вместе эти технологии могут привести к более точным диагнозам, улучшению результатов лечения и повышению эффективности управления здравоохранением [8].

Биометрические технологии играют важную роль в современных медицинских системах, обеспечивая безопасность, точность и эффективность, меняя жизни людей и оказывая значительное влияние на способы предоставления медицинских услуг. Ниже представлены некоторые реальные приложения и тематические исследования, которые демонстрируют, как биометрические технологии применяются в различных аспектах индустрии здравоохранения, от идентификации пациентов до контроля доступа.

Так, например, медицинские учреждения стремятся обеспечить индивидуальный и эффективный уход за пациентами. Внедрение процесса «Know Your Patient», включающего биометрическую аутентификацию, позволяет больницам и клиникам упростить регистрацию пациентов [1,2,3].

В свою очередь, Медицинский центр Geisinger в США успешно внедрил биометрическую систему идентификации пациентов, основанную на технологии распознавания лиц. Эта биометрическая система позволяет пациентам быстро и безопасно подтвердить свою личность, просто отсканировав свое лицо. Такая система гарантирует правильное сопоставление с картой пациента и значительно сокращает время их ожидания, сведя к минимуму риск ошибок идентификации.

Во время пандемии COVID-19 телемедицина и удаленный мониторинг стали особенно актуальными. Биометрические технологии сыграли важную роль в их развитии, обеспечивая безопасную аутентификацию при удаленных обращениях, используя биометрические носимые устройства для удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов. На ряду с самими устройствами была создана сфера Интернет медицинских вещей – это подключенная

инфраструктура медицинских устройств, программных приложений, систем и услуг здравоохранения [7,9].

Также медицинские учреждения все чаще используют биометрические системы контроля доступа для обеспечения безопасности доступа к важным зонам и оборудованию. Муниципальная больница имени Мартина Лютера Кинга-младшего в США внедрила биометрическую систему контроля доступа, основанную на технологии распознавания лиц, для защиты лабораторий и зон ограниченного доступа. Удостоверяя личность персонала, желающего получить доступ в эти зоны, учреждение может предотвратить несанкционированный доступ, защитить конфиденциальные данные и исследования, а также обеспечить безопасную среду для персонала и пациентов.

Биометрические системы учета рабочего времени и посещаемости используются в некоторых медицинских организациях и для оптимизации рабочих процессов и отслеживания рабочего времени сотрудников. Яркий пример тому пример штат Одиша (Индия), где все преподаватели, кураторы и старшие ординаторы в медицинских колледжах, а также врачи в государственных больницах обязаны отмечать свое присутствие на занятиях с помощью биометрической системы учета посещаемости с поддержкой Aadhaar (AEBAS), которая использует сканер отпечатков пальцев для точной аутентификации. Благодаря внедрению AEBAS и использованию отпечатков пальцев медицинские учреждения штата Одиша смогли упорядочить учет посещаемости, свести к минимуму расхождения во времени и повысить общую эффективность.

Примером голосового управления является комплекс из двух клиник Гайс энд Томас Фаундэйшн в Лондоне. Они называют себя пионерами в сфере роботизированной хирургии и приобрели известность благодаря успехам в роботизированных урологических операциях. Также эта клиника первой начала использовать бесконтактную технологию, которая позволяет врачам руководить процессом с помощью голоса (выводить данные на монитор). Врачу больше не надо ходить по операционной, а значит, минимизируется риск для стерильной среды.

Биометрические технологии уже оказывают значительное влияние на отрасль здравоохранения, обеспечивая безопасность пациентов, оптимизируя процессы и улучшая качество обслуживания. Достижения в области биометрических технологий, продолжают влиять на развитие медицинских систем, образуя новые перспективные направления развития.

Первое направление развития – это использование блокчейна в биометрии для повышения безопасности данных. Интеграция технологии блокчейн с биометрической аутентификацией может сделать более безопасный и децентрализованный способ хранения и управления конфиденциальными медицинскими данными. Блокчейн может обеспечить надежное и неизменяемое хранение биометрических данных, в то время как биометрическая технология может предложить уникальный и неподдельный способ идентификации пациентов. Такое сочетание поможет защитить конфиденциальность пациентов и обеспечить целостность данных. Возможности применения такой технологии: управление электронными медицинскими картами, удаленный мониторинг пациентов, автоматизация процессов и, в частности, поставка лекарств [10].

Второе направление – умные больницы. Концепция "умных больниц", использующих технологии для улучшения состояния пациентов и оптимизации операций, станет заметно эффективнее от интеграции биометрическими технологиями. Биометрия может использоваться для идентификации пациентов, контроля доступа и даже для интеллектуального распределения по палатам, создавая более эффективную и ориентированную на пациента среду [11].

Третье направление – это синергия биометрии и ИИ. Синергия биометрии и ИИ открывает новые возможности в области идентификации и авторизации пациентов. Биометрические системы на основе ИИ представляют собой инновационный подход. Он комбинирует принципы биометрии для точной идентификации и возможности ИИ для анализа и прогнозирования, создавая более эффективные и безопасные системы, более интеллектуальные и персонализированные решения в области здравоохранения [12].

Четвертым направлением является психическое здоровье и эмоциональное благополучие. Биометрические технологии играют важную роль в области психического здоровья и эмоционального благополучия. Они могут использоваться для мониторинга

физиологических показателей, которые коррелируют с эмоциональным состоянием человека. Например, изменения в сердечном ритме, кровяном давлении, температуре тела и других биометрических показателях указывают на эмоциональное состояние человека. Эти данные могут быть использованы для создания персонализированных программ поддержки психического здоровья. Также стоит отметить, что психическое здоровье – это состояние психического благополучия, которое позволяет людям справляться со стрессовыми ситуациями в жизни, реализовывать свой потенциал, успешно учиться и работать. Новые исследования показывают, что биометрические данные, такие как выражение лица, частота сердечных сокращений и голос, могут быть использованы для мониторинга психического здоровья и эмоционального состояния. По мере развития этой области – биометрия будет использоваться для раннего обнаружения и лечения психических расстройств.

Последнее, пятое, направление развития – это интеграция нескольких биометрических модальностей. По мере развития биометрических технологий можно предположить, что в медицинские системы будут внедряться мультимодальные биометрические системы, которые сочетают в себе несколько биометрических модальностей, таких как отпечатки пальцев, лицо, радужная оболочка глаза и даже распознавание голоса. Это обеспечит более высокий уровень безопасности, точности и удобства как для пациентов, так и для медицинских работников.

Заключение

В заключение следует отметить, что биометрия – это действительно переломный момент в сфере здравоохранения. Её внедрение в медицинские системы меняет подходы к идентификации пациентов, безопасности данных, телемедицине и многим другим. Биометрические технологии – это не только инструмент для обеспечения безопасности, но и средство для создания более эффективной и персонализированной медицинской помощи. Они открывают новые возможности и делают медицинские системы более доступными и удобными для всех.

Однако, наряду с биометрическими технологиями также стремительно развиваются такие отрасли медицины как трансплантология и пластическая хирургия. Успешные пересадки кожи рук, лица, изменение формы костей черепа, рельефа лица и обсуждение возможности пересадки глаз на медицинских конференциях – все это говорит о том, что биометрическим технологиям в медицинских системах есть место для развития.

Во всяком случае, по мере расширения использования биометрических данных в медицинских системах важно учитывать этические аспекты и разрабатывать соответствующую нормативную базу. Баланс между преимуществами передовых технологий и вопросами конфиденциальности, безопасности и этики будет иметь решающее значение для создания устойчивого и ответственного будущего биометрии в медицинских системах [3,13].

Список использованных источников:

1. Карцан И.Н. Биометрические данные: новые возможности и риски// Современные инновации, системы и технологии.– 2023.– Т.3.– №.3.– С.0201-0211.
2. Клипко Е.П. Биометрическая идентификация человека// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.– 2015.– №.109.– С.770-780.
3. Вашкевич М.И. Определение патологии голосового аппарата на основе анализа модуляционного спектра речи в критических полосах // Труды СПИИРАН. – 2020. – Т.19, №2. – С. 249–276.
4. Chen H. Computer-Aided Secure Access and Management of Wireless Medical Devices using Internet of Things and Biometric Technology// Computer-Aided Design & Applications. 21(S9), 2024, 82-103.
5. Owusu-Oware E., Effah J. Biometric system for protecting information and improving service delivery: The case of a developing country's social security and pension organization // Information Development.– 2024.– Т.40.– №.1.– С.61-74.
6. Boessen, R., Heerspink, H.J.L., De Zeeuw, D. et al. Improving clinical trial efficiency by biomarker-guided patient selection. *Trials* 15, 103 (2014).

7. Барановская С. В. и др. Медицинский центр удаленного мониторинга пациентов с COVID-19 как ключевой элемент снижения нагрузки на службу скорой медицинской помощи в период пандемии// Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.– 2024.– Т.38.– №.4.– С.280-289.
8. Литвин А. А. и др. Новые возможности искусственного интеллекта в медицине: описательный обзор//Проблемы здоровья и экологии.– 2024.– Т.21.– №.1.– С.7-17.
9. Sadique M. A. et al. Engineered two-dimensional nanomaterials based diagnostics integrated with internet of medical things (IoMT) for COVID-19 //Chemical Society Reviews. – 2024.
10. Кузнецова В. П., Вардомацкая Л. П., Тропинова Е. А. Блокчейн в здравоохранении //Экономика и управление. – 2018. – №. 7 (153). – С. 16-20.
11. Kaldoudi E. Smart hospital: The future of healthcare //Computational and Structural Biotechnology Journal. – 2024. – Т. 24. – С. 87.
12. Byeon H. et al. Artificial intelligence-Enabled deep learning model for multimodal biometric fusion// Multimedia Tools and Applications. – 2024. – С. 1-24.
13. Терещенко И. А. Биометрические персональные данные: проблемы и перспективы определения понятия//Закон и право. – 2024. – №. 2. – С. 186-192.

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В УСТРОЙСТВАХ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Бульбенков С.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

*Журавлёв В.И. – канд.техн.наук,
заведующий кафедрой ТОЭ БГУИР*

Аннотация. Рассмотрены принципы построения термоэлектрических моделей электронных компонентов силовых преобразователей. Проведенное моделирование показывает возможность быстрой оценки тепловых потерь при проектировании устройств силовой электроники.

Ключевые слова: тепловые потери, термоэлектрическое моделирование, силовая электроника.

Введение

Оценка тепловых потерь в устройствах силовой электроники и преобразовательной техники имеет важное значение для обеспечения их надежной работы и подбора подходящего охлаждения. В настоящее время, в связи с миниатюризацией электронных компонентов, увеличением частот функционирования устройств, возросшим требованиям по энергосбережению следует учитывать не только потери в активных компонентах (диоды, транзисторы, тиристоры), но и пассивных (конденсаторы, катушки индуктивности, трансформаторы и т.п.). В большинстве случаев эти потери приводят к выделению тепла в электронных компонентах и ухудшению их рабочих характеристик. В данной работе рассматривается оценка тепловых потерь путем использования термоэлектрических моделей соответствующих компонентов при динамическом моделировании ключевых схем силовой электроники в программной среде PLECS.

Основная часть

Термоэлектрическую модель электронного компонента можно представить из нескольких составляющих: электрической, тепловой и модели потерь (рисунок 1).



Рисунок 1 – Термоэлектрическая модель

Электрическая модель описывает связь токов и напряжений на элементах. Тепловая модель описывает связь нагрева элементов и выделяемую тепловую мощность в элементах. Модель потерь описывает связь между электрической и тепловой моделью, т.е. связь токов и напряжений и температуры, и тепловой мощности.

Тепловые модели чаще всего представляются двумя способами: с помощью тепловых цепей или численными описаниями. Численные модели, например, использующих метод конечных элементов, имеют более высокую точность, но они более сложны для описания и их расчет занимает большее количество времени [1]. Тепловые цепи, например, в виде схем Кауэра или Фостера, наоборот, имеют пониженную точность, но их расчет занимает мало времени и данные для их расчета приводятся в технической документации электронных компонентов [2]. Поскольку целью работы является оценка тепловых потерь, не требующая высокой точности, в качестве тепловых моделей использовалось описание с помощью тепловых цепей.

Тепловые потери в активных компонентах состоят из потерь проводимости и потерь при переключении. Оба вида потерь задаются с помощью наглядных графиков, встроенных в PLECS, данные для которых берутся из технической документации (рисунок 2).

Потери в конденсаторах связаны с сопротивлением материала обкладок и выводов конденсатора и контактов между его выводами и обкладками, а также потерями в диэлектрике. Потери в конденсаторах оцениваются как потери на резисторе равном эквивалентному последовательному сопротивлению (ESR) (рисунок 3) [3].

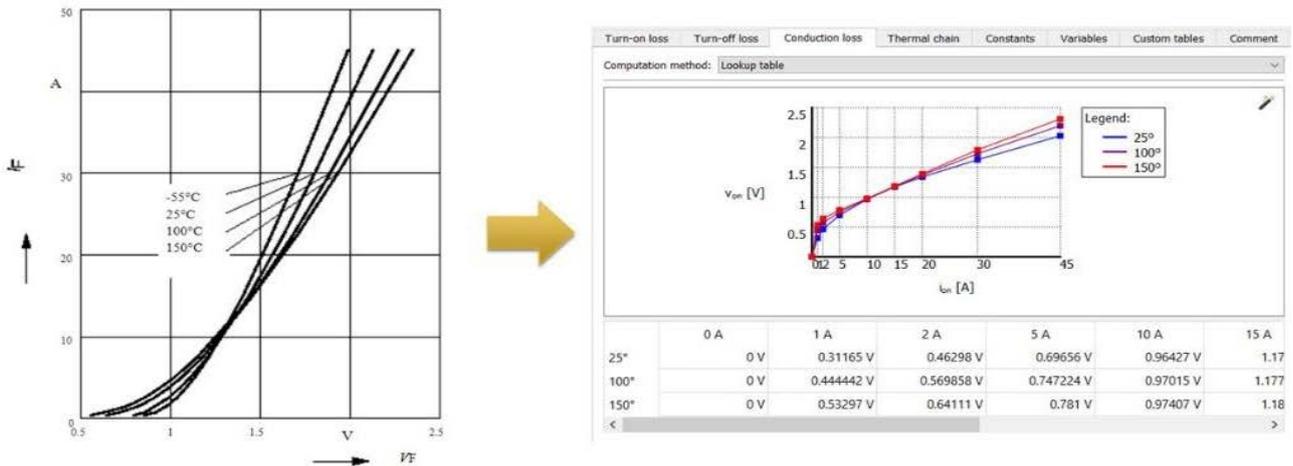


Рисунок 2 – Вольт-амперная характеристика диода для расчета потерь проводимости

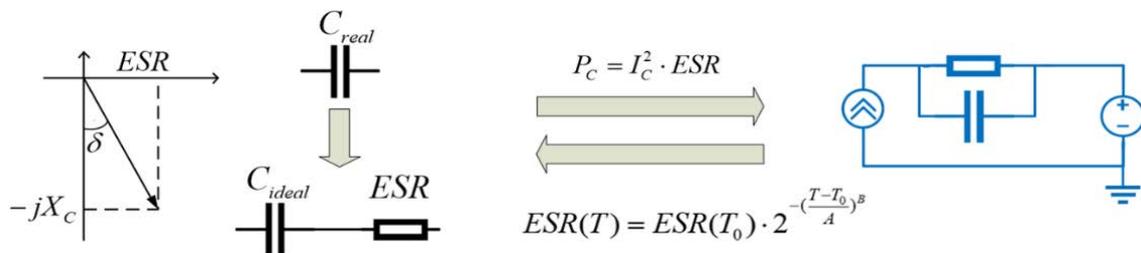


Рисунок 3 – Термоэлектрическая модель конденсатора

Учитываемые потери в индуктивных компонентах состоят из потерь в обмотке и потерь в сердечнике. Потери в обмотке состоят из омических потерь и потерь, возникающих при протекании токов Фуко (рисунок 4) [4].

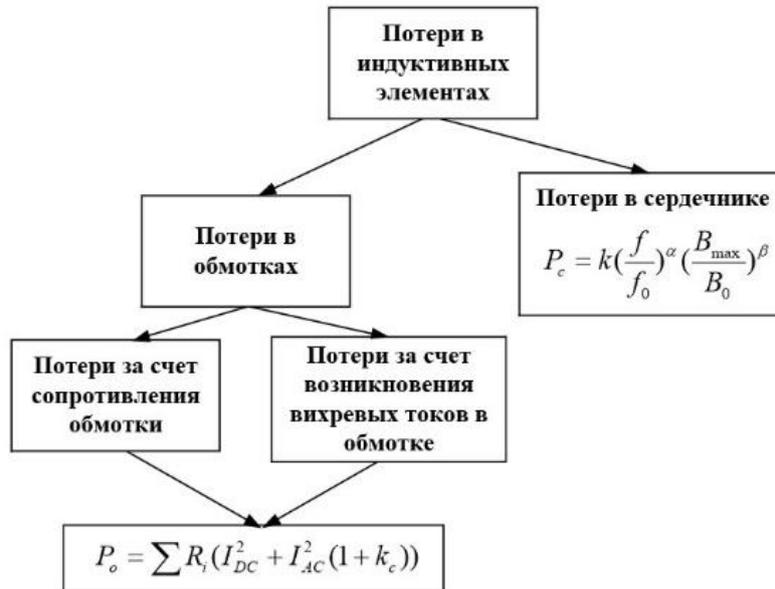


Рисунок 4 – Потери в индуктивных элементах

Подготовленные термоэлектрические модели использовались в типовой схеме повышающего DC-DC преобразователя (рисунок 5) в программной среде PLECS. В результате получены значения суммарных потерь входящих в общую модель схемы компонентов с учётом статических и динамических составляющих.

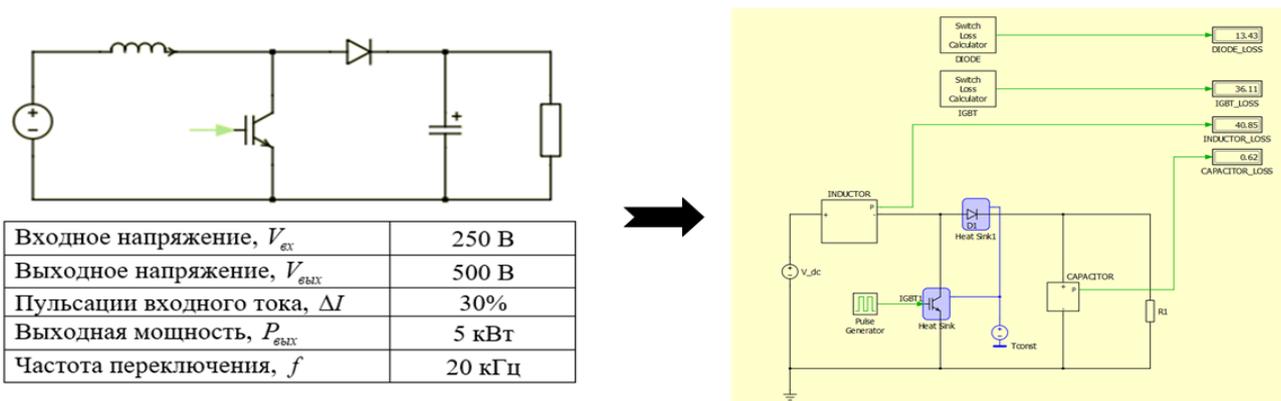


Рисунок 5 – Преобразование исходной схемы в схему для моделирования тепловых потерь

Заключение

Проведенное моделирование на основе термоэлектрических моделей активных и пассивных типовых электронных компонентов позволяет быстро оценить тепловые потери схемы в целом. Это позволяет учитывать рассеиваемую тепловую мощность при разработке устройств силовой электроники и для дальнейшего моделирования тепловых полей на уровне конструкций.

Список использованных источников:

1. Быков, Л.В. Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики / Л.В. Быков, А.М. Молчанов, Д.С. Янышев – Либроком, 2018. – 170 с.
2. Bojić, L. Dobre, M. Purcar and A. Avram, Comprehensive temperature characterization of a thermal system using distributed RC networks // 10th IEEE International Conference on Modern Power Systems (MPS), Cluj-Napoca Romania, 2023. – 4 p.
3. EDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.edn.com/determining-end-of-life-esr-and-lifetime-calculations-for-electrolytic-capacitors-at-higher-temperatures/>. – Дата доступа: 15.04.2024.
4. Valchev, V.C., & Van den Bossche, A.. Inductors and Transformers for Power Electronics. – 2005, CRC Press. – 478 p.

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТИПОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ КОРРЕКТНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Маркова А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Кузнецов А.П. – д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры СУ

Аннотация. BI-аналитика – это решения класса СППР, или систем помощи принятия решения. Её основная задача – дать пользователю информацию таким образом, чтобы сократить его время, затрачиваемое на анализ и принятие управленческого решения. Поэтому возникают проблемы выбора типов визуализации для корректного отображения информационных ресурсов и прозрачности отражения информации.

Ключевые слова: BI-аналитика, СППР, визуализация данных, восприятие данных, пользовательский интерфейс.

Введение

Квинтессенция BI-аналитики – сократить время на принятие решения и повысить их качество. А цель стандартизации – обеспечить руководству легкость понимания отчёта каждого подразделения. Когда есть требования относительно общей цветовой схемы, структуры отчётов и категорий, даже беглого взгляда на графики и схемы достаточно, чтобы сразу понять суть отчета.

Выбор типа визуализаций

BI-аналитика включает множество средств визуализации – графики, линейные и круговые диаграммы, диаграммы с накоплением, комбинированные диаграммы, водопадные и воронкообразные диаграммы, датчики, спидометры, точечные и пузырьковые диаграммы и многое другое. Выбор типа визуализации зависит от: цели представления информации, аудитории и визуального восприятия. Неудачные решения в выборе типа визуализации могут приводить к ошибочным оценкам представляемых результатов. Поэтому перед созданием отчета важно определить, какие данные нужно визуализировать и с какой целью: сравнить разные показатели, показать распределение данных, показать структуру чего-либо с помощью данных, проследить взаимосвязь между показателями. При некорректном выборе варианта визуализации (3d Piechart) нарушается восприятие соотношения секторов, и пользователь воспринимает значения как меньшие, но на самом деле они больше в абсолютном выражении. С помощью цвета и расположения элементов в инфографике можно расставить акценты так, чтобы данные были поданы нужным способом, например, без акцента на недостаточно хороших показателях. Поэтому в BI-аналитике визуализация стандартизирована и имеет привычное обозначение: если мы видим в диаграмме высокий столбец, то не глядя на цифры понимаем, что это самый большой показатель.

Алгоритм выбора необходимых типов визуализации представлен на рисунке 1.

Визуальные элементы представляют собой пакеты с кодом для отображения данных, предназначенных для этих элементов. Существует возможность создать пользовательский визуальный элемент и упаковать его в один файл, который можно импортировать в отчет.

Выбор цветовой палитры

Индикация показателей в любом аналитическом дашборде всегда одинакова, стандартный вариант – «светофор», это традиционная цветовая палитра. Однако индикация меняется, когда BI становится средством принятия операционных и стратегических решений. Чаще такая ситуация возникает у компаний, осуществляющих цифровую трансформацию, чьи сотрудники вовлечены в процесс диджитализации. Представьте бизнес, в котором более 100 тысяч человек. У каждого свой KPI, который тщательно отслеживается. Показатели каждого сотрудника можно посмотреть на отдельном дашборде. Именно поэтому компании не ограничиваются индикацией «светофор» и используют другие цвета, близкие к природной палитре, которые всё равно не мешают сходу воспринимать информацию и даже вызывают положительные эмоции. Построение визуализации – это вершина пирамиды. Наиболее

ресурсоёмких её этап – работа с данными: сбор данных из источников, их «очистка», необходимость правильно «сложить» для хранения, проверка версионности. Эти задачи не зависят от платформы, однако дают возможность понять, насколько сложно придётся с построением отчетов и визуализацией. Для этого как раз привлекают внешнего консультанта, чтобы он определил, будет ли достаточно выгрузок из систем-источников и можно ли не задаваться вопросами хранилища.

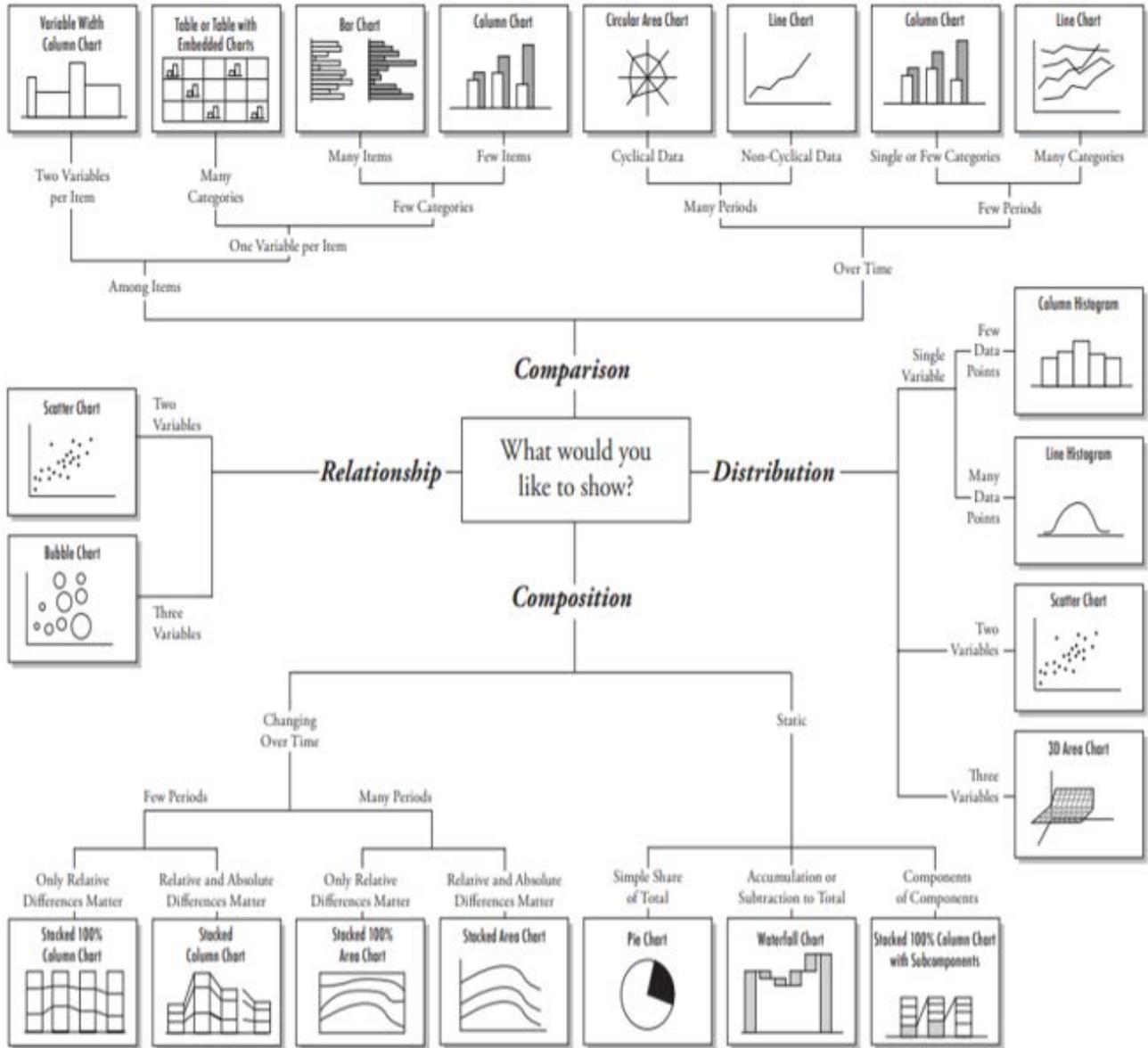


Рисунок 1 – Типы визуализаций в BI-аналитике

Проблемы визуализации больших данных

Простая презентация целого ряда данных может создать полный беспорядок на экране, и мы увидим только одно большое пятно, состоящее из точек, представляющих каждую строку данных. Эта проблема связана с тем, что большинство объектов в наборе данных, слишком связаны друг с другом, и на экране наблюдатель не может разделить их в виде отдельных объектов. Так, иногда, анализируя сложно получить даже немного полезной информации от всей визуализации данных без какой-либо дополнительной обработки информации. Следует отметить, что в понятие визуальный шум не входит любое повреждение или искажение данных, его следует рассматривать как явление потери видимости.

Графический анализ не ограничивается только статической визуализацией изображения, а использует и динамическую визуализацию. Здесь может появиться еще одна

проблема, не заметная при статической визуализации. При наличии определенной скорости визуализации появляются требования и к производительности процесса. Процесс анализа определенных данных может занимать много времени при непрерывном увеличении вычислительных ресурсов для фильтрации все большего и большего количества данных. Еще одна проблема связана с высокой скоростью изменения изображения. Она становится наиболее значимой в процессе мониторинга, когда человек, наблюдающий данные просто не может реагировать на скорость изменения данных или их интенсивности на дисплее. Снижение скорости меняющихся данных не может обеспечить желаемую эффективность процесса, но скорость реакции человека накладывает определенные ограничения на этот процесс.

Заключение

Существует определенный уровень восприятия человеческим мозгом различных визуальных данных. Несмотря на то, что этот уровень для графической визуализации данных значительно выше, по сравнению с визуализацией данных таблицы, он имеет свои ограничения. И после перехода этого уровня восприятия, человек просто теряет способность приобретать любую дополнительную информацию из перегруженных визуальных данных. Все методы визуализации ограничены разрешением технического устройства, которое отвечает за вывод этих данных. Конечно, мы можем заменить устройства на более современные или на группу устройств для частичной визуализации данных, что позволит нам представить более подробное изображение с большим количеством точек данных, но даже если бы мы могли повторить этот процесс бесконечное число раз, мы встретились бы с ограничением восприятия человека. С ростом объема данных, показанных одновременно, человек сталкивается с трудностями в понимании и анализе этих данных. Таким образом, можно сказать, что методы визуализации данных ограничены не только соотношением и разрешением устройств, но и физическими пределами восприятия.

Список использованных источников:

1. Агабейли А.Ф. Проблемы визуализации больших данных. -- 2016.
2. Ralf Kimball, Margy Ross. The Data Warehouse. 2-Edition. N.Y.: John Wiley, 2002.
3. Ильяшенко, О. Ю. Роль BI-систем в совершенствовании процессов обработки и анализа бизнес информации/ И.~В.~Ильин// Наука и бизнес: пути развития – 2017. – с. 124--131.
4. Андерсон, К. Аналитическая культура. От сбора данных до бизнес-результатов. / М.: Манн, Иванов и Фербер// – 2017. – с. 336.

ЭЛЕКТРОННО-МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ВАНАДИЙ-ГРАФЕНОВЫХ НАНОЧАСТИЦ С КОМПЛЕКСОМ ПРОИЗВОДНОЙ ИНДОЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Карпилова Е.С.¹, Радюк Д.В.²

¹ *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

² *Белорусский государственный университет,
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе представлен негидролитический метод формирования сферических ванадий-графеновых наночастиц с комплексом производной индолуксусной кислоты со структурой «ядро-оболочка» посредством акустического эмульгирования с частотой ультразвука 20 кГц. Установлено, что синтезированные наночастицы имеют средний диаметр ядра (201,17±6,77) нм с тонким слоем покрытия (14,71±4,52) нм. Электронно-молекулярная структура наночастиц опосредована π-π* переходом пиридиновой [V₂O₃(pydip)₂] системы с биядерными комплексами индолуксусной кислоты и внутримолекулярным переходом [V(H₂O)₆]³⁺(eg)²=³A_{2g}, который связан с положительным эффектом Коттона.

Ключевые слова: ванадий, графен, наночастицы, катализ.

Введение

Наноматериалы на основе ванадия находят широкое применение в микро- и наноэлектронике в качестве электродов для суперконденсаторов благодаря различным степеням окисления, уникальной послойной структуре, высокой плотности энергии и низкой стоимости [1]. Однако стабильность действия ванадиевых наноматериалов уменьшается в циклах заряда/разряда. В наномедицине и катализе особый интерес представляют оксиды ванадия V_2O_3 благодаря их незначительной генотоксичности и высокой активности в реакциях эволюции водорода и кислорода. Для повышения стабильности действия и улучшения гидрофильности V_2O_3 модифицируют с кислородсодержащим графеном (кГ), при этом увеличивается активная площадь поверхности, биосовместимость и амфифильность конечного наноматериала « V_2O_3 -кГ» [2]. До настоящего времени потенциал ванадий-графеновых наноматериалов определен не в полной мере из-за ограничений, обусловленных меняющейся электронно-молекулярной структурой оксидов ванадия. Следовательно, активно разрабатываются методы синтеза и модифицирования оксидов ванадия при контакте с кГ и органическими комплексами. В связи с этим, сейчас проводятся теоретические расчеты электронно-молекулярной структуры ванадий-графеновых наноматериалов для определения условий рационального дизайна конечного продукта и улучшенного понимания основ высокопроизводительных устройств. Однако, мало получено экспериментальных данных о свойствах такой структуры, чтобы их сравнить с теоретическими результатами.

Таким образом, целью нашей работы является разработка экспериментального метода синтеза ванадий-графеновых наночастиц с органическим комплексом производной индолуксусной кислоты (ИУК) и определение их электронно-молекулярной структуры. Выбор органического вещества – производной ИУК – обусловлен его антиоксидантной и противораковой активностью, что в комплексе с ванадий-графеновой платформой позволит увеличить электронную плотность конечного продукта, и следовательно улучшить каталитическую активность и стабильность.

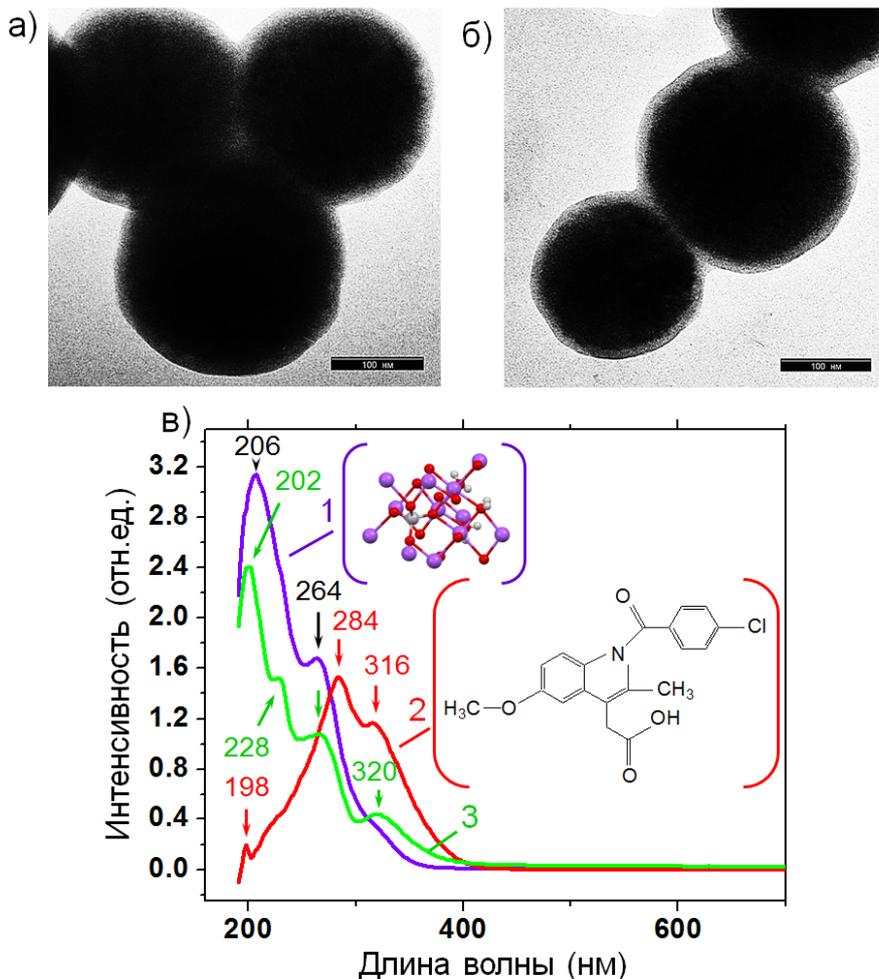
Результаты

В работе разработан метод формирования платформы на основе ортованадата натрия и кГ в водной фазе среды под действием ультразвука (20 кГц) с образованием комплекса производной ИУК. В основу метода заложен принцип акустического эмульгирования двухфазной смеси «растворитель-антирастворитель», в составе которой гетерогенные жидкости различаются по своей полярности, плотности и вязкости. В качестве «растворителя» применили жидкофазную систему, состоящую из исходной производной ИУК, растворенной в абсолютном этаноле, а «антирастворителя» – водную среду, содержащую кГ и ортованадат натрия. Ванадий-графеновую платформу синтезировали при ультразвуковом воздействии на водную смесь кГ и ортованадата при интенсивности ультразвука 24,54 Вт/см² в атмосфере воздуха в течение 15 мин при объемном соотношении прекурсоров 1:1.

Анализ снимков, полученных с помощью просвечивающей электронной микроскопии, позволил определить сферическую форму как ванадий-графеновой платформы, так и наночастиц на ее основе с комплексом ИУК и подтвердить структуру «ядро-оболочка» (рисунок 1а,б). Установлено, что средний размер платформы составляет (251,75±7,63) нм (рисунок 1а), а диаметр наночастиц уменьшается до (201,17±6,77) нм с тонким слоем покрытия (14,71±4,52) нм (рисунок 1б).

Электронно-молекулярная структура синтезированных наночастиц была определена с помощью метода молекулярной абсорбционной спектроскопии в сравнении с ортованадатом и исходной производной ИУК (рис. 1в). Установлено, что пик на 206 нм (6,02 эВ) в спектре водного раствора ортованадата натрия можно отнести к π - π^* переходу пиридиновой $[V_2O_3(\text{pyrid})_2]$ системы с биядерными комплексами [3]. Пик на 264 нм (4,70 эВ) можно отнести к π - π^* внутрелигандному переходу $[V(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}(\text{eg})^2=^3A_{2g}$, который связан с положительным эффектом Коттона. Установлено, что d^2 конфигурация в комплексах трехвалентного ванадия(III) становится более сложной благодаря межэлектронному отталкиванию. В идеальном случае, при условии O_h симметрии в $[V(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ основное состояние определяется электронным переходом $(t_{2g})^2=^3T_{1g}$. Следовательно, разрешенные электронные переходы в возбужденных состояниях будут только триплет-триплетные $(t_{2g})^1(\text{eg})^1=^3T_{1g}$ и $^3T_{2g}$, и $(\text{eg})^2=^3A_{2g}$. Таким образом, в $[V(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ будут разрешены три электронных перехода на 580 нм, 391 нм и 263 нм (17200 см^{-1} , 25600 см^{-1} и 38000 см^{-1}). Молекулярные абсорбционные спектры

ванадиевых V(III) комплексов более низкой симметрии являются значительно менее точными, что затрудняет их анализ для определения структуры ванадиевого соединения.



а – ПЭМ снимок ванадий-графеновой платформы (шкала 100 нм);
 б – ПЭМ снимок ванадий-графеновых наночастиц с комплексом ИУК;
 в – оптические абсорбционные спектры водных коллоидных растворов

Рисунок 1 – Снимки просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) наноматериалов и оптические абсорбционные спектры водных растворов ортованадата натрия (5 ммоль/л, 1), исходной производной индолуксусной кислоты $C_{19}H_{16}ClNO_4$ (25 ммоль/л в этаноле 81 масс.%, 2) и ванадий-графеновых наночастиц с комплексом производной индолуксусной кислоты (1 мг/мл, 3)

На абсорбционном спектре исходной ИУК выявлены пики на 198 нм (6,26 эВ), 284 нм (4,37 эВ) и 316 нм (3,92 эВ). Первый пик может быть обусловлен межмолекулярным переносом электрона между С-N индольного кольца и С-О бензоильной группы в результате светопоглощения [4]. Предположительно, появление второго пика на 284 нм обусловлено электронным переходом в O_2^+ и третьего пика на 316 нм в О-Н. Установлено, что абсорбционные спектры исходной ИУК зависят от весового соотношения фракции этанола к воде. В частности, в абсолютном этаноле в абсорбционных спектрах ИУК появляется сильный пик на 230 нм с плечом в области 260-290 нм вместе со слабым пиком на 320 нм. Увеличение весовой фракции воды в этанольной смеси не приводит к значительному изменению длинноволнового пика на 320 нм, но меняет интенсивность двух других полос поглощения. В результате, интенсивность полосы поглощения в области 260-290 нм увеличивается, а на 230 нм уменьшается. При таких условиях при дальнейшем увеличении фракции воды до 70 масс.% появляется сильно выраженный пик на 280 нм, что обусловлено преобразованием ИУК из флуоресцентного комплекса в нефлуоресцентный и наоборот, поскольку оба типа соединения находятся в основном состоянии. В связи с этим, вода играет ключевую роль в самосборке молекул этанола, способствуя формированию кластеров при

условии уменьшения ее весовой фракции. Таким образом, самосборка кластеров молекул этанола увеличивается при увеличении весовой фракции воды и достигает максимума при 50 масс.%-60 масс.%. Дальнейшее увеличение весовой фракции воды приводит к уменьшению кластеров этанола и усилению формирования сети водородной связи. Обнаружено, что ИУК образует флуоресцентный комплекс с кластерами этанола и нефлуоресцентный комплекс с кластерами водородной связи. Важно отметить, что при условиях максимальной самосборки кластеров этанола вязкость жидкофазной водно-этанольной смеси увеличивается в результате уменьшения скорости молекулярного обмена, что обусловлено ограниченной динамикой растворителя. В отличие от этанола, величина вязкости водных кластеров с водородной связью гораздо меньше при избытке воды, поскольку такие кластеры легко взаимодействуют между собой.

Выявлено, что ванадий-графеновые наночастицы с комплексом ИУК поглощают на 202 нм (6,14 эВ), 228 нм (5,44 эВ), 264 нм (4,70 эВ) и 320 нм (3,88 эВ) (рис. 1в, спектр 3). Положение первого пика находится между пиком ИУК (198 нм) и ортованадата (206 нм), что указывает на образование ванадиевого комплекса с органическим лигандом. Появление нового пика на 228 нм опосредовано абсорбцией в C=C связи с $\pi \rightarrow \pi^*$ переходом в частично восстановленной структуре кГ [5]. Абсорбционный пик $\pi \rightarrow \pi^*$ внутрелигандного перехода $[V(H_2O)_6]^{3+}(eg)^2 = {}^3A_2$ остается без сдвига в наночастицах, а пик от ИУК появляется с батохромным сдвигом на 320 нм, что указывает на комплексообразование лиганд с переносом заряда в пероксогруппах ванадия. В частности, в комплексах пероксидованадия(V) одна из абсорбционных полос имеет пик на 325 нм, что опосредовано L→M переходом от пероксо к ванадию. В нашем случае наблюдается сдвиг этой полосы благодаря образованию связи с лигандами ИУК.

Заключение

Представленный метод акустического эмульгирования позволяет сформировать ванадий-графеновые наносферы с комплексом производной ИУК со структурой «ядро-оболочка». Электронно-молекулярная структура синтезированных наночастиц опосредована $\pi \rightarrow \pi^*$ переходом пиридиновой $[V_2O_3(pyrid)_2]$ системы с биядерными комплексами ИУК и внутрелигандным переходом, который связан с положительным эффектом Коттона.

Благодарности

Научно-исследовательская работа проводилась в рамках гранта развития «Ученый-2022» № Ф22У-007 Белорусского Республиканского Фонда Фундаментальных Исследований и ГПНИ «Фотоника и электроника для инноваций» на 2021-2025 гг., подпрограмма «Фотоника и ее применения» (ГБЦ 21-3067).

Список использованных источников:

1. Qin, H. Recent advances in vanadium-based nanomaterials and their composites for supercapacitors / H. Qin, S. Liang, L. Chen, Y. Li, Z. Luo, S. Chen // Sustainable Energy Fuels. – 2020. – Vol 4. – № 10. – P. 4902–4933.
2. Hu, P. Vanadium oxide: phase diagrams, structures, synthesis, and applications / P. Hu, P. Hu, T.D. Vu, M. Li, S. Wang, Y. Ke, X. Zeng, L. Mai, Y. Long // Chem. Rev. – 2023. – Vol 8. – № 123. – P. 4353–4415.
3. Nitsche, S. Controlling nuclearity and stereochemistry in vanadyl(V) and mixed valent VIV/VV complexes of oxido-pincer pyridine-2,6-dimethanol ligands / S. Nitsche, S. Schmitz, K. Stirnat, A. Sandleben, A. Klein // Z. Anorg. Allg. Chem. – 2018. – Vol 644. – № 24. – P. 1805–1815.
4. Pearse, R.W.B. The identification of molecular spectra / R.W.B. Pearse, A.G. Gaydon – London: Springer Dordrecht, 1976. – 407 p.
5. Eda, G. Blue photoluminescence from chemically derived graphene oxide / G. Eda, Y.-Y. Lin, C. Mattevi, H. Yamaguchi, H.-A. Chen, I.-S. Chen, C.-W. Chen, M. Chhowalla / Adv. Mater. – 2010. – Vol 22. – № 4. – P. 505–509.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРИБЛИЖЕНИЯ К НАМАГНИЧЕННОСТИ НАСЫЩЕНИЯ МАССИВА НАНОЧАСТИЦ CoO/Co НА ГРАФЕНЕ

Назаренко Е.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе представлены результаты расчетов закономерностей приближения к намагниченности насыщения массива наночастиц CoO/Co, синтезированных методом электрохимического осаждения на графене, нанесенным на медную подложку. Расчет основан на использовании интегрального представления для двумерных магнитных систем, описывающего экспериментальные зависимости петель гистерезиса. Получены зависимости закономерностей приближения к намагниченности насыщения при температуре 4 К и 25 К массива наночастиц CoO/Co на графене от соотношения поля обмена к напряженности внешнего магнитного поля при различных значениях поля обмена. Показано, что эти зависимости являются немонотонными при росте напряженности магнитного поля с наличием максимума в области, где квадратный корень соотношений поля обмена и напряженности внешнего поля равен 1.0-1.5.

Ключевые слова: графен, массив, наночастицы оксид кобальта/кобальт, поле обмена, поле анизотропии, преобразование Мейера.

Системы ферромагнитных наночастиц на поверхности графена вызывают большой исследовательский интерес в таких областях как углеродная спинтроника, сенсоры. Подобные композиционные структуры синтезируются методами электрохимического осаждения на графене, осажденном или перенесенном на металлические подложки, в частности медные [1].

Для интерпретации результатов магнитных измерений таких магнитных композитов обычно применяется модель случайной анизотропии (RAM), но она ограничивается однозначным выбором корреляционной функции, характеризующей случайную анизотропию, только одного типа, а также соотношениями между напряженностью внешнего магнитного поля H и полем обмена H_{ex} [2]. Указанные недостатки отсутствуют в методе, развитом в работе [3], который описывает закон приближения к намагниченности насыщения (LAS) в интегральной форме и позволяет находить корреляционные функции для осей случайной магнитной анизотропии непосредственно из функций-образов, определяющих этот закон. Также данный подход свободен от ограничивающих RAM соотношений между внешним полем и полем обмена.

Для исследования закона приближения к намагниченности насыщения предполагаем, что рассматриваемая система CoO/Co/графен является двумерной и описывается интегральным выражением, полученным Е. М. Чудновским в работе [3] для намагниченности

$$M(H) = M_S \left[1 - \frac{(H_a / H_{ex})^2}{32(H / H_{ex})^{1/2}} 4\pi \int_0^\infty z^2 C(z) K_1[(H / H_{ex})^{1/2} z] dz \right], \quad (1)$$

где M_S – намагниченность насыщения, H_a – поле случайной магнитной анизотропии, H_{ex} – поле обмена, $C(z)$ – корреляционная функция, определяющая корреляцию осей случайной анизотропии наночастиц в массиве, K_1 – модифицированная функция Бесселя второго рода первого порядка.

Обозначая $p=(H/H_{ex})^{1/2}$, и преобразуя выражение для намагниченности (1), получим зависимость $\delta M/M_S$ в виде преобразования Мейера (K- transform) [4]

$$\frac{\delta M(H)}{M_S} = \left[\left(\frac{H_a}{H_{ex}} \right)^2 \frac{4\pi}{32p^{3/2}} \int_0^\infty z^{3/2} C(z) \sqrt{pz} K_1(pz) dz \right], \quad (2)$$

где $\delta M(p)=M_S-M(H)$.

Преобразуя (2), получаем функцию-образ $F(p)$, с помощью которой, используя экспериментальные данные, можно найти корреляционную функцию осей случайной анизотропии $C(z)$. Для этого представим (2) в следующем виде

$$F(p) = \frac{32p^{3/2}}{4\pi} \left(\frac{H_{ex}}{H_a}\right)^2 \frac{\delta M(p)}{M_S} = \int_0^\infty z^{\frac{3}{2}} C(z) \sqrt{pz} K_1(pz) dz, \quad (3)$$

Из интегрального уравнения (3) следует, что корреляционная функция однозначно определяется функцией образом $F(p)$ и должна меняться при ее изменении.

Как показали проведенные расчеты, получаемые из экспериментальных данных функции-образы характеризуются немонотонными зависимостями от параметра p с наличием максимума.

На рисунке 1 приведены результаты расчетов функций-образов $F_1(p)$ и $F_2(p)$ при температуре 4 К и 25 К с использованием полученных экспериментальных данных по измерению петель гистерезиса исследуемых массивов наночастиц CoO/Co на графене. Их функциональный вид зависит от значения поля H_{ex} , а соотношение (H_a/H_{ex}) на его не влияет, а только масштабирует функцию образ. Как можно видеть при температуре 4 К функция образ при $H_{ex} = 0,8$ кЭ характеризуется максимумом при $p=1$. С ростом до $H_{ex} = 1,8$ кЭ максимум сдвигается до $p=1,5$ и меняется функциональный вид $F(p)$. Это ведет к изменению параметров корреляционной функции, что говорит о том, что ее вид зависит от величины поля обмена.

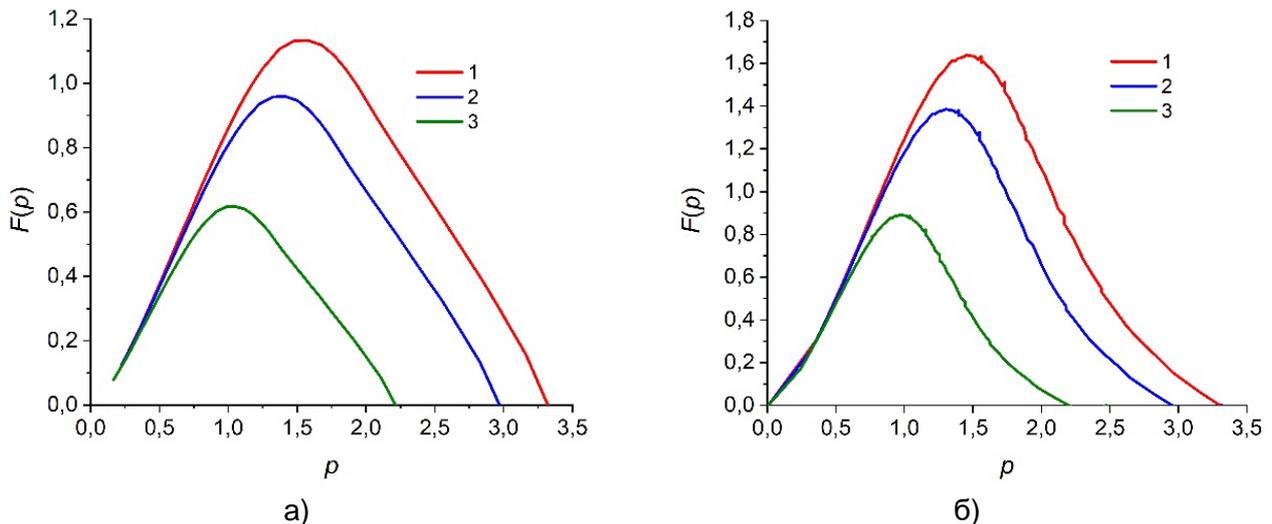


Рисунок 1 – Функции-образы $F_1(p)$ (а) при $T=4$ К и $F_2(p)$ (б) при $T=25$ К. $H_{ex}= 0,8$ кЭ (кривая 1), $H_{ex}=1,0$ кЭ (кривая 2), $H_{ex}=1,8$ кЭ (кривая 3).

Можно сделать вывод о том, что спадающие участки $F_1(p)$, характеризующие именно LAS, являются практически линейными. Это говорит об особенностях соотношений между полем обмена и полем анизотропии, связанных с наличием дополнительных вкладов в случайную анизотропию, возможно, когерентного или наведенного типа.

Полученные результаты отличаются от функций-образов для композита наночастицы CoO/Co на медной подложке, полученных в работе [5] при $T=4$ К, которые имеют вогнутость при $p > p_{max}$, что приводит к слабо затухающим осциллирующим корреляционным функциям $C(z)$.

Особенностью функций $F(p)$ для массива CoO/Co на графене является отсутствие вогнутости части кривой при $p > p_{max}$, соответствующей закону приближения к намагнитченности насыщения. Это говорит о существенном отличии корреляционных функций осей случайной анизотропии для массивов CoO/Co на медной подложке с графеном и без него. Данный тип функций-образов возможно ведет к корреляционным функциям осей случайной анизотропии ступенчатого или экстремального вида.

Полученные функции $F_2(p)$ при $T= 25$ К отличаются функциональным видом от $F_1(p)$ при тех же значениях поля обмена, что говорит о том, что корреляционные функции также будут отличаться в случае изменения температуры. Функции-образы $F_2(p)$ имеют характерную

вогнутость в области LAS при $p > p_{max}$. Их функциональный вид ближе к подобным функциям-образам для массива CoO/Co на меди [5]. Это говорит о том, что в данном случае при $T=25$ К случайная анизотропия будет характеризоваться колебательными корреляционными функциями.

Таким образом, проведенные расчеты функций-образов, характеризующих закономерности приближения к намагниченности насыщения массива наночастиц CoO/Co на графене, показали что при температуре 4 и 25 К они характеризуются немонотонным поведением с наличием максимума в области параметра $p=1.0-1.5$, а также наличием практически линейной зависимости в области LAS для $T=4$ К и вогнутости для $T=25$ К, что свидетельствует о модификации вклада случайной анизотропии, связанного с присутствием различных механизмов магнитной анизотропии в данной системе.

Список использованных источников:

1. Bayev, V. G. The effect of quasi-free graphene layer on the electrical transport properties of sandwich-like graphene / Co nanoparticles / graphene structure / Bayev, V. [et al.] // Applied Surface Science – 2022- 579 152119 (1-13).
2. Bayev, V. G. CVD graphene sheets electrochemically decorated with “core-shell” Co/CoO nanoparticles / Bayev, V. G. [et al.] // Appl. Surf. Sci. 440. – 2018. – p.1252-1260.
3. Alben, R. Random anisotropy in amorphous ferromagnets / R. Alben, J.J. Becker, M.C. Chi J. / Appl. Phys. 49. – 1978. – p.1653-1658.
4. Chudnovsky, Eugene M. The magnetism of amorphous metals and alloys / Fernandez-Baca, J. A. and Ching, W.-Y. // World Scientific, Singapore. – 1995. – Ch. 3. – p.143-175.
5. Erdelyi. Tables of Integral Transforms / Erdelyi. A. – vol. 2. – McGraw-Hill Book Co., New York. – 1954.
6. A.L. Danilyuk. Low-temperature magnetic ordering in Co core/CoO shell nanoparticles on the copper surface / A.L. Danilyuk [et al.] // Current Applied Physics. – 2023. – Vol. 56 – p.79-84.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИРКОНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ АНОДИРОВАНИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ГИДРОФИЛЬНЫХ И КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СВОЙСТВ

*Дударенко В.Н., Иванюта С.М., Лазарук С.К., Мазуро В.В.,
Симоненко Д.А., Стешиц Н.Н., Томашевич Л.П., Ярмольчик А.А.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Установлены режимы электрохимического анодирования циркония, позволяющие формировать пленки как барьерного (беспористого), так и пористого типа. В пористых пленках минимальные размеры структурных элементов достигают 50 нм. Полученные структуры могут быть использованы как в электронных устройствах, так и в биомедицине.

Ключевые слова: цирконий, оксид циркония, наноструктуры, анодирование.

Металл цирконий относится к переходным металлам, которые широко используются при изготовлении устройств интегральной электроники [1-5]. Также, будучи инертным материалом по отношению к биологическим жидкостям, цирконий широко используется в качестве имплантов для биомедицинских применений [6].

В работе представлены результаты исследования процесса формирования наноструктурированных пленок оксида циркония электрохимическим анодированием в различных электролитах и их электрофизических свойств.

Циркониевая фольга, толщиной 30 мкм, использовалась в качестве исходного материала. Электролиты на основе водных растворов лимонной кислоты и хлористого натрия использовались в проводимых исследованиях.

Формирование пленок оксида циркония осуществлялось на установке, схема которой показана на рисунке 1.

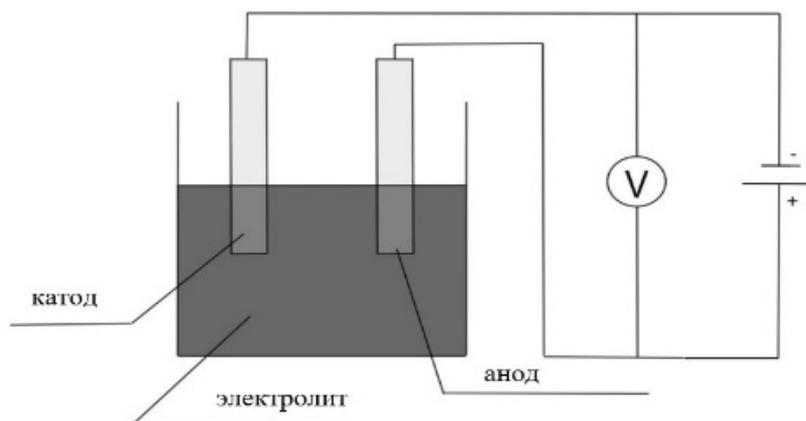


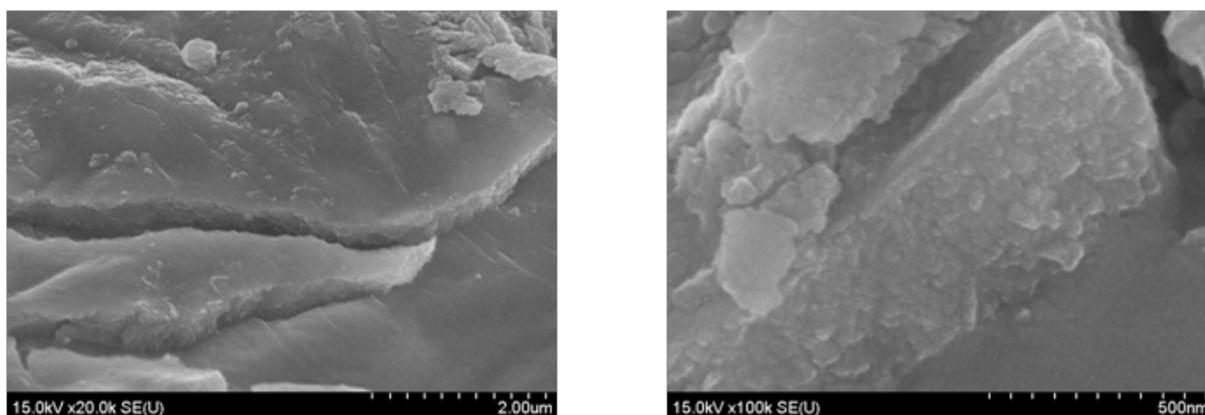
Рисунок 1 – Схема установки для проведения экспериментов

Электрохимическое анодное окисление циркония проводилось при плотностях анодного тока от 1 до 200 мА/см². Время анодного процесса составляло от 10 до 20 минут.

Морфологию формируемых пленок исследовали при помощи растровой электронной микроскопии. Элементный состав формируемых пленок исследовался при помощи рентгеноспектрального анализа.

В результате проведенных исследований было установлено, что если при анодировании циркония в водных растворах лимонной кислоты формируется пленка оксида циркония барьерного (беспористого) типа, то в водных растворах хлористого натрия формируется наноструктурированная пористая пленка.

На рисунке 2 представлены РЭМ изображения пленок оксида циркония, полученные электрохимическим анодированием в 1% водном растворе лимонной кислоты. Как видно из рисунка, пленка имеет структуру барьерного (беспористого) типа, толщиной 400–500 нм.



а

б

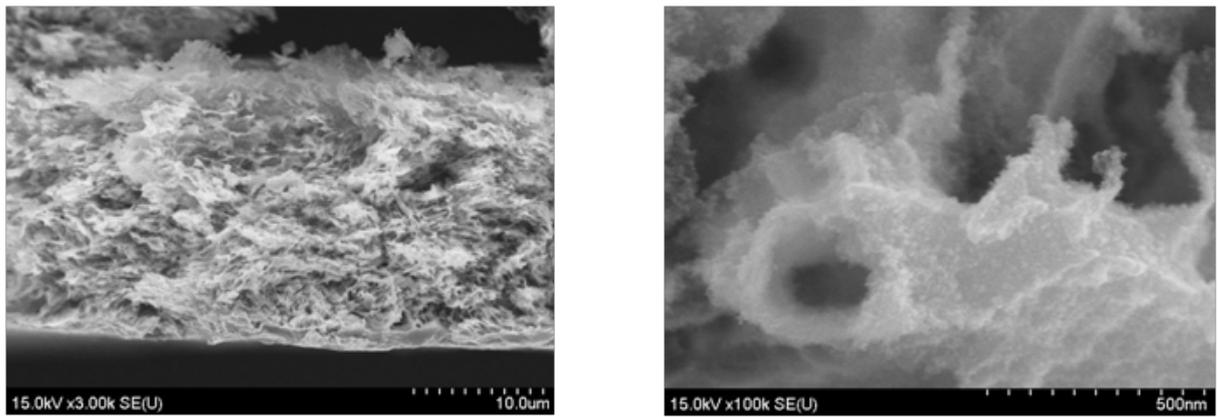
а – увеличение 20 000 крат; б – увеличение 100 000 крат

Рисунок 2 – РЭМ изображения плотной оксидной пленки оксида циркония, полученной в 1% водном растворе лимонной кислоты

При максимальном увеличении (рис. 2б) РЭМ изображения видно, что оксидная пленка состоит из зерен, размером 20–50 нм.

На рисунке 3 представлены РЭМ изображения пленок оксида циркония, полученных электрохимическим анодированием в 1% водном растворе хлорида натрия. Толщина пленок составила 20–25 мкм (рис. 3а). Структура пористого оксида имеет кораллообразную структуру. РЭМ изображения высокого разрешения показали, что минимальный размер оксидного «скелета» составляет 50 нм.

На рисунке 4 представлены результаты рентгеноспектрального анализа пленок, сформированных электрохимическим анодированием циркония в 1% водном растворе хлорида натрия. Как видно на рисунке, сформированная пленка состоит из оксида циркония нестехиометрического состава с примесными атомами углерода.



а б

а – увеличение 3 000 крат; б – увеличение 100 000 крат

Рисунок 3 – Пористые пленки оксида циркония, полученные электрохимическим анодированием в 1% водном растворе хлорида натрия

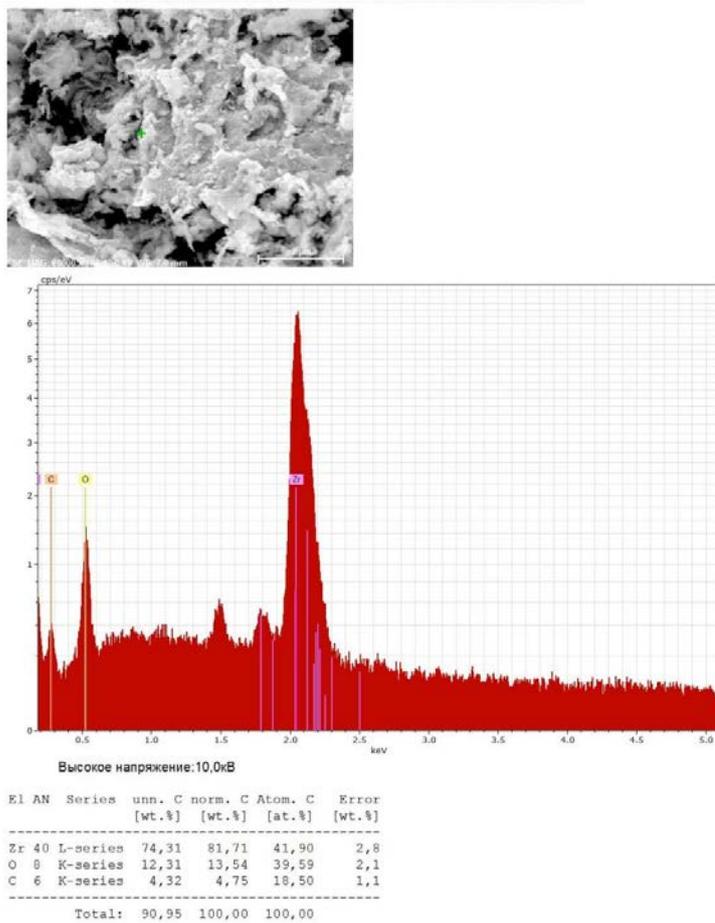


Рисунок 4 - Элементный анализ полученной пленки

Исследование электродного потенциала на циркониевой поверхности после процесса анодирования показало наличие отрицательного электростатического заряда. Следует отметить, что для достижения электродного потенциала в диапазоне от -0,2 до -0,3 В процесс электрохимического анодирования циркония в водном растворе хлорида натрия необходимо проводить не менее 5 минут.

Угол смачиваемости пористого оксида циркония при контакте с водой составлял 30-40°, что соответствует термину «гидрофильная поверхность». Таким образом, электрофизические свойства пористого оксида циркония перспективны для его использования в качестве покрытий имплантов, обеспечивающих тромборезистивный эффект [6].

В заключении следует отметить, что электрохимическое анодирование циркония в водных растворах хлорида натрия позволяет получать пленки пористого оксида циркония с кораллообразной структурой с минимальными размерами до 50 нм. Пленки оксида циркония с развитой внутренней поверхностью открывают новые возможности использования исследуемого материала как в электронных изделиях, так и в биомедицинских применениях.

Список использованных источников:

1. Lazarouk, S. K. Efficiency of Avalanche Light-Emitting Diodes Based on Porous Silicon / S. K. Lazarouk, A. A. Leshok, V. A. Labunov, V. E. Borisenko // Semiconductors. – 2005. – Vol. 39 (1). – P. 136-138.
2. Jaguiro, P. Porous silicon avalanche LEDs and their applications in optoelectronics and information displays / P. Jaguiro, P. Katsuba, S. Lazarouk, A. Smirnov // Acta Physica Polonica A. – 2007. – Vol. 112. – No. 5. – P. 1031-1036.
3. Lazarouk, S. K. Nanoporous oxides of refractory metals: fabrication and properties / S. K. Lazarouk, D. A. Sasinovich, V. E. Borisenko // Physica Status Solidi C. – 2008. – Vol. 5. – No. 12. – P. 3690-3693.
4. Lazarouk, S. K. Porous and pillar structures formed by anodization for vertical alignment of nematic liquid crystal / S. K. Lazarouk, A. A. Muravski, D. A. Sasinovich, V. E. Chigrinov, H. S. Kwok // Japanese Journal of Applied Physics. – 2007. – Vol. 46 (10R)- P. 6889.
5. Lazarouk, S. K. Anodic nanoporous titania for electro-optical devices / S. K. Lazarouk, Z. Xie, V. E. Chigrinov, H. S. Kwok // Japanese Journal of Applied Physics. – 2007.- Vol. 46 (7R). – P. 4390.
6. Багаев, С. И. Биоактивные покрытия на основе оксидов титана и тантала для титановых имплантатов / С. И. Багаев, И. П. Смягликов, С. К. Лазарук, О. В. Купреева // ФТИ НАН Беларуси – 2021. – Кн. 1. – С. 250-263.

ВОЛЬТ-ФАРАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПЛЕНОК g-C₃N₄

Фам В. Т.¹, Максимов С. Е.¹, Нгуен Тай Динх², Trong Ha Nguyen³, Dinh Tuyen Nguyen³

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

² Академия ПВО ВВС, Ханой, Вьетнам

³ Университет Ле Куи Дон, Ханой, Вьетнам

Аннотация. Изготовлены и исследованы экспериментальные пленочные МДП-структуры с диэлектриком, состоящим из слоев SiO₂ и g-C₃N₄. Измеренные на них вольт-фарадные характеристики и вычисленные по ним диэлектрические проницаемости этих материалов указывают на существенную роль зарядовых эффектов в g-C₃N₄.

Ключевые слова: g-C₃N₄, пленка, C-V характеристика, диэлектрическая проницаемость.

Введение

Графитоподобный нитрид углерода (g-C₃N₄) – полупроводниковый материал с широкой запрещенной зоной (~2,7 эВ), высокой химической стабильностью и низкой электропроводностью, что делает перспективным кандидатом для диэлектрических применений, включая изоляторы и управляющие затворы, управление тонкопленочными транзисторами [1,2]. Исследование его диэлектрических свойств имеет важное значение при разработке электронных и оптоэлектронных приборов. Это становится все более важным, если принять во внимание тенденцию к повышению производительности и универсальности устройств, когда понимание диэлектрических свойств необходимо для оптимизации конструкции и повышения производительности работы. Диэлектрическая проницаемость влияет на то, как устройства сохраняют и удаляют заряд, а также определяет порог утечки тока в полупроводниковых устройствах на его основе.

Проведенное нами экспериментальное исследование относится не только к вольт-фарадным (C-V) характеристикам и диэлектрической проницаемости g-C₃N₄, когда его пленки используются самостоятельно, но и когда он сочетается с пленками из диоксида кремния (SiO₂), который является распространенным диэлектрическим материалом в

полупроводниковых технологиях и широко используется в качестве изолирующего слоя в полупроводниковых приборах и в затворах МОП-транзисторов.

Методика проведения эксперимента

Конструкция экспериментальных пленочных структур показана на рис. 1. При их формировании в качестве подложек использованы пластины кремния p -типа проводимости с удельным сопротивлением 10 Ом.см.



Рисунок 1 - Структура контрольного (а) и экспериментального (б) образцов

На контрольном образце в качестве диэлектрика был слой термически выращенного SiO₂ толщиной 290 нм, а на экспериментальном образце пленочная структура g-C₃N₄/SiO₂ с аналогичной толщиной SiO₂. Пленку g-C₃N₄ формировали методом скоростного химического осаждения [3] при температуре 575 °С в течение 5 мин. Его толщина составляла 300 нм. Пленочные алюминиевые электроды толщиной порядка 100 нм наносили методом магнетронного распыления, используя контактную маску с квадратными окнами размером 1x1 мм. Расстояние между окнами составляло 12 мм.

Используя измеритель импеданса Е7-25, регистрировали С-V характеристики контрольной и экспериментальной структур при комнатной температуре в диапазоне напряжений от -10 до +10 В, а также частотную зависимость их емкости в диапазоне от 100 Гц до 1 МГц.

Результат измерений

На рис.2 приведены С-V характеристики, снятые на контрольной структуре, в которой присутствовал только один диэлектрик – SiO₂, и на экспериментальной структуре с двухслойным материалом g-C₃N₄/SiO₂ между токоподводящими электродами.

Вид С-V характеристики контрольной структуры является типичным для МОП-структур на кремнии [4]. При положительном напряжении на Al электроде, контактирующем с SiO₂, емкость остается практически неизменной во всем исследованном диапазоне приложенных внешних напряжений. При смене полярности приложенного напряжения имеет место резкое снижение емкости в интервале от нуля до -5 В, после которого значения емкости остаются неизменными.

Отмеченные особенности С-V характеристики контрольной структуры объясняются дрейфом положительных ионов в окисле и/или перераспределением подвижных носителей заряда [5]. На границе Si/SiO₂ ионы, как правило, закреплены из-за высокой разупорядоченности окисла, а ионы, находящиеся на границе металл/окисел, могут быть подвижными. Кроме этого, эффективный заряд на границе Si/SiO₂, влияющий на измеряемую емкость, может изменяться и вследствие туннельной инжекции свободных носителей из полупроводника на медленные ловушки на этой границе. Такой механизм становится преобладающим при отрицательных напряжениях смещения, приводя к уменьшению общей регистрируемой емкости структуры.

Отличительными особенностями С-V характеристики экспериментальной структуры являются более низкие значения регистрируемой емкости и расширенная область монотонного изменения емкости в зависимости от приложенного напряжения. В данном случае она симметрична относительно нуля и простирается от -5 В до +5 В, что можно связать с зарядовыми эффектами, принесенными g-C₃N₄.

Контрольная структура
Al/SiO₂/Si/Al

Экспериментальная структура
Al/g-C₃N₄/SiO₂/Si/Al

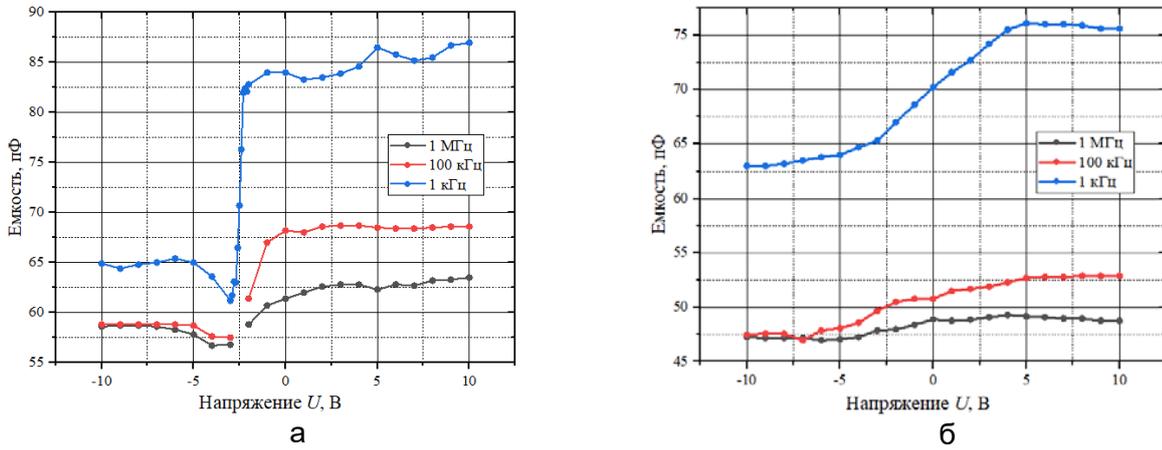


Рисунок 2 - Вольт-фарадные характеристики контрольной (а) и экспериментальной (б) структур

Отмеченные выше закономерности проявляются во всем исследованном частотном диапазоне (100 Гц – 1 МГц). Однако наиболее ярко они выражены на низких частотах. Рисунок 3 иллюстрирует изменение емкости анализируемых структур от частоты изменения приложенного напряжения.

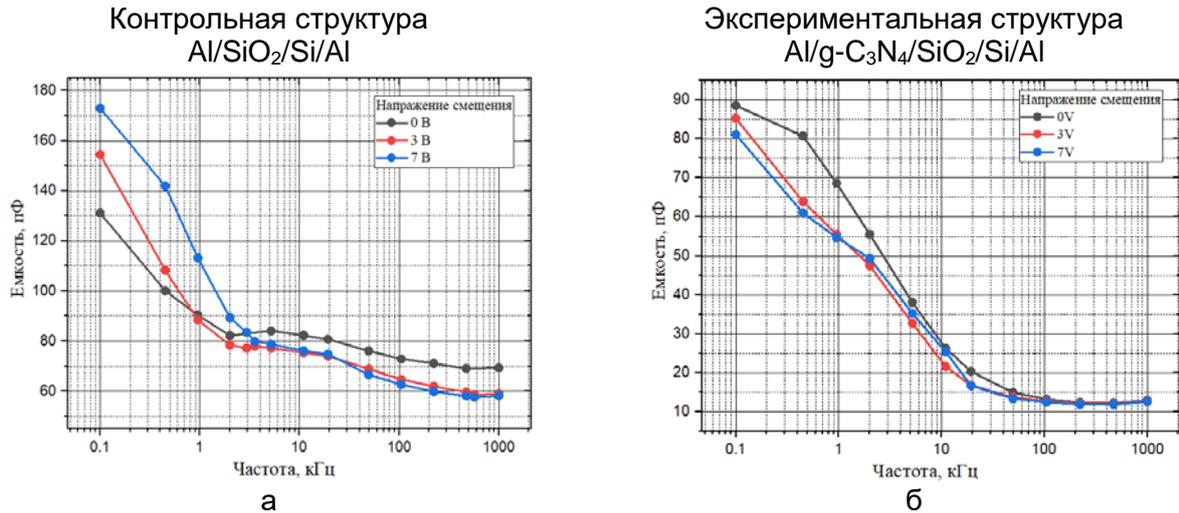


Рисунок 3 - Частотные зависимости емкости контрольной (а) и экспериментальной (б) структур

На обоих типах структур отмечено монотонное уменьшение их емкости с повышением частоты. На контрольных образцах оно наиболее существенно до 2–3 кГц, на экспериментальных при более высоких частотах – 90–100 кГц.

Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о существенной роли зарядовых состояний как в самом g-C₃N₄, так и на его границах с Al и SiO₂.

Расчет диэлектрической проницаемости материалов

По полученным низкочастотным значениям емкости контрольной и экспериментальной структур нами рассчитаны диэлектрические проницаемости SiO₂ и g-C₃N₄. В использованной нами эквивалентной схеме экспериментальной структуры ее емкость представляем двумя последовательно соединенными конденсаторами соответственно с емкостью пленки SiO₂ (C_{SiO2}) и емкостью пленки g-C₃N₄ (C_{g-C3N4}). При этом контрольная структура включает только пленку SiO₂. Измеряемая на ней емкость

$$C_1 = C_{SiO_2}, \quad (1)$$

а для экспериментальной измеряемая емкость C₂ определяется как

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_{g-C_3N_4}} + \frac{1}{C_{SiO_2}} \Leftrightarrow C_{g-C_3N_4} = \frac{C_1 C_2}{C_1 - C_2}. \quad (2)$$

В общем случае емкость конденсатора определяется его конструктивными параметрами и диэлектрической проницаемостью диэлектрика. Для конденсатора с плоскими параллельными электродами это [6]:

$$C_d = \frac{\varepsilon_d \varepsilon_0 \cdot S}{d}, \quad (3)$$

где ε_d – диэлектрическая проницаемость материала диэлектрика; ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума; S – площадь электрода; d – толщина диэлектрика.

Расчеты по значениям емкостей $C_1 = 84$ пФ, $C_2 = 70$ пФ, полученным на частоте 1 кГц, дали величину диэлектрической проницаемости SiO_2 равную 2,8, а для $g-C_3N_4$ равную 14,2. Полученная величина диэлектрической проницаемости SiO_2 находится в удовлетворительном согласии с известными данными (2–5) [7]. Величина же диэлектрической проницаемости $g-C_3N_4$ в пределах экспериментальной неопределенности укладывается в диапазон результатов (14–16), полученных в [1] для пленочной структуры $g-C_3N_4/Al_2O_3$.

Заключение

Проведенное экспериментальное исследование позволило найти зависимость емкости структуры с двухслойным диэлектриком, состоящим из SiO_2 и $g-C_3N_4$, от напряжения и частоты приложенного напряжения. Их особенности, а также рассчитанные значения низкочастотной диэлектрической проницаемости этих материалов указывают на значительную роль зарядовых эффектов в $g-C_3N_4$ в его диэлектрических свойствах, что требует углубленного исследования для успешного применения этого материала в микро- и наноэлектронике.

Благодарность

Авторы выражают благодарность И. Кашко за изготовление контактов к исследуемым структурам и профессору В. Е. Борисенко за постановку цели исследования и полезное обсуждение полученных результатов.

Список использованных источников:

1. Patra, P. C. Dielectric constant of thin film graphitic carbon nitride ($g-C_3N_4$) and double dielectric $Al_2O_3/g-C_3N_4$ / P. C. Patra, Y. N. Mohapatra // Appl. Phys. Lett. – 2021. – Vol. 118. – Iss.10. – P. 103501R. – DOI:10.1063/5.0045911.
2. Шумский, И. А. Измерение вольт-фарадных характеристик полупроводниковых приборов – выбор современного бюджетного решения / И. А. Шумский // Контрольно-измерительные приборы и системы. – 2017. – № 2. – С. 10-16.
3. Chubenko, E. B. Rapid chemical vapor deposition of graphitic carbon nitride films / E. B. Chubenko, S. E. Maximov, C. D. Bui, V. T. Pham, V. E. Borisenko // Materialia. – 2023. – Iss. 28. – P. 101724.
4. Боброва, Е. А. Особенности вольт-фарадных характеристик МОП структур, обусловленные зарядом в окисле / Е.А. Боброва, Н.М. Омеляновская // Физика и техника полупроводников. – 2008. – Том 42. – № 11. – С. 1380–1383.
5. Тутов, Е. А. Кремниевые МОП-структуры с нестехиометрическими металлоксидными полупроводниками / Е.А. Тутов, С.В. Рябцев, Е.Е. Тутов, Е.Н. Бормонтов // Журнал технической физики. – 2006. – Том 76. – № 12. – С. 65–68.
6. Гурин, Н. Т. Исследование полупроводниковых структур методом вольтфарадных характеристик: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Микроэлектроника» / Сост. д. ф.-м. н., проф. Н. Т. Гурин. – Ульяновск : УлГУ, 2016. – 51 с.
7. Воротилов, К. А. Особенности измерения диэлектрической проницаемости тонких пленок МДП-структур / К. А. Воротилов, П. А. Лучников, Ю. В. Подгорный, Д. С. Серегин // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2011. – Том 1. – № 1. – С. 220–228.

МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ УЧЁТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРУ, СОСТАВУ И КОНЦЕНТРАЦИИ

Лихачев А.А., Черняков В.А., Астахов А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Баранова М. С. – канд. физ.-мат. наук, зав.

СНИЛ НИЧ,

Данилюк А. Л. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Аннотация. Модели эффективной среды широко используются для описания взаимодействия электромагнитного излучения (ЭМИ) с композитом. Зачастую рассматривается взаимодействие ЭМИ с двухкомпонентной матричной средой, где матрица – первый компонент, а наночастицы (включения) – второй компонент. В работе предложен метод расчета эффективных электродинамических параметров нанокompозита с двумя и более типами сферических магнитных наночастиц. Особенностью предложенного метода является то, что он не приводит к значительным усложнениям в вычислениях и основан на известной модели Браггемана.

Ключевые слова: Углеродный наноструктурированный композит, Электромагнитное излучение, Модель эффективной среды, Электродинамические параметры.

Введение

Модель Браггемана одна из модификаций моделей эффективной среды [1], которая используется для описания взаимодействия электромагнитного излучения (ЭМИ) с композитом. Данная модель используется для сред, как с макроскопическими включениями, так и для сред, содержащих наноструктурные объекты [2]. Композит рассматривается, как среда с включениями, обладающая определенными значениями эффективной диэлектрической и магнитной проницаемостей. В [3] предложена адаптация модели эффективной среды для наноструктурированного углеродного композита, содержащего магнитные наночастицы. Выражения для расчета эффективных электродинамических параметров включают импедансы RLC-контуров, которые являются модельными представлениями структурных элементов нанокompозита: индуктивность – наночастицы, емкость – переходные оболочки, которые возникают на поверхности наночастицы, сопротивление – углеродная матрица. Однако данная модель предполагает учет наночастиц одного вида, что вносит существенные ограничения и не позволяет учесть сложные системы со многими включениями. В работе предложен подход, который позволяет адаптировать модель с целью дальнейшего моделирования более сложных нанокompозитов: вычислять эффективные электродинамические параметры среды с любым количеством включений. Реализация подобной модели позволит рассчитывать коэффициенты отражения R , пропускания T материалов с набором включений, различающихся как по размеру, так и по составу.

Методика моделирования

Эффективное значение магнитной проницаемости для двухкомпонентной среды, где первый компонент – матрица, а второй – ферромагнитные наночастицы, находится по следующим формулам:

$$\mu_{\text{eff}} = \frac{-B_{\mu} + \sqrt{B_{\mu}^2 + 8\mu_m Q_{\mu}}}{4Q_{\mu}} \quad (1)$$

$$Q_{\mu} = \frac{1}{\mu_1} + \frac{i\omega a \mu_0}{2Z}; \quad B_{\mu} = \frac{(3-5c) - \mu_m Q_{\mu}(6-7c)}{3-2c} \quad (2)$$

где μ_m и μ_1 – относительные магнитные проницаемости матрицы и ферромагнитных наночастиц соответственно; a – диаметр наночастиц; ω – циклическая частота ЭМИ; μ_0 – магнитная константа; c – объемная концентрация наночастиц; Z – импеданс переходной оболочки (RLC-контур).

Эффективное значение диэлектрической проницаемости двухкомпонентной среды находится по следующим формулам:

$$\varepsilon_{eff} = \frac{-B_\varepsilon + \sqrt{B_\varepsilon^2 + 8\varepsilon_m Q_\varepsilon}}{4Q_\varepsilon} + i \frac{\sigma}{\omega} \quad (3)$$

$$Q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{i\omega a \varepsilon_0}{2Z}; B_\varepsilon = \frac{(3-5c) - \varepsilon_m Q_\varepsilon (6-7c)}{3-2c} \quad (4)$$

где ε_m и ε_1 – комплексные относительные диэлектрические проницаемости углеродной матрицы и наночастиц соответственно; ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, σ – проводимость матрицы.

Наноккомпозит представляет собой систему со сложной микро- и макроструктурой, для описания которой необходимо вводить учет дополнительных компонентов. Для решения такой задачи использован метод вложения, который позволяет поэтапно гомогенизировать среду. Каждому типу включений соответствует определенный набор параметров, используемых в уравнениях (1)-(4). На первом этапе вычисляются значения эффективных параметров для матрицы и наночастиц первого типа без учета наночастиц второго типа с объемная концентрация наночастиц c_1 ($c_1 = V_1 / (V_m + V_1)$, где V_1 – объем наночастиц первого типа, V_m – объем углеродной матрицы). На втором этапе рассчитываются эффективные электродинамические параметры для системы, состоящей из наночастиц второго типа с объемной концентрацией c_2 ($c_2 = V_2 / (V_m + V_1 + V_2)$, где V_1 – объем наночастиц первого типа, V_2 – объем наночастиц второго типа, V_m – объем углеродной матрицы) и эффективной среды, полученной на предыдущем этапе:

$$\mu_{eff01} = \frac{-B_{\mu1} + \sqrt{B_{\mu1}^2 + 8\mu_m Q_{\mu1}}}{4Q_{\mu1}} \quad (5)$$

$$\mu_{eff} = \frac{-B_{\mu2} + \sqrt{B_{\mu2}^2 + 8\mu_{eff01} Q_{\mu2}}}{4Q_{\mu2}} \quad (6)$$

где, μ_{eff01} эффективная магнитная проницаемость между композитом и наночастицами первого типа.

Аналогичный подход применяется для расчета эффективной диэлектрической проницаемости ε_{eff} :

$$\varepsilon_{eff01} = \frac{-B_{\varepsilon1} + \sqrt{B_{\varepsilon1}^2 + 8\varepsilon_m Q_{\varepsilon1}}}{4Q_{\varepsilon1}} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{-B_{\varepsilon2} + \sqrt{B_{\varepsilon2}^2 + 8\varepsilon_{eff01} Q_{\varepsilon2}}}{4Q_{\varepsilon2}} \quad (8)$$

Процедуру расчета можно повторить и тем самым ввести в модель учет дополнительных компонентов.

Данный подход позволит вычислить параметры среды, учитывая различный тип включений, их различный диаметр и концентрацию в композите.

Далее, используя полученные значения магнитной и диэлектрической проницаемости, можно рассчитать коэффициенты отражения R и пропускания T электромагнитного излучения по формулам:

$$R = 20 \log \left(\left| \frac{Z_c - 377}{Z_c + 377} \right| \right) \quad (9)$$

где Z_c – волновое сопротивление композита, которое вычисляется как

$$Z_c = \sqrt{\mu_0 \mu_{eff} / (\varepsilon_0 \varepsilon_{eff})}.$$

$$T = 8,68 \cdot \alpha d \cdot 20 \log \left(\left| \frac{(377 + Z_c)^2}{4 \cdot 377 \cdot Z_c} \right| \right) \cdot 20 \log \left(\left| 1 + e^{\frac{-2\alpha d}{8,68}} \cdot \frac{(377 - Z_c)^2}{(377 + Z_c)^2} \right| \right) \quad (10)$$

где α – коэффициент, равный $\alpha = \text{Re}(i \omega \sqrt{\mu_0 \mu_{\text{eff}} \varepsilon_0 \varepsilon_{\text{eff}}})$.

Заключение

Разработан подход на основе модели эффективной среды, который предоставляет возможность моделировать взаимодействие электромагнитного излучения с многокомпонентным углеродным наноккомпозитом без привлечения сложных и ресурсоемких расчетов.

Список использованных источников:

1. Choy, T.C. Effective medium theory. Second edition / T.C. Choy – Oxford: Oxford university press, 2016. – 241 p.
2. Ефимова, А. И. Инфракрасная спектроскопия твердотельных систем пониженной размерности / А. И. Ефимова, Л. А. Головань, П. К. Кашкаров, В. М. Сенявин, В. Ю. Тимошенко – Санкт-Петербург.: «Лань», 2016. – 246 с.
3. Atdayev, A. Interaction of electromagnetic radiation in the 20–200 GHz frequency range with arrays of carbon nanotubes with ferromagnetic nanoparticles / A. Atdayev, A. L. Danilyuk, S. L. Prischeпа // Beilstein Journal of Nanotechnology. – 2015. – Vol. 6. – P. 1056 – 1064.

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАФЕНОВОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКИ И МОЛЕКУЛЫ ДОКСОРУБИЦИНА МЕТОДОМ DFT

Пивоварчик Т.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Мигас Д.Б. – д. физ-мат. наук, доцент

Аннотация. В работе методом теории функционала плотности исследуется взаимодействие графеновой квантовой точки (GQD) и лекарственного препарата доксорубицин (DOX). Рассчитывались структурные и энергетические характеристики GQD, DOX и конъюгата на их основе (GQD–DOX), чтобы выяснить эффективность GQD в качестве носителя лекарственного препарата. Природа взаимодействия GQD и DOX анализировалась на основе результатов расчета электронной плотности и анализа нековалентных взаимодействий. Результаты моделирования подтвердили, что GQD могут быть использованы в качестве потенциальных носителей для адресной доставки лекарственных препаратов

Введение

В настоящее время нанотехнологии широко применяются для терапии и визуализации онкологических заболеваний. В частности, графеновые квантовые точки (GQD), продемонстрировали многообещающие применения в лечении онкологических заболеваний [1–3]. По сравнению с другими наноматериалами на основе углерода, GQD, обладают уникальными физико-химическими свойствами. Известно, что GQD, имеющие размер менее 10 нм, обладают меньшей токсичностью, чем GQD с большими размерами [4]. Клеточное поглощение GQD проходит легче по сравнению с оксидом графена (GO), цитотоксичность GQD оказалась ниже, чем у листов GO, что минимизирует влияние на жизнеспособность клеток, а также на внутренний уровень клеточных активных форм кислорода (АФК), потенциал повреждения митохондриальных мембран и клеточные циклы [5]. Таким образом, низкая токсичность, химическая инертность, растворимость в воде и биосовместимость позволяет применять GQD в качестве наноносителей для доставки лекарственных препаратов [5,6]. Однако, необходимы новые рецептуры для повышения эффективности нанопрепаратов при

одновременном снижении системных побочных эффектов и минимизации повреждения окружающих нормальных тканей [7].

Доксорубицин (DOX) – это препарат антрациклинового ряда, широко применяемый для лечения солидных опухолей, сарком мягких тканей и злокачественных гематологических заболеваний [8]. Транспорт DOX через клеточную мембрану в раковые клетки позволяет ему ингибировать синтез ДНК и РНК для лечения рака [9]. Однако этот механизм действует как в раковых, так и в здоровых клетках, поэтому недостатком DOX является низкая селективность и растворимость в воде, острая токсичность по отношению к соседним здоровым клеткам [10], кардиотоксичность, необратимое повреждение миокарда, гематологические нарушения. Для уменьшения побочных эффектов DOX и повышения его эффективности, локализации лекарственной терапии в желаемом месте, разработана система доставки графеновая квантовая точка – доксорубицин (GQD – DOX).

Конъюгат GQD–DOX был изучен ранее на предмет биологической (химической) активности [11], рассчитана его электронная структура, локализация граничных орбиталей, квантовые молекулярные дескрипторы [12], спектры комбинационного рассеяния [13]. Однако, в данных исследованиях не был подтвержден вид взаимодействия между DOX и GQD. Таким образом, целью данной работы является исследование механизмов взаимодействия графеновой квантовой точки и молекулы доксорубицина с помощью метода на основе теории функционала плотности.

Методы моделирования

Для данного исследования смоделирована графеновая квантовая точка, состоящая из 114 атомов углерода и содержащая 10 гидроксильных групп ($C_{114}H_{20}(OH)_{10}$), размером 1.71×1.86 нм. Выбранная структура имеет краевые атомы углерода, которые более реакционноспособны, чем те, которые расположены на внутренней поверхности, что значительно повышает степень взаимодействия и биосовместимость [14]. Функционализация гидроксильными группами по краям графеновой квантовой точки позволяет уменьшить ширину запрещенной зоны и химическую стабильность [14], что позволяет использовать GQD в качестве носителя лекарственного препарата.

Расчеты конъюгатов были выполнены с помощью пакета программ Gaussian 16 с использованием уровня теории *DFT/M06-2X/cc-pVDZ*. Функционал *M06-2X* учитывает дисперсионное взаимодействие. Топологические свойства комплекса были исследованы с помощью квантовой теории атомов в молекулах (*QTAIM*), разработанная R.Bader [15], исходные данные для которой были сгенерированы с использованием пакета *ORCA 5.03* с уровня теории *DFT/M06-2X/cc-pVDZ*. Для построения топологических характеристик и анализа нековалентных взаимодействий была использована программа *Multiwfn*.

Результаты моделирования

Структуры GQD, DOX и конъюгата GQD–DOX были оптимизированы до достижения минимума полной энергии системы для проведения топологического анализа взаимодействия GQD и DOX.

Подход QTAIM позволяет рассчитать электронную плотность ($\nabla\rho(r)$), лапласиан плотности $\nabla^2\rho_b$, плотность кинетической энергии $G(r)$, плотность потенциальной энергии $V(r)$, а также значения локальных показателей на критических точках связи, которые отвечают за характер взаимодействий между атомами [16, 17]. Критическими точками поля градиента плотности являются точки, в которых $\nabla\rho(r) = 0$. Эти точки могут быть либо локальными максимумами, минимумами, либо седловыми точками поля градиента. Среди седловых точек критическая точка связи (*BSP*) связана только с двумя максимумами траекториями поля градиента (путь связи). Рассматривались *BSP*, наличие которых является необходимым и достаточным условием присутствия химической связи между двумя выделенными атомами в системе. Данные параметры представлены в таблице 1 и соответствующий молекулярный граф с тремя выбранными критическими точками связи и путями связи показаны на рисунке 2.

При полученных положительных значениях $\nabla^2\rho_b$ между лекарственным средством (DOX) и наноносителем (GQD) существует слабое и электростатическое взаимодействие. В нашем исследовании имеются *BSP* между GQD и DOX (625, 585, 543, 496, 472, 439, 392, 609, 487, 427, 330, 349, 316, 273, 278 и 272 на рисунке 2), что свидетельствует о притягивающем взаимодействии молекулы и наноносителя. Анализ параметров в критических точках,

приведенных в таблице 1, показал, что, по отношению плотности потенциальной энергии к плотности кинетической энергии $|V_b|/2G_b$, которое больше 1, взаимодействие является нековалентным.

Таблица 1 – параметры QTAIM для некоторых критических точек связи конъюгата GQD–DOX (a.e.)

Номер CP	ρ_b	$\nabla^2\rho_b$	V_b	G_b	$ V_b /2G_b$
543	0.0024	0.0092	-0.0018	0.0021	0.4380
496	0.0057	0.0184	-0.0028	0.0037	0.3802
273	0.0034	0.0111	-0.0018	0.0023	0.3935

Для выявления роли и природы слабых взаимодействий при адсорбции препарата доксорубин на поверхности GQD использовали индекс нековалентного взаимодействия. Данный метод предоставляет индекс, основанный на электронной плотности и ее производных, а также позволяет идентифицировать нековалентные взаимодействия с помощью графика градиента плотности (*RDG*) при низких плотностях. Анализ градиента пониженной плотности может предоставить более подробную информацию о природе межмолекулярного взаимодействия между лекарственным средством и наноносителями. График *RDG* позволяет выявить взаимодействующие регионы, а также оценить тип взаимодействия. На цветной изоповерхности *RDG* можно идентифицировать различные взаимодействия на основе их цвета [18]. На этом графике синяя область означает сильные притягивающие взаимодействия, такие как водородная связь, зеленая область относится к более слабому притягивающему взаимодействию, а сильные стерические эффекты представлены красным. График *RDG* для системы GQD–DOX показан на рисунке 1.

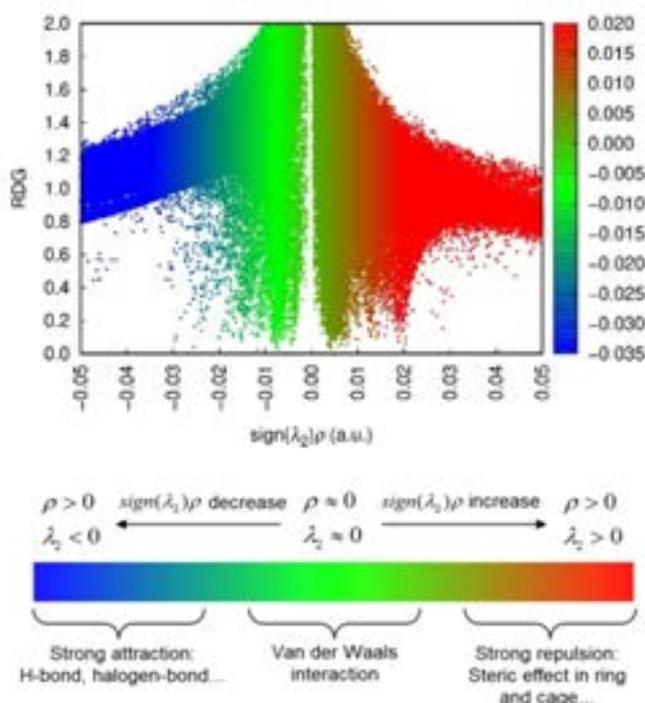


Рисунок 1 – Диаграмма рассеяния RDG исследуемого комплекса GQD–DOX

Полученные результаты показали, что молекулы в исследуемом конъюгате связаны между собой слабыми взаимодействиями, что является необходимым условием для такого рода комплексов, так как позволяет без значительных энергозатрат освобождать лекарственные препараты при доставке их к соответствующему участку ДНК.

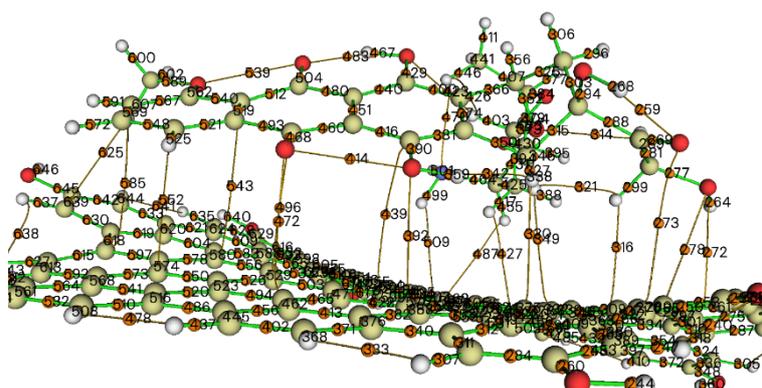


Рисунок 2 – Молекулярный граф исследуемого комплекса GQD–DOX
(Критические точки связи обозначены оранжевыми кружками)

Список использованных источников:

1. Advances in Graphene Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications / E. Haque [et al.] // Small Methods, 2018.– P. 1800050.
2. Graphene quantum dots: Multifunctional nanoplatforms for anticancer therapy. / D. Iannazzo [et al]. // Mater. Chem. B, 2017.– P. 6471–6489.
3. Graphene Quantum Dots–From Emergence to Nanotheranostic Applications. In Smart Drug Delivery System / P. Joshi [et al.] // InTechOpen, 2016.– P. 159–195.
4. The toxicity of graphene quantum dots / S. Wang [et al]. // RSC Adv., 2016. – P. 89867–89878.
5. Insight into the Cellular Internalization and Cytotoxicity of Graphene Quantum Dots / C. Wu, C. Wang [et al.] // Adv. Healthcare Mater, 2013.– P. 1613-1619.
6. Graphene-based materials for application in pharmaceutical nanotechnology. In Fullerenes, Graphenes and Nanotubes: A Pharmaceutical Approach / D. Iannazzo [et al.] // Bucharest, Romania; Elsevier: Oxford, UK, 2018 – P. 297–329.
7. A Smart Nanovector for Cancer Targeted Drug Delivery Based on Graphene Quantum Dots / D. Iannazzo [et al.] // Nanomaterials, 2019. – P. 282.
8. Doxorubicin pathways: pharmacodynamics and adverse effects / C. F. Thorn [et al.] // Pharmacogenet Genomics., 2011. – P.440 –446.
9. Comparison of the adverse event profiles of conventional and liposomal formulations of doxorubicin using the FDA adverse event reporting system / A. Fukuda [et al.] // PLoS One, 2017. – P. 0185654.
10. Guazuma ulmifolia Lam. Decreases oxidative stress in blood cells and prevents doxorubicin-induced cardiotoxicity / J.M. dos Santos [et al.] // Oxid. Med. Cell. Longev. 2018.
11. DFT моделирование конъюгата графеновая квантовая точка-молекула доксорубицина как перспективной структуры для противоопухолевой терапии / Т.С. Пивоварчик и др. // Сборник научных трудов VII Конгресса физиков Беларуси, Ред.: С.Я. Килин (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Ковчег, 2023. – С. 319–320.
12. DFT study of the descriptors for chemical reactivity of graphene quantum dot-doxorubicin conjugate / A.L. Pushkarchuk et al. // Proceedings of the X International Scientific Conference «Actual problems of solid state physics», 2023. – P. 488–490.
13. Колебательные спектры конъюгата графеновая квантовая точка – доксорубицин: эксперимент и DFT моделирование / Т.С.Пивоварчик и др.// Сборник научных статей XIII Международной научной конференции «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах», 2023. – С. 288–295.
14. Tuning the energy gap of graphene quantum dots functionalized by OH and COOH radicals: First principle study / M. Ojeda-Martínez [et al.] // Materials Chemistry and Physics, 2024. – P. 128543.
15. Atoms in Molecules: A Quantum Theory / Bader, R. F. W. // Oxford University Press: New York, USA, 1994.
16. The Quantum Theory of Atoms in Molecules / Che´rif F. Matta and Russell J. Boyd // wiley-vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 978-3-527-30748-7, 2007.
17. QTAIM Analysis in the Context of Quasirelativistic Quantum Calculations / Julien Pilmé [et al.] // J. Chem. Theory Comput., 2014. – P. 4830–4841.
18. Revealing noncovalent interactions / Johnson et al. // Journal of the American Chemical Society, 2010. – P. 6498–6506.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ОЛОВОМ

Бразаускас Г.А., Гульпа Д.Ю., Кузьмар И.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Кузьмар И.И. – канд. техн. наук,
зав. НИЛ 2.2 НИЧ БГУИР

Аннотация. Электрохимическим методом получены покрытия Sn на постоянном токе при различной плотности тока. Получены морфологии покрытий. Исследование кинетических закономерностей изучены методом вольтамперометрии с использованием импульсного потенциостата-гальваностата при линейной скорости развертки потенциала 5 мВ/с. Исследованы функциональные свойства покрытий Sn при различной плотности тока (паяемость, коррозионная стойкость, электроконтактное сопротивление). Установлено, что при увеличении плотности тока с 1 до 7 А/дм²: выход по току уменьшается с 96,32 до 32,17 %, контактное электросопротивление увеличивается с 2,28 до 23,65 мОм, коэффициент растекания припоя увеличивается с 67,35 до 88,05 %. Лучшее качество покрытия получено при осаждении покрытия на плотности тока 3 А/дм².

Ключевые слова: электрохимические покрытия, покрытие оловом.

Введение

Паяемые электрохимические покрытия на основе олова широко применяют при сборке изделий электронной техники. Их качество во многом определяет надежность работы электронных приборов. Преимуществами гальванического метода нанесения паяемых материалов являются легкость управления толщиной осаждаемого покрытия, отсутствие локального нагрева, доступность и низкая стоимость оборудования для реализации, возможность управления составом и функциональными свойствами осадков. Однако оловянные покрытия имеют ряд недостатков. Так в течении времени на их поверхности начинается самопроизвольный рост нитевидных кристаллов «усов» («whisker»), которые могут стать причиной короткого замыкания либо механической деформации изделий. Кроме того в условиях хранения луженых деталей резко ухудшается способность поверхности к пайке, что недопустимо при изготовлении радиоэлектронных приборов. Переход к использованию сплавов на основе олова позволяет решить многие проблемы [1]. В данной статье авторами исследовано влияние плотности тока на функциональные свойства оловянных покрытий. Методом вольтамперометрии установлены кинетические закономерности процесса формирования покрытий оловом.

Основная часть

Методом электрохимического осаждения из электролита, содержащего 196 г/л H₂SO₄, 43 г/л SnSO₄, 15,2 г/л CS(NH₂)₂, 8 г/л неонала АФ9-10, 1 г/л гидрохинона, получены оловянные покрытия. Кинетические закономерности электроосаждения изучены методом вольтамперометрии с использованием импульсного потенциостата-гальваностата «ElinsP-45X» при линейной скорости развертки потенциала 5 мВ/с. Потенциал рабочего электрода измерен относительно хлорсеребряного электрода сравнения и пересчитан относительно стандартной водородной шкалы.

На рисунке 1 представлена поляризационная кривая, полученная из электролита оловянирования. Стационарный потенциал поверхности образца составлял 0,400±0,005 В. Для предложенного электролита значение предельного тока 2,8 А/дм². Электроосаждение подчиняется законам смешанной кинетики. В составе электролита присутствуют ПАВ, которые образуют пассивирующую пленку на поверхности катода. На ВАХ характерно образование «плато», когда происходит рост потенциала электрода при значениях тока, близких к предельному. На рисунке 2 (изображение после осаждения) представлена морфология покрытий полученных при различной плотности тока (1 – 7 А/дм²). Полученные образцы помещали в агрессивную среду (раствор NaCl 30 г/л) на 96 часов. На рисунке 2 (изображение после коррозии) представлены снимки покрытий после коррозии полученные при различной плотности тока (1 – 7 А/дм²).

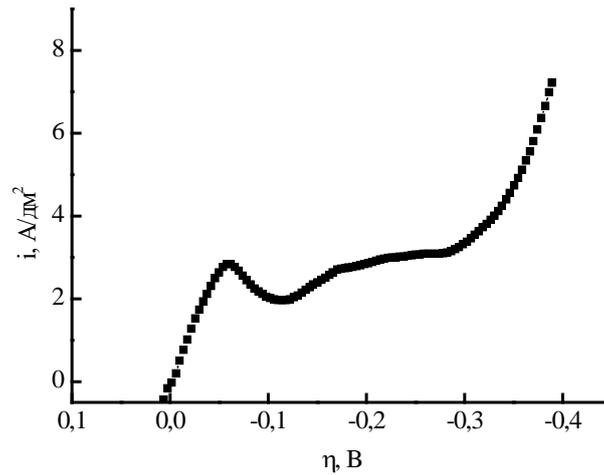


Рисунок 1 – Поляризационная кривая процесса осаждения покрытия Sn

На рисунке 2 (изображения после паяемости) представлены снимки покрытий после растекания капли припоя полученные при различной плотности тока. Установлено, что лучшее качество покрытия у образца полученного при осаждении на плотности тока 3 А/дм². Образец обладает низким значением скорости саморастворения ($i_c = 0,010417$ г/с·см²), низким значением контактного сопротивления ($R = 2,43$ мОм).

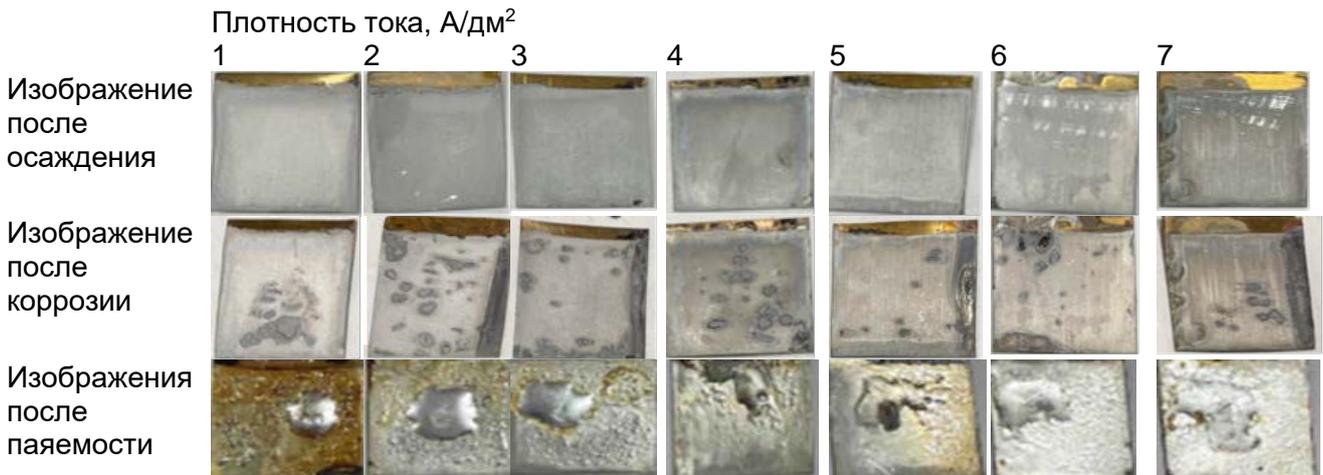


Рисунок 2 – Снимки оловянных покрытий полученных при различной плотности тока

В таблице 1 представлены функциональные свойства покрытий олова при различных плотностях.

Таблица 1 – Функциональные свойства покрытия олова при различных плотностях тока

Покрытие	$i_k, \text{A/dm}^2$	ВТ, %	$v, \text{мкм/мин}$	R, мОм	$K_p, \%$	$i_c, \text{г/с·см}^2$
Sn	1	96,32	0,53	2,28	67,35	0,021
	2	81,72	0,82	2,49	75,25	0,138
	3	81,20	1,23	2,43	78,6	0,010
	4	56,30	1,13	2,62	67,7	0,034
	5	39,70	1,00	6,61	76,85	0,094
	6	34,98	1,06	9,56	88,05	0,052
	7	32,17	1,12	23,65	86,45	0,018

Как видно из таблицы 1, выход по току уменьшается с 96,32 до 32,17 % при увеличении плотности тока с 1 до 7 А/дм². Контактное электросопротивление увеличивается с 2,28 до 23,65 мОм. Коэффициент растекания припоя увеличивается с 67,35 до 88,05 %.

Заключение

Изучены функциональные свойства покрытия олова при различных плотностях тока. Установлена связь между плотностью тока и качеством осаждаемых покрытий. Установлено, что лучшее качество покрытия у образца полученного при осаждении на плотности тока 3 А/дм². Образец обладает низким значением скорости саморастворения ($i_c = 0,010417$ г/с·см²), низким значением контактного сопротивления ($R = 2,43$ мОм).

Список использованных источников:

1. Контактно-барьерные структуры субмикронной электроники / А.П. Достанко [и др.]; под ред. А.П. Достанко, В.Л. Ланина. – Минск: Бестпринт. – 2021.

ВЛИЯНИЕ АМИННЫХ ДОБАВОК НА МОРФОЛОГИЮ И СВЕТОПРОПУСКАНИЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТОВ

Будник В. С.¹, Сорин Я. С.², Тучковский А. К.¹

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

² Белорусский государственный университет,
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье приводятся исследования перовскита до и после модификации различными аминными добавками, которые были внедрены в структуру в виде иодидаммониевых солей. Были изучены внешний вид перовскитных плёнок, размеры и форма кристаллов, оптические параметры. Получены данные о влиянии различных функциональных заместителей при аминогруппе на вышеуказанные свойства перовскитов, нюансы искажения кубической решётки от каждого типа алкильных заместителей. Продемонстрировано влияние реакции замещения между исходным перовскитом и вводимой добавкой иодидаммониевой соли на структуру и светопропускание получаемых плёнок.

Ключевые слова: амины, Кристаллическая решётка, Перовскиты, Светопропускание.

Металлоорганические перовскитные элементы пользуются спросом в солнечной энергетике из-за их низкой сложности изготовления, дешевизны и высокого коэффициента преобразования энергии. Одной из главных характеристик, требующих детального исследования, является светопропускание, неразрывно связанное с эффективностью работы перовскитных элементов.

Контролируемая кристаллизация имеет практическое значение для получения высококачественных тонких плёнок перовскита с уменьшенным количеством структурных дефектов. Химические вещества–доноры электронных пар могут сильно координироваться с ионами свинца и широко используются для управления ростом кристаллитов перовскита. В некоторых исследованиях демонстрируется использование таких доноров, как амины с длинными углеводородными хвостами, для морфологической регуляции тонких плёнок трииодида метиламмония свинца, но данные соединения показали неудовлетворительные результаты [1].

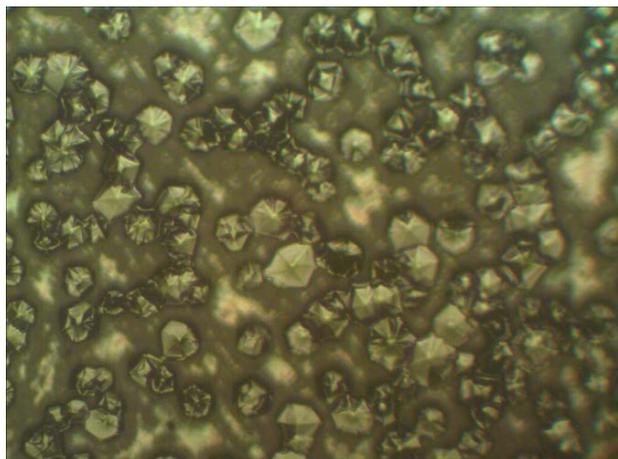
Каждая молекула амина состоит из аминной NH₂-группы, которой он может прикрепляться к перовскиту, и длинного углеводородного «хвоста», который торчит наружу. В итоге перовскитные кристаллиты оказываются разделены тонкой прослойкой из углеводородных хвостов, которые связаны между собой Ван-дер-Ваальсовым взаимодействием [2].

Доноры электронных пар, такие как азот, кислород и сера, связывают положительно заряженные частицы в перовскитах (например, катионы металлов). Широкий спектр вышеуказанных доноров в качестве посторонних добавок координирует свои действия с катионами свинца и сильно влияет на латеральный рост кристаллитов. Плёнки перовскита,

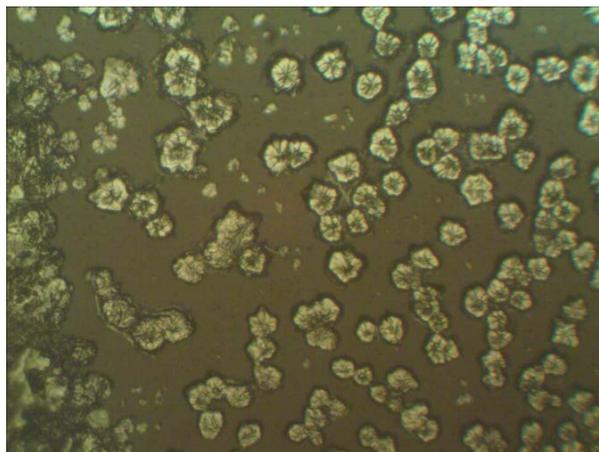
модифицированные N- и O-донорами, показывают более компактную морфологию вместе с повышенной кристалличностью и размером зёрен. Более того, обнаружено, что остаточные молекулы пассивируют мелкие дефекты в границах зёрен и, таким образом, приводят к подавлению рекомбинации носителей заряда [3, 4].

В выполненном эксперименте изучалось внедрение аминных добавок, имеющих различные углеводородные заместители и дополнительные функциональные группы. Исследовались морфологические и оптические изменения в зависимости от типа и концентрации соединения. Использовались добавки аммиака, диэтиламина, моноэтаноламина, анилина, концентрации которых составляли 20–30 г/л. Плёнки толщиной 0,8–1,0 мкм были получены blade-coating методом, затем отжигались при $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Растворы прекурсора перовскита получали смешиванием $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ с PbI_2 в соотношении 1:1, необходимые амины в виде иодидаммониевых солей добавляли в нужных количествах в сам прекурсор при перемешивании небольшими порциями. Структуру полученных покрытий исследовали на оптическом микроскопе МКИ-2М+ДСМ-310 с увеличением в 500 раз. Оптические параметры исследовали при помощи спектрофотометра МС-122.

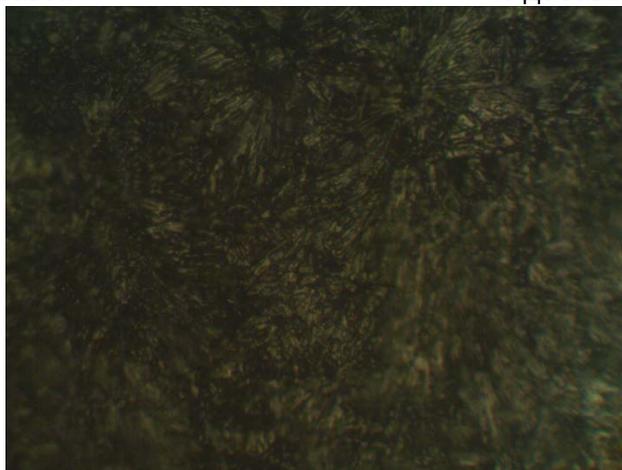
В перовските без добавок, который имеет чёрный цвет, обнаруживаются крупные кристаллиты в форме искажённого шестиугольника, вогнутые в центре, размерами от 4,0 до 8,0 мкм (средний размер 6,2 мкм) (рис. 1а). При содержании аммония иодида в количестве 20 г/литр наблюдается осветление плёнки до тёмно-серого, уменьшение размеров кристаллитов в 1,5 раза, сохранение формы и слипание в агломераты, увеличивающее пустоты, которые делают плёнку некачественной (рис. 1б). При увеличении содержания NH_4I до 30 г/л плёнка остаётся тёмно-серой, образуются мелкие игольчатые кристаллиты, достигающие 5,0 мкм (рис. 1в).



а
без добавок



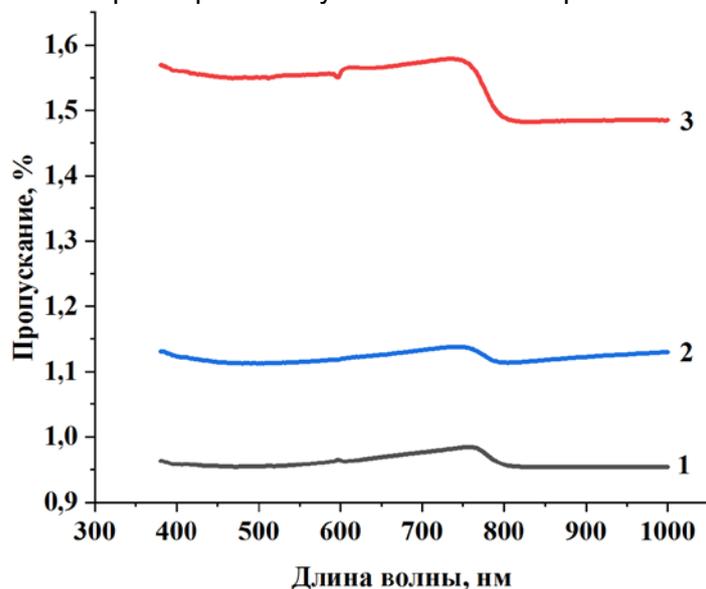
б
с добавкой NH_4I 20 г/л



в
с добавкой NH_4I 30 г/л

Рисунок 1 - Внешний вид кристаллитов перовскитов без добавок и с аммония иодидом

При изучении светопропускания трёх вышеописанных перовскитных образцов наблюдается увеличение пропускания света при добавлении аммиака и незначительное смещение максимума на кривой пропускания в сторону меньших длин волн с увеличением концентрации аммиака (от 758 нм для плёнок без добавок до 746 нм при содержании аммиачной добавки 30 г/л, что соответствует красной области спектра) (рис. 2). Снижение пропускания в области за перегибом происходит в области около 800 нм (инфракрасная область). Такие закономерности связаны с уплотнением кубической кристаллической решётки перовскита за счёт меньшего размера молекулы аммиака по сравнению с метиламином.

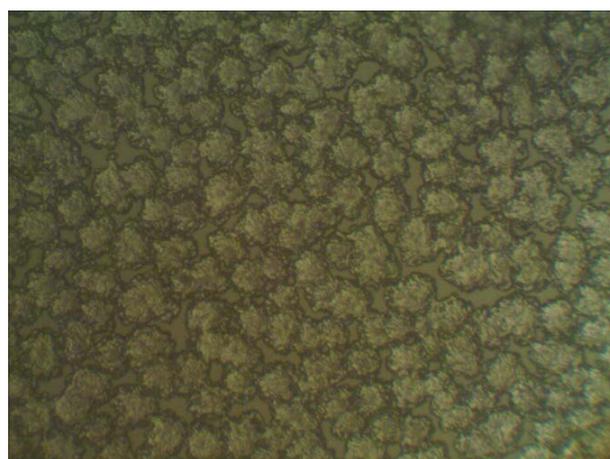


1 – без добавок; 2 – 30 г/л аммиачной добавки; 3 – 20 г/л аммиачной добавки
Рисунок 2 - Спектры пропускания перовскитов без добавок и с внедрением аммония иодида

При добавлении диэтиламина покрытие становится жёлтым, мелкозернистым (размер зёрен не превышает 25–50 нм), с образованием округлых, соединённых между собой крупных агрегатов (размер которых достигает 15,0 и более мкм), которые уменьшаются и структурно упорядочиваются с увеличением концентрации диэтиламмония иодида. Размер зёрен также уменьшается в 2 раза с увеличением концентрации добавки на 10 г/л (рис. 3).



а
20 г/л



б
30 г/л

Рисунок 3 - Внешний вид зёрен перовскитов с $(C_2H_5)_2NH$

При модификации с помощью диэтиламина выявлено неравномерное изменение пропускания при увеличении концентрации добавки, которое заключается в резком повышении при 20 г/л и последующем понижении при 30 г/л (рис. 4). Это связано с уменьшением зернистых агрегатов и увеличении пустот между ними, которые и отвечают за пропускание света. В обоих случаях наивысшее пропускание будет в области спектра 380–400

нм (фиолетовая область спектра), затем резко понижается и достигает минимума при длине волны 1000 нм. Подобные нюансы выявляются из-за расширения решётки перовскита двумя алкильными группами диэтиламина.

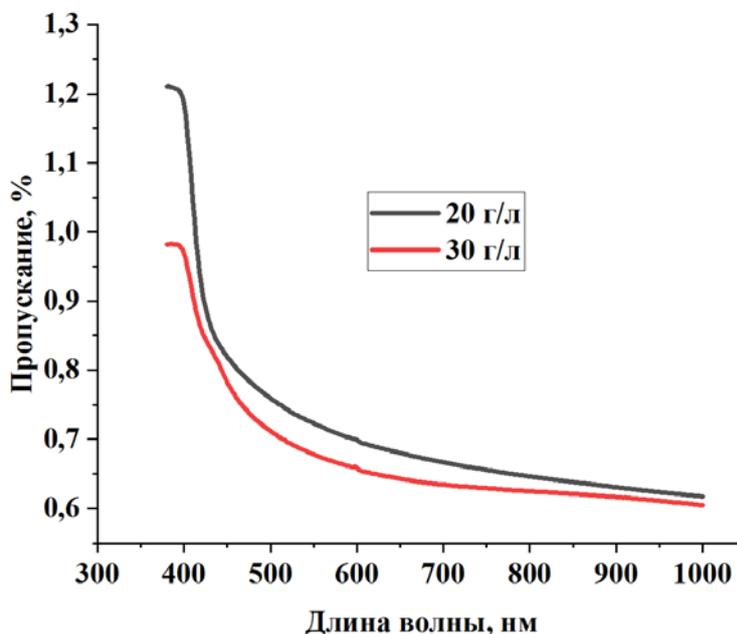


Рисунок 4 - Спектры пропускания перовскитов с внедрением диэтиламмония иодида

При добавлении моноэтаноламмония иодида плёнки приобретают тёмно-красный цвет, размер зёрен варьируется в пределах 50–100 нм, не изменяясь при увеличении концентрации добавки, которые соединены по всей поверхности плёнки, образуя мелкие пустоты (рис. 5).

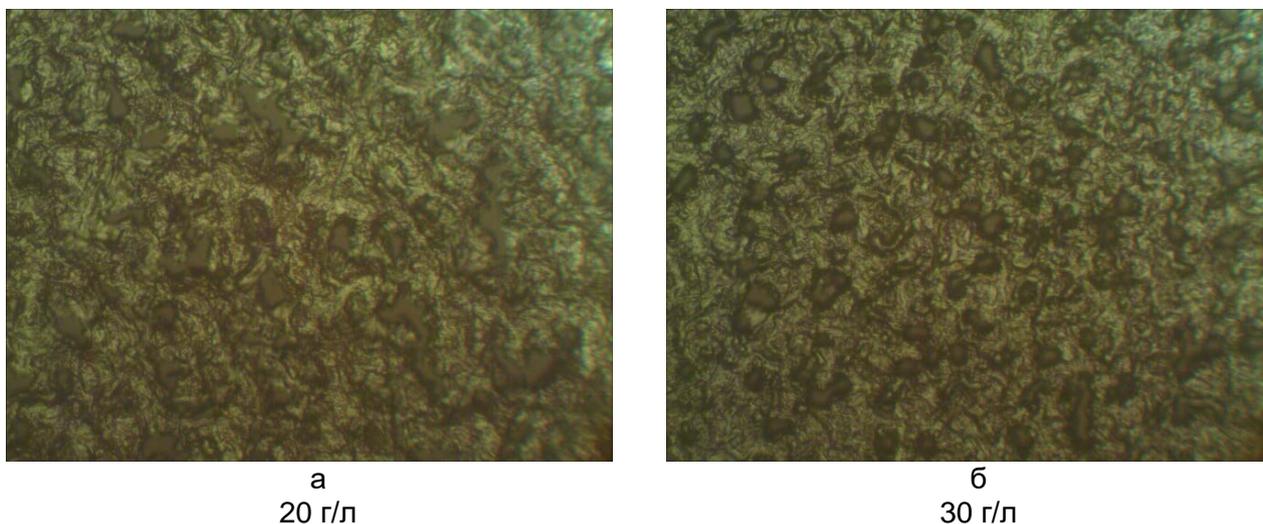


Рисунок 5 - Внешний вид зёрен перовскитов с моноэтаноламмония иодидом

При модификации с помощью моноэтаноламина выявлено увеличение пропускания при увеличении концентрации добавки, что связано с уменьшением пустот между объединениями зёрнами. В обоих случаях наивысшее пропускание будет в области спектра 380–520 нм (фиолетовая и синяя области спектра), затем непрерывно понижается в остальной области спектра (рис. 6) из-за наличия гидроксильной группы моноэтаноламина, незначительно искажающей решётку перовскита.

При добавлении соли анилина плёнки становятся чёрно-зелёными, происходит образование кристаллитов в виде розеток цветов («flower-type») размером 55–70 мкм при

содержании добавки 20 г/л и 15–25 мкм при 30 г/л с ярко выраженными промежутками между ними (рис. 7).

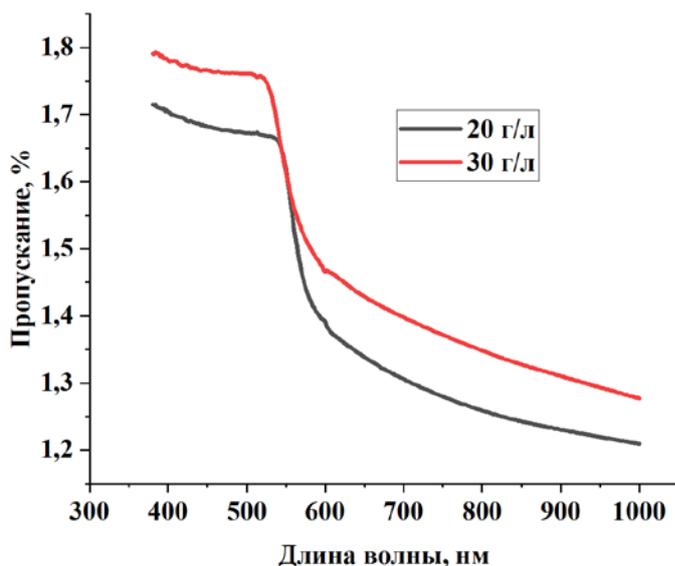


Рисунок 6 - Спектры пропускания перовскитов с внедрением моноэтаноламмония иодида

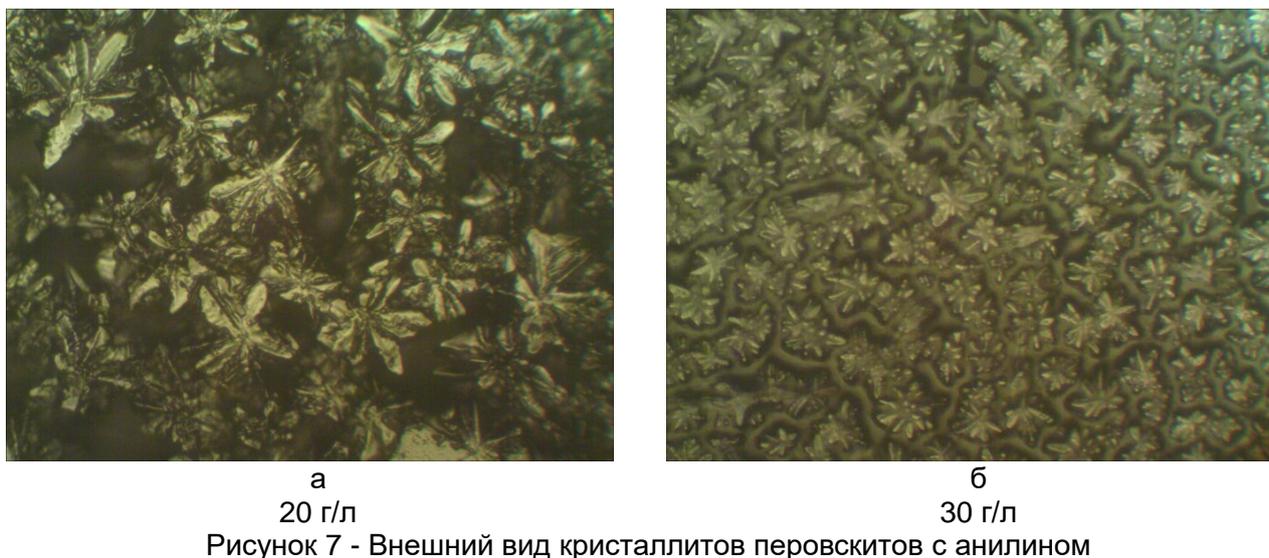


Рисунок 7 - Внешний вид кристаллитов перовскитов с анилином

Из-за нюансов кристаллизации в виде неравномерного изменения размеров межкристаллитных пустот пропускание при меньшем содержании добавки становится выше (рис. 8). Наивысшее поглощение наблюдается при 380–500 нм (фиолетовый и синий области спектра) из-за сильного расширения кристаллической решётки перовскита при помощи больших размеров бензольного кольца молекулы анилина, уменьшение в виде перегибов происходит при 744–824 нм, что характерно для красной области видимого спектра и инфракрасного излучения.

Таким образом, при проведении серии экспериментов были выявлены закономерности влияния тех или иных алкиламмониевых солей на структурные и оптические свойства перовскитов. Установлено, что наивысшее пропускание происходит при введении анилина при концентрации 20 г/л за счёт его влияния на кристаллизацию, низшее – при отсутствии модификации органического перовскита. Зернистость достигается за счёт введения диэтиламина и моноэтаноламина, остальные амины способствуют образованию кристаллитов. Реакция замещения между первоначальным перовскитом и добавляемым четвертичным иодидаммониевым соединением во всех случаях повышает светопропускание.

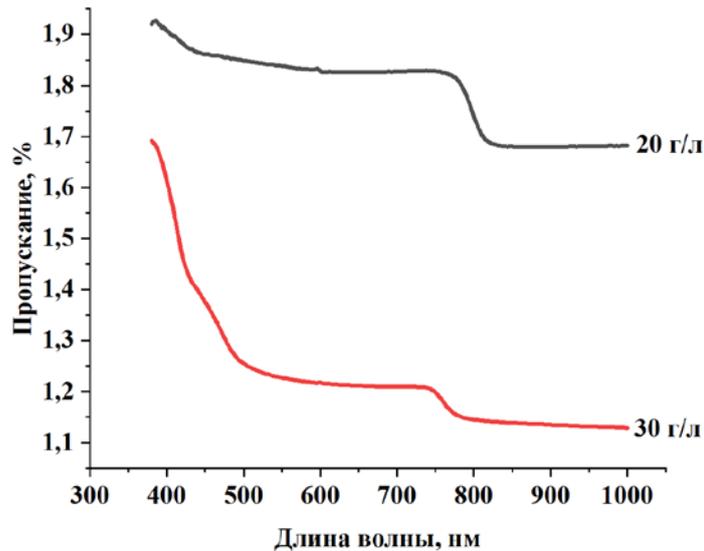


Рисунок 8 - Спектры пропускания перовскитов с добавлением анилина

Список использованных источников:

1. Xie, J. Modulating MAPbI₃ perovskite solar cells by amide molecules: Crystallographic regulation and surface passivation / J. Xie // Journal of Energy Chemistry. – 2020. – Vol 56. – № 7. – P. 20–26.
2. Амины с длинными «хвостами» повысили стабильность перовскитных солнечных элементов / URL:https://elementy.ru/novosti_nauki/433621/Aminy_s_dlinnymi_khvostami_povyсили_stabilnost_perovskitnykh_solnechnykh_elementov.
3. Ching-Ho, T. Methylammonium halide salt interfacial modification of perovskite quantum dots/triple-cation perovskites enable efficient solar cells / T. Ching-Ho, L. Hong-Ye, L. Chen // Nature. – 2023. – Vol 13. – № 5387. – P. 13–20.
4. Eperon, G. The role of dimethylammonium in bandgap modulation for stable halide perovskites / G. Eperon // ACS Energy Lett. – 2020. – Vol 5. – № 6. – P. 1856–1864.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОСАЖДЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА ВАНАДИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОБОЛОМЕТРОВ

Коченов Е.Г., Шебеко В.Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Уткина Е.А. – канд. техн. наук

Аннотация. Рассмотрены основные электрофизические характеристики и низкотемпературные методы осаждения тонких пленок диоксида ванадия для создания активных электронных элементов с фазовым переходом металл-изолятор. Разработаны процессы электрохимического осаждения пленок оксида ванадия на подложках кремний-диоксид титана. Установлено ориентирующее влияние подложки на процесс кристаллизации и температуры отжига на размер зерен полученных пленок.

Ключевые слова: диоксид ванадия, фазовый переход, металл-изолятор, электрохимическое осаждение.

Тонкие пленки VO₂ находят широкое применение благодаря своим уникальным термохромным, электрохромным и фотохромным свойствам. Специфической особенностью этого материала является наличие фазового перехода металл-изолятор (MIT). Переход металл-изолятор (MIT) в оксидах переходных металлов определяется эффектами электронной корреляции и проявляется изменением сопротивления на пять-десять порядков [1]. Такой переход наблюдается в объемном диоксиде ванадия (VO₂) при температуре, близкой к комнатной T_c = 340 К. При T_c VO₂ претерпевает фазовый переход первого рода из

моноклинной (M1) изолирующей фазы (пространственная группа P21/c) в металлическую фазу типа рутил (R) (пространственная группа P42/mnm) выше T_c [1]. Низкотемпературная фаза VO_2 имеет непрямую запрещенную зону 0,6 эВ и большой отрицательный температурный коэффициент сопротивления (TCR). При нагреве выше T_c наблюдается заметное увеличение проводимости по мере перехода решетки в металлическую фазу. Эти уникальные свойства привели к применению тонких пленок VO_2 для изготовления неохлаждаемых микроболометров [2], энергонезависимой памяти, термической, оптической и электронной коммутации, интеллектуальных окон, мемристоров, газовых сенсоров и тензодатчиков [1].

Однако, осаждение тонких пленок чистой фазы VO_2 затруднено из-за узкого диапазона термодинамической стабильности и большого количества стабильных и метастабильных оксидных фаз, таких как VO , V_2O_3 , V_2O_5 , VnO_{2n-1} и VnO_{2n+1} . Установлено, что характеристики MIT зависят от размера зерен, межфазной деформации и толщины пленки, на которые существенно влияют температура и тип подложки. Кроме того, переход металл-изолятор можно изменять с помощью легирования и деформации. Возможность управлять температурой фазового перехода является привлекательной для таких применений, как умные стекла, оптические переключатели, мемристормы и т.д. Широкий диапазон фаз создает проблемы как с фазообразованием, так и с фазовой стабильностью при синтезе и тестировании пленок VO_2 . Для успешного применения VO_2 в любом устройстве необходимо глубокое понимание механизмов и условий формирования, а также стабильности пленки.

Как показано на рисунке 1а, цепочки атомов V-V линейны вдоль оси c_R в фазе рутила с шагом решетки 0,288 нм, тогда как искажены в зигзагообразной форме в моноклинной фазе с двумя расстояниями 0,313 и 0,266 нм, соответственно. Фазовый переход полностью обратим при сверхбыстром переключении менее 100 фс. Как показано на рисунке 1б, оптические свойства $VO_2(M)$ могут переключаться при фазовом переходе между ИК-прозрачным $VO_2(M)$ и ИК-непрозрачным $VO_2(R)$. Фазовая чистота, кристаллические дефекты и наноструктуры могут существенно влиять на поведение фазового перехода $VO_2(M)$. Кроме того, VO_2 имеет разнообразные полиморфные модификации, включая такие метастабильные фазы, как $VO_2(A)$, $VO_2(B)$, $VO_2(C)$ и $VO_2(D)$ [1], а также минеральные фазы.

Получение чистой фазы $VO_2(M)$ требует простых стратегий синтеза с точно контролируруемыми условиями роста кристаллов. Для получения тонких пленок $VO_2(M)$ можно использовать такие методы, как химическое осаждение из газовой фазы (CVD), физическое осаждение из паровой фазы (PVD) и осаждение из растворов. Для метода CVD в качестве прекурсоров используются металлоорганические соединения $VO(\text{ацет})_2$, $V(\text{ацет})_3$, $VO(OC_3H_7)_3$, а также галогениды $VOCl_3$, VCl_4 . Для формирования ультратонких (<10 нм) пленок VO_2 применяется метод атомного слоевого осаждения (ALD). Часто используются методы импульсного лазерного осаждения и распыление с использованием мишеней ванадия V_2O_3 , VO_2 и V_2O_5 . Однако, такие методы требуют значительных финансовых затрат и дорогостоящего оборудования.

В этой связи все чаще обращаются к методам невакуумного осаждения из растворов: золь-гель метод и химическое осаждение из раствора, а также метод послойного химического осаждения (SILAR) [3]. Золь-гель осаждение основано на приготовлении растворов-прекурсоров, которые обычно состоят из смеси $VO(OC_3H_7)_3/H_2O$ или $VO(\text{ацет})_2/CH_3OH$. Раствор прекурсора наносят на подложку для образования гомогенной жидкой пленки с последующим отжигом. Осаждение из раствора имеет уникальные преимущества в управлении структурой поверхности тонких пленок $VO_2(M)$.

На формирование тонких пленок диоксида ванадия существенное влияние оказывает тип используемой подложки. Установлено, что использование таких оксидных подложек, как оксид алюминия (Al_2O_3) и диоксид титана (TiO_2) способствует кристаллизации, поскольку обычно требуется высокотемпературная кислородная обработка. Однако некоторые неоксидные материалы также могут быть использованы в качестве подложек, для получения VO_2 , такие как кремний (Si), германий и нитрид галлия, которые также могут демонстрировать приемлемые характеристики MIT.

Электрохимическое осаждение имеет множество преимуществ, таких как низкая стоимость, более точный контроль состава формируемых пленок и гибкость по сравнению с другими методами. Кроме того, электроосаждение можно проводить при комнатной температуре и давлении.

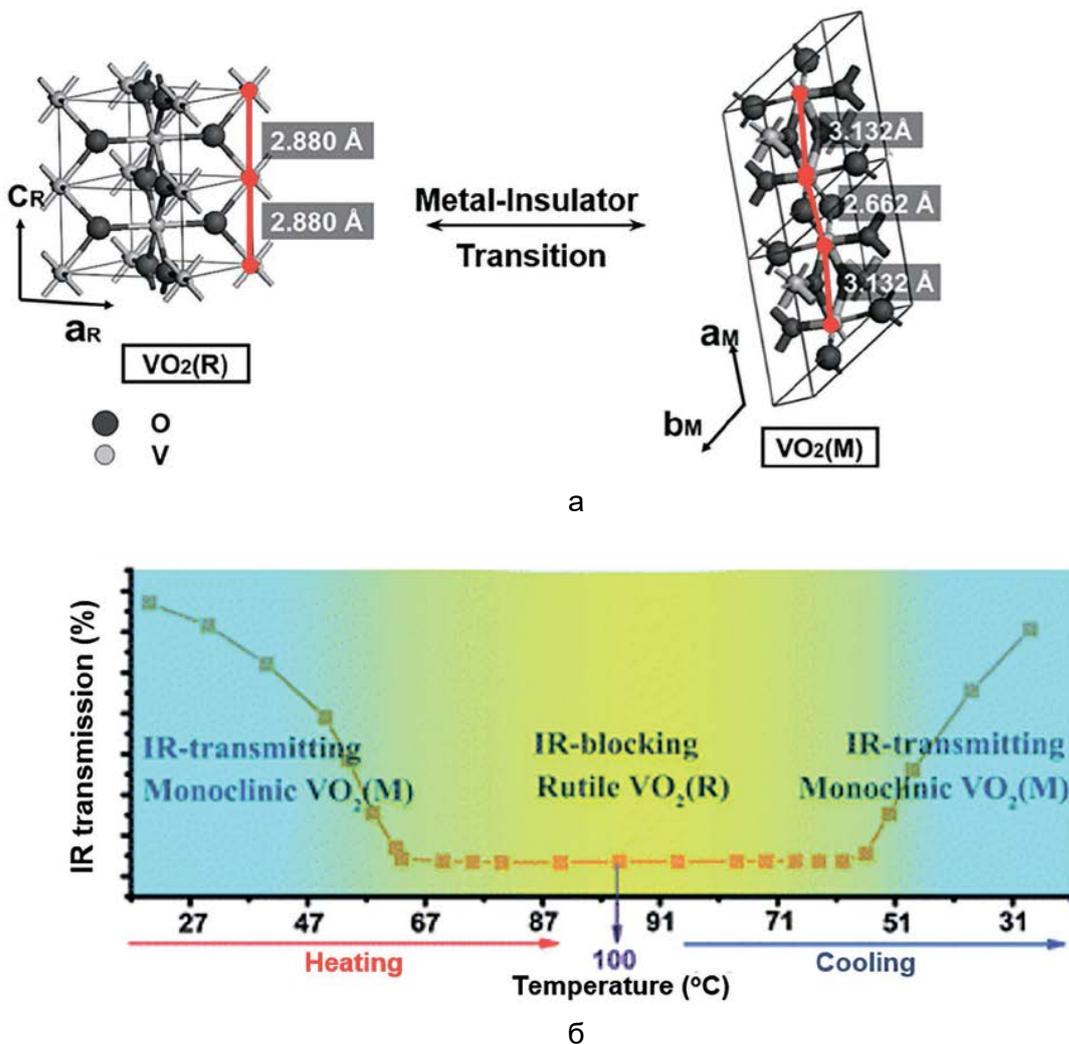
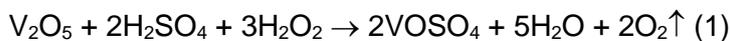
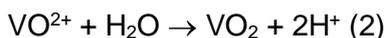


Рисунок 1 – а) Схематическое изображение перехода $VO_2(R)$ в $VO_2(M)$ в кристаллической структуре. б) Зависящее от температуры ИК-пропускание для типичного фазового перехода VO_2 [1].

В данной работе исследованы процессы осаждения пленок VO_2 методом электрохимического осаждения из раствора ванадилсульфата, полученного с использованием пятиоксида ванадия (ур.1).

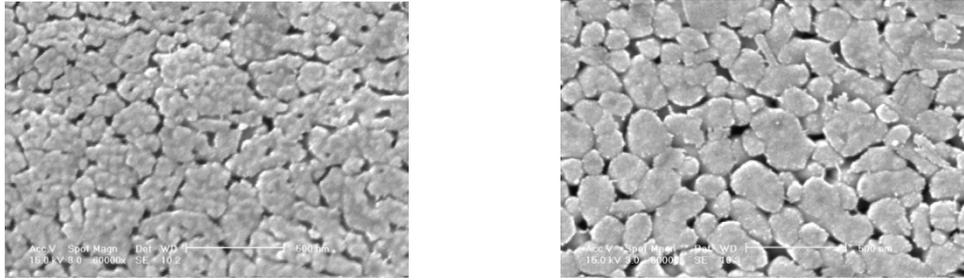


Для осаждения использован потенциостатический режим при напряжении +1В в течение приблизительно 2 минут.



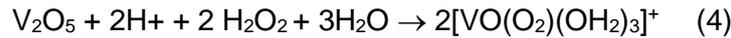
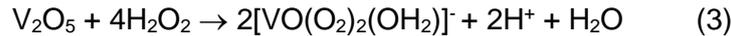
Полученные образцы отжигали на воздухе при $400^\circ C$ в течение 2 часов.

Установлено, что отжиг при температуре $400^\circ C$ является оптимальным для получения пленок диоксида ванадия, а также способствует увеличению размера зерна пленок VO_x от 50 нм до 100 нм. Изображение пленок, изготовленных методом электрохимического осаждения на подложку Si/TiO_2 после осаждения и после отжига при температуре $400^\circ C$, полученных методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), представлено на рис.2. Установлено, что продолжительность отжига влияет на размер зерен и характеристики пленок. Пленки, полученные методом электрохимического осаждения, имеют изначально сильно зернистую структуру, размер зерен которой увеличивается после отжига. Толщина полученных пленок составляла 80 – 100 нм.

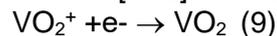


(а) Рисунок 2 – СЭМ изображение пленок VO_x , полученных методом электрохимического осаждения на подложке Si/TiO_2 . (а) до отжига и (б) после отжига при $400^\circ C$

В качестве второго исходного материала для формирования пленок диоксида ванадия использовали порошок V_2O_5 , который растворяли в дистиллированной воде и H_2O_2 (30 вес.% в H_2O) с образованием раствора V_2O_5 концентрации 0.3 М и с соотношением $n(H_2O_2) : n(V) = 8,0 : 1$. Конечный раствор перемешивали 15 минут. Желтый раствор начинал слегка пузыриться и постепенно становился оранжевым. Через 5 минут раствор приобретал рубиново-красный цвет. Этот раствор разбавляли до концентрации $C_v = 0.06$ М, а затем перемешивали, пока он не становился коричневато-красным гелем V_2O_5 . Далее раствор разбавляли до $C_v = 0,0075$ М и перемешивали в дистиллированной воде до образования прозрачного раствора кирпично-красного цвета с $pH = 2,6$. Напряжение осаждения -2.4 В. В процессе приготовления протекали следующие химические реакции:



Изменение цвета можно объяснить образованием аниона $[VO(O_2)_2(OH_2)]^-$ (ур.1). Через 5 минут суспензия превращалась в прозрачный раствор рубиново-красного цвета, что позволяет предположить, что основной разновидностью ионов в растворе является красный катион $[VO(O_2)(OH_2)_3]^+$ (ур.4 и 5). После добавления деионизированной воды для разбавления раствора до 0,06 М раствор обрабатывали ультразвуком в течение 1 часа и постепенно превращался в коричневато-красный раствор с более высокой вязкостью. Это изменение можно объяснить трансформацией вида ионов в катион диоксованадия $[VO_2]^+$ (ур.6). Наблюдавшиеся при смешивании V_2O_5 и H_2O_2 пузырьки являются результатом выделения газообразного кислорода (ур.5 и 6); каждая молекула V_2O_5 выделяет $2O_2$. Повышенная вязкость и образование коричневато-красного геля соответствуют началу гелеобразования $V_2O_5 \cdot nH_2O$. После длительного перемешивания (3 часа) коричневато-красную смесь $V_2O_5 \cdot nH_2O$ разбавляли до концентрации 0,0075 М и $pH = 2.7$. При катодном осаждении электроны движутся в направлении катода, поэтому частицы V^{5+} из коллоидных частиц V_2O_5 и катионы диоксованадата VO^{2+} восстанавливаются на поверхности подложки (ур.8,9):



Таким образом, в процессе электрохимического осаждения получены пленки VO_2 на подложке Si/TiO_2 . Исследованы два варианта процесса осаждения – при напряжении $+1$ В и $-2,4$ В. Установлено ориентирующее влияние подложки на процесс кристаллизации и температуры отжига на размер зерен пленок.

Список использованных источников:

1. Recent Advances in Nanostructured Vanadium Oxides and Composites for Energy Conversion / Minsu Liu [etal] // Adv. Energy Mater, 2017. – P. 1700885
2. Mark Lust, Nima Ghalichechian. Multiphysics simulation of hypersensitive microbolometer sensor using vanadium dioxide and air suspension for millimeter wave maging / Shangyi Chen [etal] // Microsystem Technologies, 2020. – P.20 doi.org/10.1007/s00542-020-05031-0
3. Synthesis, Characterization and Electrochemical Properties of SILAR Deposited V_2O_5 Thin Film / M. S. Pawar [etal] //Int. J. of Res. Stud. Sci., Engin. and Technol, 2015. – PP 47-52

**ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РТ-БТИЗ,
СФОРМИРОВАННОГО НА ОБЪЕМНОМ КРЕМНИИ**

Тхань Н.Ч., Ловшенко И.Ю.,

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Беларусь*

Стемпичий В.Р. – канд. техн. наук, доцент

Представлены результаты моделирования конструктивно-технологических параметров приборных структур асимметричного биполярного транзистора с изолированным затвором (РТ-БТИЗ), сформированного в стандартном кремнии.

Ключевые слова: асимметричный биполярный транзистор с изолированным затвором, конструкция, технология изготовления, РТ-БТИЗ, статические и динамические характеристики.

Введение

Благодаря сочетанию легко управляемого МОП-затвора и низких потерь проводимости БТИЗ является предпочтительным устройством для приложений с высокими токами и напряжениями. Теперь, благодаря последнему поколению РТ-БТИЗ, компромисс между потерями переключения и проводимости сбалансирован, так что IGBT вторгаются в область высокочастотных и высокоэффективных силовых МОП-транзисторов. Эта тенденция стала возможной благодаря значительному улучшению скорости переключения с помощью РТ-БТИЗ последнего поколения при сохранении низких потерь проводимости, характерных для БТИЗ. В большинстве случаев разработчики схем, использующие эти новейшие технологии БТИЗ, могут значительно снизить затраты практически без ущерба для эффективности.

Асимметричный БТИЗ (РТ-БТИЗ) – Это транзистор NPT-БТИЗ, который имеет буферный слой N^+ между толстой подложкой типа P^+ и областью N -дрейфа, которая эпитаксиально выращена сверху. На рис. 1 представлены структуры NPT-БТИЗ и РТ-БТИЗ.

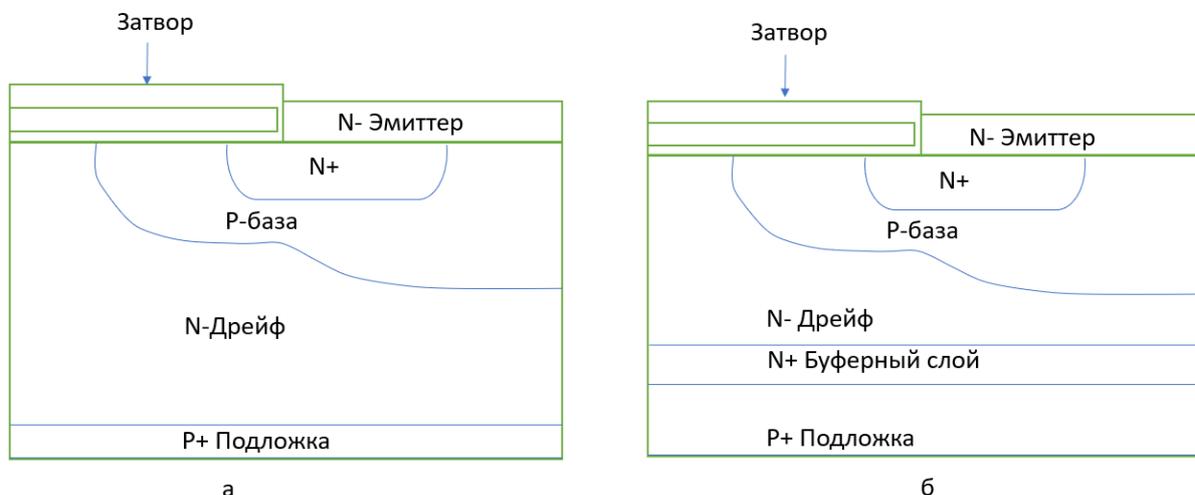


Рисунок 1 - Структура NPT-БТИЗ на объемном кремнии (а), РТ- БТИЗ на объемном кремнии (б)

Во время перехода переключения скорость выключения увеличивается за счет буферного слоя N^+ за счет снижения эффективности ввода неосновных носителей. Часть инжектированных дырок из P^+ -коллектора рекомбинируется в буферной области для улучшения характеристик переключения. Кроме того, за счет снижения коэффициента усиления по току PNP-транзистора в равной степени улучшаются характеристики фиксации. Недостатком этого является увеличение падения напряжения во включенном состоянии. Однако при той же способности устройства блокировать прямое напряжение толщина области n-дрейфа может быть уменьшена, поскольку буферный слой N^+ улучшает способность блокирования прямого напряжения. В результате этого падение напряжения в включенном состоянии может быть уменьшено. Таким образом, с точки зрения скорости переключения и прямого падения напряжения РТ-БТИЗ имеет лучшие компромиссные характеристики по сравнению с NPT-БТИЗ [1].

Исследуемая конструкция и технология производства РТ-IGBT

В традиционном разрешенном напряжении РТ-БТИЗ используется пластина, которая формируется путем эпитаксиального N^- -дрейфа на подложке P^+ . Поскольку толщина N^- -дрейфа слоя тонкая, для стабильного производства толщина коллекторного слоя P^+ должна превышать 200 мкм [2]. На рис. 2 представлена исследуемая конструкция РТ-БТИЗ с длиной канала = 2,4 мкм.

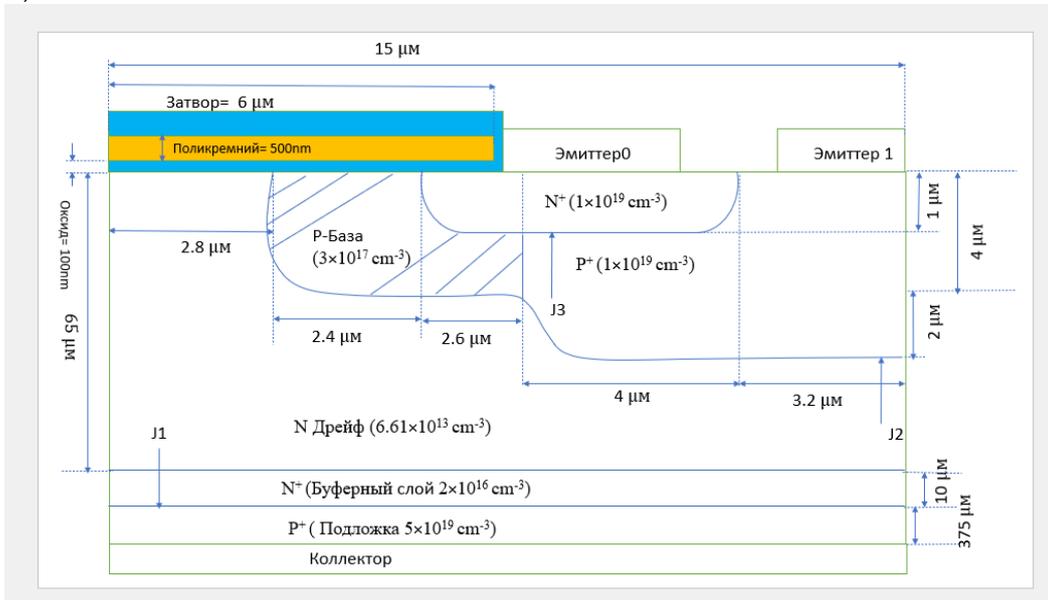


Рисунок 2 - Конструкция РТ-БТИЗ на объемном кремнии с длиной канала = 2,4 мкм.

Структуру РТ-БТИЗ обычно изготавливают путем выращивания дрейфовой области N-типа поверх подложки P^+ . Первоначальный рост области дрейфа N-типа выполняется с большей концентрацией легирования для создания N^+ -буферного слоя. Остальная часть области дрейфа N-типа затем выращивается с низкой концентрацией легирования до толщины, необходимой для поддержания прямого запирающего напряжения. В центре окна поликремниевого затвора формируется глубокая область P^+ для подавления запирающего паразитного тиристора в обеих структурах БТИЗ. Его глубина выбрана таким образом, чтобы легирующая примесь P-типа не проникала в полупроводник ниже электрода затвора за счет латеральной диффузии [3]. Для этой цели моделирование и проектирование технологии изготовления РТ-БТИЗ и соответствующее моделирование устройства были выполнены с помощью модуля ATHENA (программа Suprem) и модуля ATLAS в программном пакете Silvaco [4].

Исходным материалом для структуры РТ-БТИЗ является высокочистая, бездислокационная и сильно легированная примесями кремниевая пластина N-типа с кристаллографической ориентацией $\langle 100 \rangle$, протяженностью 15 мкм, глубиной 8 мкм. Данная область является N^- -базой, которая является основой для формирования активной структуры. Данная область легированная фосфором до концентрации $6,61 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Операция заключается в формировании глубокой области P^+ -базы. Это реализуется путем имплантации

бора с высокой энергией имплантации $E = 150$ кэВ и дозой $D = 0.22 \cdot 10^{16}$ см⁻² и последующим отжигом (температура $T = 1150$ °С и продолжительность $t = 113$ мин). Максимальная концентрация примеси в P⁺-базы $1 \cdot 10^{19}$ см⁻³. На рис.3 представлен результат формирования P⁺-базы области РТ-БТИЗ.

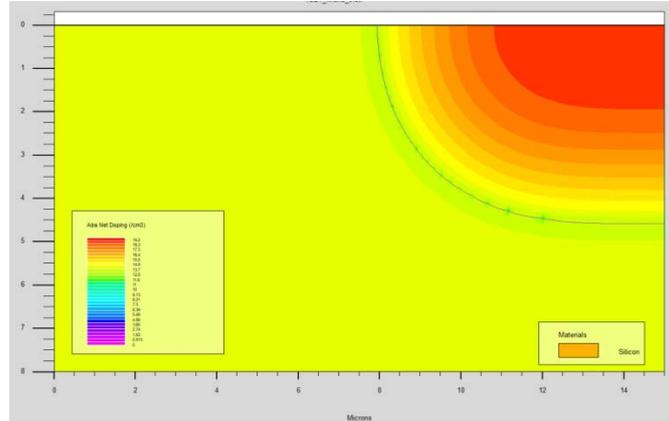


Рисунок 3 - Сформированный карман P⁺-базы РТ-БТИЗ

Формирование P⁺-базы БТИЗ. Карманы P-типа сформированы ионной имплантацией бора с энергией 150 кэВ и дозой $0,17 \cdot 10^{15}$ см⁻². Проведен отжиг пластины в течении 105 при температуре 1150 °С. Максимальная концентрация примеси в P-базе $3,0 \cdot 10^{17}$ см⁻³. На рис.4 представлен результат формирования P⁺-базы области РТ-БТИЗ.

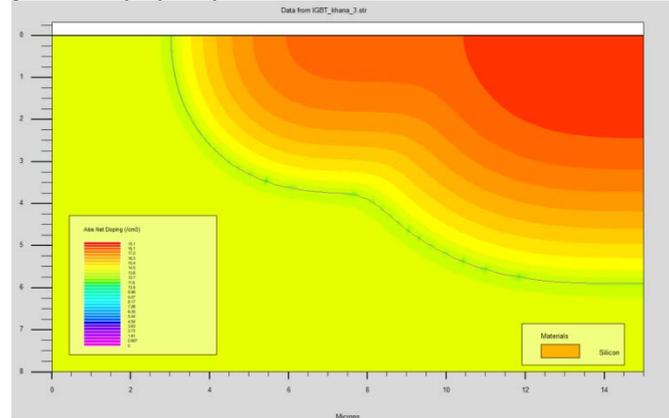


Рисунок 4 - Сформированный карман P⁺-базы РТ-БТИЗ

Формирование N⁺-эмиттера РТ-БТИЗ. Карман n-типа сформирован ионной имплантацией фосфора с энергией 100 кэВ и дозой $0,15 \cdot 10^{16}$ см⁻². Проведен отжиг пластины в течении 15 минут при температуре 1150 °С. Максимальная концентрация примеси в N⁺-базе $1 \cdot 10^{19}$ см⁻³. На рис.5 представлен результат формирования N⁺-эмиттера области РТ-БТИЗ.

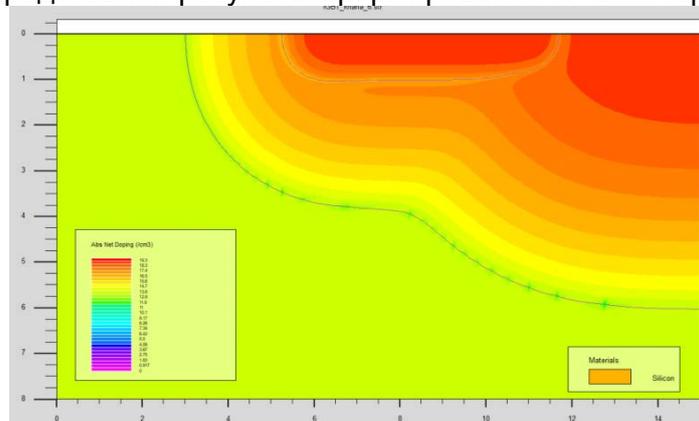


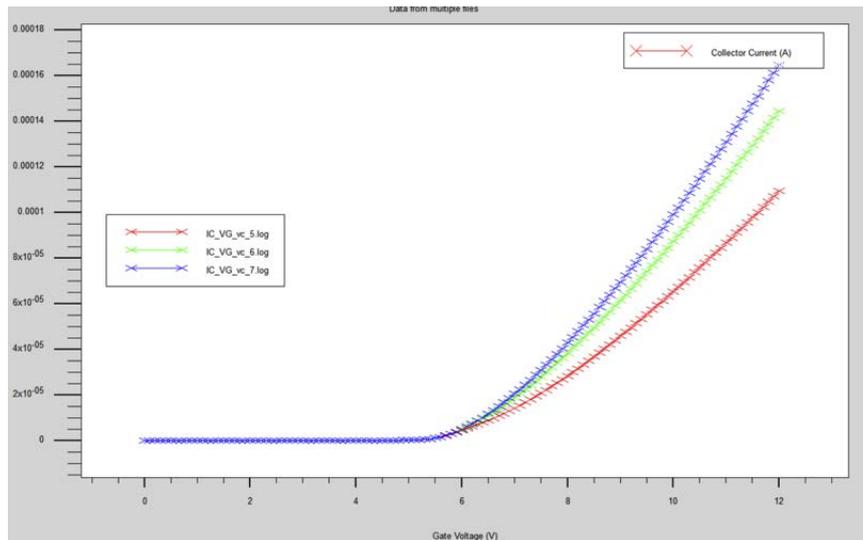
Рисунок 5 - Сформированный карман N⁺-эмиттер РТ-БТИЗ

Два рп-перехода (N+-эмиттер/P-база и P-база/N-дрейфа) определяют размер канала РТ-БТИЗ. Каждое соединение соответствует соответствующей маске граничного вентиля. Поскольку оба конца канала определяются с помощью структуры вентиля, такой как маска, обеспечивается точное выравнивание вентиля и канала. Также точно контролируется длина канала.

Результаты моделирования ВАХ РТ-IGBT.

Моделирование технологического маршрута формирования и электрических характеристик приборных структур РТ-БТИЗ выполнялось с использованием программного комплекса компании SILVACO [4].

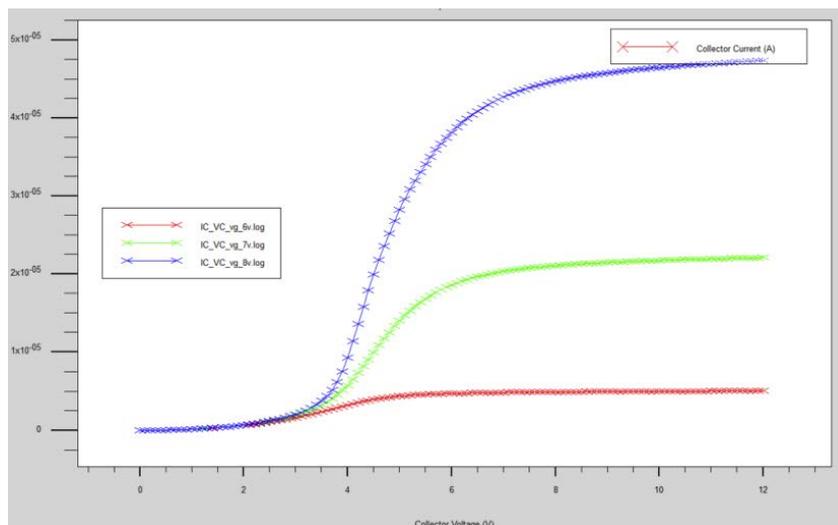
Зависимости тока коллектора I_c от напряжения на затворе V_g при напряжении на коллекторе V_c (5,6,7 В) представлены на рис. 6. Пороговое напряжение составляет около 6В.



1 – $V_c = 5\text{В}$; 2 – $V_c = 6\text{В}$; 3 – $V_c = 7\text{В}$

Рисунок 6 - Зависимости тока коллектора I_c от напряжения на затворе V_g

Семейство зависимостей тока коллектора I_c от напряжения на коллекторе V_c при разных значениях напряжения на затворе V_g (6, 7, 8В) представлено на рис.7



1 – $V_c = 5\text{В}$; 2 – $V_c = 6\text{В}$; 3 – $V_c = 7\text{В}$

Рисунок 7 - Зависимости тока коллектора I_c от напряжения на затворе V_c

Рассчитанная динамическая характеристика при значении напряжения на коллекторе $V_c=6\text{В}$ приведены на рис. 8.

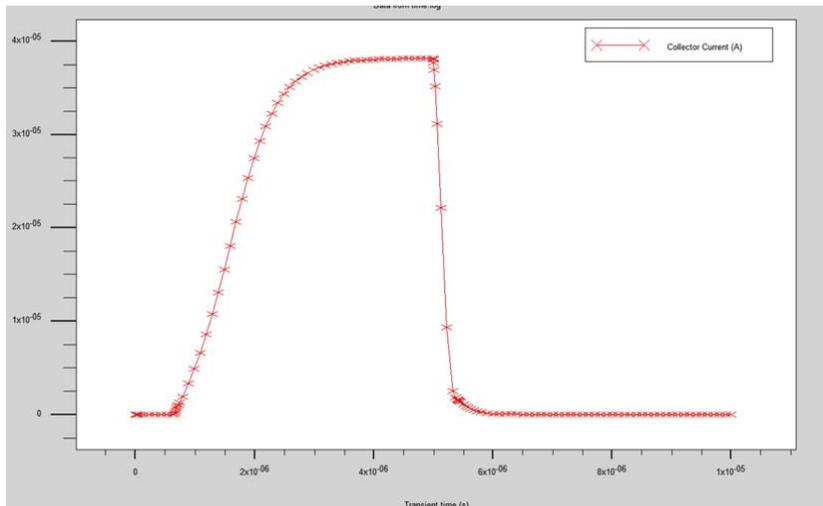


Рисунок 8 - Динамические характеристики РТ- БТИЗ

Характеристика прямой пробы РТ-БТИЗ приведена на рис.9. Напряжения составляет около 900В.

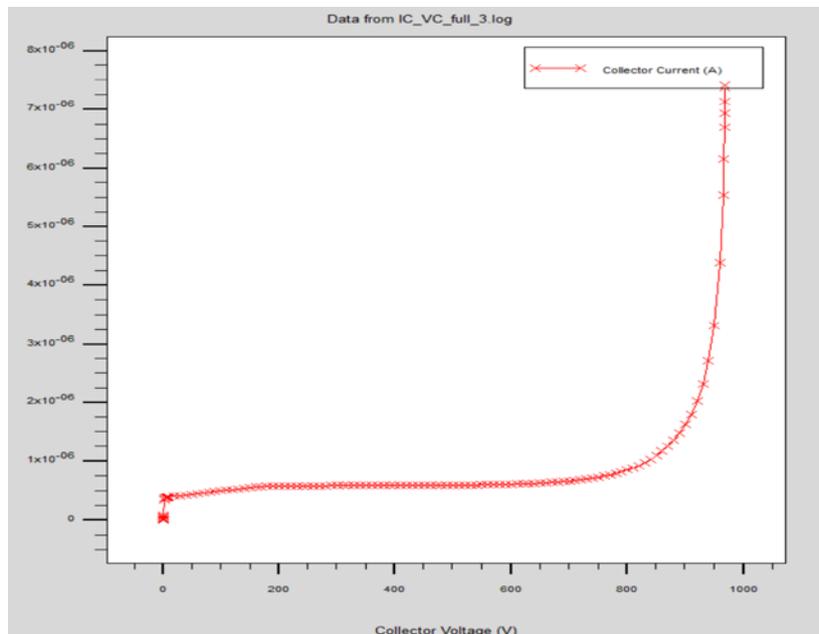


Рисунок 9 - Зависимость тока коллектора I_c от напряжения на коллекторе V_c при пробой

Заключение

В статье представлены и обсуждаются результаты технологического моделирования технологии изготовления транзисторной структуры РТ-БТИЗ с использованием программного комплекса Silvaco. Представленные результаты были использованы в качестве входных параметров для расчета и оптимизации электрических характеристик исследуемого РТ-БТИЗ транзистора.

Список использованных источников:

1. *Khanna V.K.* The Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT. Theory and Design. IEEE, 2003.
2. *Mochizuki K., Ishii K., Takeda M.* Examination of Punch Through IGBT(PT-IGBT)for High Voltage and High Current Applications. IEEE, 2003.
3. *Baliga B.J.* Fundamentals of Power Semiconductor Devices, 2008.
4. SILVACO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://silvaco.com/>. – Дата доступа: 06.12.2016.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДВУХОСНАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Чернушевич Е.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Глецевич П.О. – ст. преподаватель кафедры
электроники

Аннотация. Создается автоматизированная двухосная система позиционирования. Для обеспечения попадания прямых солнечных лучей на рабочие поверхности систем, генерирующих электричество, либо систем генерирующих (концентрирующих) тепловую энергию.

Ключевые слова. Система позиционирования, рабочая поверхность, автоматический режим, ручной режим, штормовой режим.

Применение систем позиционирования встречается практически во всех современных производственных и научных областях и не обошли и энергетическую отрасль, в частности, альтернативную.

В данной работе будет рассмотрена автоматизированная двухосная система позиционирования. Для обеспечения попадания прямых солнечных лучей на рабочие поверхности систем, генерирующих электричество, либо систем генерирующих (концентрирующих) тепловую энергию.

В качестве рабочих поверхностей выступают:

- солнечные панели;
- зеркала параболического отражателя фокусирующие солнечную энергию на двигатель Стирлинга;

– зеркала параболического отражателя фокусирующие солнечную энергию на концентрированные фотоэлектрические модули;

– зеркала параболического отражателя фокусирующие солнечную энергию на устройство с теплоносителем;

- оптические устройства и др[1].

Благодаря таким системам солнечные панели вырабатывают максимальное количество энергии. Для солнечных концентраторов тарельчатого типа прямое падение солнечных лучей на его поверхность под прям, для дальнейшей фокусировки на приемник является обязательным условием работы [2].

В данной работе будет рассматриваться двухосная система позиционирования на несущем столбе у которого рабочая поверхность монтируется на вершине столбовой конструкции.

Предполагается система закрытого цикла. В таких системах применяют светочувствительную электронику в качестве которой выступают фотоэлектрические датчики.

Траектория движения задаётся в неявном виде, а именно в виде динамики дифференциального сигнала с датчика Солнца. Принцип работы алгоритма с ними завязан на корректировке системы для обеспечения одинакового попадания солнечного излучения на все фотоэлектрические элементы[3].

Двухосная система позиционирования должна обеспечивать несколько режимов работы.

Автоматический режим, предполагающий самостоятельное определение местоположения Солнца для расчета и задачи оптимальных углов позиционирования рабочей поверхности перпендикулярно потоку солнечной энергии.

Ручной режим, предполагающий менять углы позиционирования оператором с помощью блока управления и/или ЭВМ при необходимости различных операций таких, как чистка рабочей поверхности, замена рабочей поверхности, позиционирование в штормовое положение и другие пусконаладочные работы.

Штормовой режим, предполагающий позиционирование рабочей поверхности в особое положение для минимизации шанса повреждения системы. В большинстве случаев рабочая поверхность перемещается в горизонтальное положение, так как основной опасностью является сильная ветровая нагрузка[4].

Комплектация двухосных систем позиционирования, состоит из:

- несущей конструкции, состоящей из подвижной и фиксированной частей;
- системы позиционирования подвижной части, состоящей из электромеханических исполнительных механизмов;
- контроллера управления системой позиционирования;
- метеостанции (в простейшем случае представляющую из себя блок управления; систему для удаленного управления и мониторинга; различные датчики).

Необходимость полной комплектации является опциональной и не всегда экономически обоснована[1].

Для автоматического режима работы предполагается использовать датчик Солнца

При попадании прямого солнечного излучения на все пять фотоэлементов они будут выдавать один ток и перемещение не требуется.

При уменьшении выдаваемого тока одного из фотоэлементов относительно находящегося противоположно будет сообщать о том, что со стороны фотоэлемента, выдающего большие ток находится Солнце, и система должна совершить поворот по азимуту или углу места для компенсации разницы токов фотоэлементов.

Шестой фотоэлемент, находящийся на противоположной стороне основания пирамиды относительно других служит для понимания системы, что Солнце находится, с другой стороны. Обычно это происходит утром.

Фотоэлемент находящийся в середине усеченной пирамиды служит для измерения текущей освещенности[5].

Для ручного режима предполагается применение блока управления.

В качестве блока управления были выбраны пять кнопок без фиксации, две отвечают за поворот по азимуту, две за угол наклона, одна за переход в другой режим.

Для приведения системы в штормовое положение требуется определять скорость ветра. Для данной задачи подходят инструменты, разработанные для определения скорости движения воздуха, анемометры.

Принцип работы анемометра базируется на оценке угловой скорости вращения вала, которая создается потоком воздуха, попадающим на чашки устройства. Интенсивность ветра и вращения пропорциональны[6].

Для данной работы предлагается использовать шаговые двигатели.

Важными преимуществами ШД можно считать:

- точное позиционирование;
- высокая надежность за счет отсутствия трущихся компонентов.

Отличительной особенностью шагового двигателя является дискретное вращение, при котором заданному числу импульсов соответствует определенное число совершаемых шагов[7].

Список использованных источников:

1. United Solar Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ust.su/solar/media/section-inner79/3032/>
2. Концентраторы солнечного излучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poznayka.org/>
3. Дюсьмикеев А. Б. Проектирование строительных конструкций с учетом энергоэффективных инженерных систем. Энергообеспечение инженерных систем и мест общего пользования солнечными фотоэлектрическими панелями //ПРООН/ГЭФ Проект. – 2016. – №. 00077154. – С. 20.
4. ГОСТ Р 57229-2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/>
5. Аржанов К. В. Двухкоординатная система наведения солнечных батарей на Солнце //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2014. – Т. 324. – №. 4. – С. 139-146.
6. Анемометр: принцип работы и основные виды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://supereyes.ru/articles/anemometer/>
7. Шаговый двигатель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/>

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНОЙ ФИТОМАССЕ И ПОЧВЕ

Пашкевич В.Э.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Адамович В.Е. – ассистент кафедры
электроники

Аннотация. Целью статьи является изучение содержания радионуклидов в лесной фитомассе на загрязненных территориях, изучение текущей радиационной обстановки в Добрушском районе. В статье анализируются данные, полученные путем измерения удельной активности почвы, хвои, мха, грибов и коры деревьев. На основании проведенного исследования сделаны выводы о принадлежности территории к зоне с постоянным радиационным контролем и/или отсутствии значительного количества радионуклидов в воздухе.

Ключевые слова. Накопление радионуклидов в деревьях, цезий-137, авария на ЧАЭС, радиоактивное загрязнение почвы, стронций-90, радиационная обстановка в Добрушском районе.

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошел выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, что привело к выпадению на территорию Республики Беларусь осадков 23 основных радионуклидов. Но в большинстве своем это были короткоживущие радиоизотопы, которые распадались в течение минут, часов или дней после выброса. Спустя несколько лет в радиоактивном загрязнении территорий стали доминировать следующие радионуклиды: цезий ^{137}Cs , стронций ^{90}Sr и изотопы плутония (238 , 239 , ^{240}Pu).

Загрязнение Беларуси ^{137}Cs (период полураспада 30 лет) с плотностью свыше 37 кБк/м² составило около 23% от площади республики. Загрязнение носит весьма неравномерный, "пятнистый" характер. Основные пятна: ближняя зона ЧАЭС (30-км зона вокруг самой станции), северо-западный след (южная и юго-западная часть Гомельской области, центральные части Брестской, Гродненской и Минской областей), север Гомельской и центральной части Могилевской областей.

Загрязнение территории республики ^{90}Sr (период полураспада 29 лет) носит более локальный характер. Уровни загрязнения почвы этим радионуклидом выше 5,5 кБк/м² обнаружены на 10% площади от территории республики. Максимальные уровни ^{90}Sr обнаружены в пределах 30-км зоны ЧАЭС и достигали величины 1800 кБк/м² в Хойникском районе Гомельской области. Наиболее высокая активность ^{90}Sr в почве в дальней зоне обнаружена на расстоянии 250 км – в Чериковском районе Могилевской, а также в северной части Гомельской области, в Ветковском районе.

Загрязнение почвы изотопами плутония (238 , 239 , ^{240}Pu) с плотностью более 0,37 кБк/м² охватывает менее 2% площади республики. Эти территории преимущественно находятся в Гомельской области (Брагинский, Наровлянский, Хойникский, Речицкий, Добрушский и Лоевский районы) и Чериковском районе Могилевской области [1].

Теоретическая часть

В первые дни после аварии около 30 % всех радиоактивных выпадений на лесные площади было задержано надземными частями древесных растений и около 20 % выпало на напочвенный покров. К концу лета 1986 г. в надземной фитомассе осталось 13-15 % общего количества выпавших радионуклидов, а начиная с 1988 г. усиливается корневое поступление в надземную фитомассу радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Согласно проведенным ранее исследованиям [2], по состоянию на 2001 г. в надземной части, в зависимости от возраста и густоты лесных насаждений, породы деревьев и условий произрастания, находилось 5-7% радионуклидов. Исследования свидетельствуют о продолжающемся процессе накопления радионуклидов в древесине. В ходе данного исследования были сделаны следующие выводы:

«Прогноз радиоактивного заражения лесной площади показывает, что загрязнение лесов будет нарастать и радионуклиды начнут поступать в древесный ярус в основном через

корневую систему. В ближайшие 10-15 лет надземная фитомасса, в частности 30-летних сосняков, накопит 10-15 % от общего запаса Cs-137 в лесных массивах.

В настоящее время радиационная обстановка в лесах зоны 15-40 Ки/км² обусловлена загрязнением древостоя, подстилки и верхнего слоя почвы цезием-137.»

В ходе бета-распада ¹³⁷Cs с вероятностью 5,4% нуклид превращается в стабильный изотоп бария ¹³⁷Ba. С вероятностью 94,6% сперва образуется изомер бария ^{137m}Ba (период полураспада 2,552 мин), который превращается в стабильный ¹³⁷Ba с испусканием гамма-кванта с энергией 661,7 кэВ. Повышенная регистрация частиц на энергетическом спектре гамма-излучения в области определенной энергии создает пик на спектре. Пик в области данной энергии будет свидетельствовать о наличии в образце ¹³⁷Cs. Вышеописанное явление проиллюстрировано на рисунке 1. Площадь пика определяется интенсивностью гамма-излучения от образца и пропорциональна его активности.

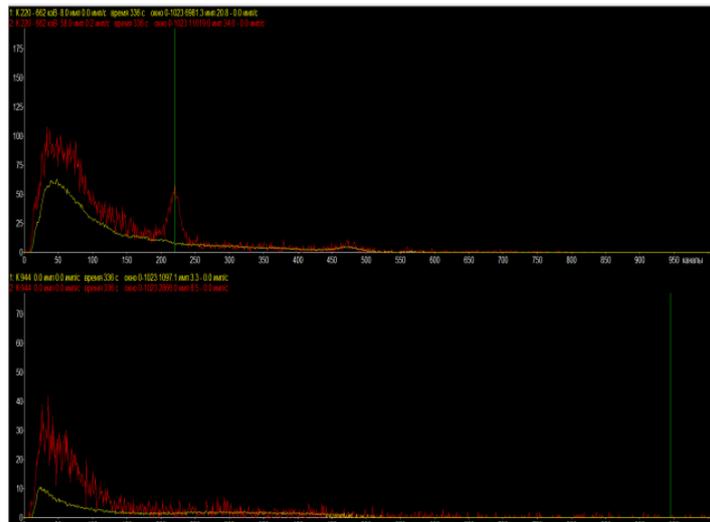


Рисунок 1 – Цезиевый пик (спектр почвы в наложении с фоном)

⁹⁰Sr претерпевает бета-распад, переходя в радиоактивный иттрий ⁹⁰Y (период полураспада 64 часа) с испусканием бета-частицы со средней энергией 195.7 кэВ, который, в свою очередь, распадается в стабильный цирконий-90 с испусканием бета-частицы со средней энергией 932.3 кэВ.

Так как энергия бета-распада распределяется случайным образом между бета-частицей и нейтрино (в некоторых случаях гамма-квантом), энергетический спектр бета-излучения непрерывный. Энергия бета-частицы при этом будет регистрироваться спектрометром в диапазоне от 0 до максимальной энергии частицы. Повышенная регистрация частиц в области энергий, соответствующих распаду ⁹⁰Sr на бета-спектре будет свидетельствовать о наличии в образце ⁹⁰Sr. Вышеописанное явление проиллюстрировано на рисунке 2.

Практическая часть

Цель нашей работы - изучить содержание радионуклидов в деревьях и почве на загрязненных территориях, классифицируемых как зона проживания с периодическим радиационным контролем. Исследования проводили согласно «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности Sr-90, Cs-137 и K-40 на гамма-бета спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов Cs-137 и K-40 на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды» (МВИ.МН 1181-2011). Для измерения содержания радионуклидов в образцах почвы и лесопродукции использовался сцинтилляционный гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315. Для концентрирования данных образцов методом высушивания использовался анализатор влажности МАС-50.

Образцы были взяты на территории Добрушского района. Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 08.02.2021 № 75 «О перечне населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения» на территории Добрушского

района находится 29 населенных пунктов (далее н.п.), относящихся к зонам радиоактивного загрязнения, в том числе 1 н.п. в зоне последующего отселения; 7 н.п. в зоне с правом на отселения; 21 н.п. в зоне проживания с периодическим радиационным контролем; 55 н.п. не относящиеся к зонам радиоактивного загрязнения. Исследуемые образцы были взяты с территории, относящейся к зоне с постоянным радиационным контролем. Были проведены измерения почвы и следующих лесных ресурсов: грибов, хвои, мха и коры разных пород деревьев.

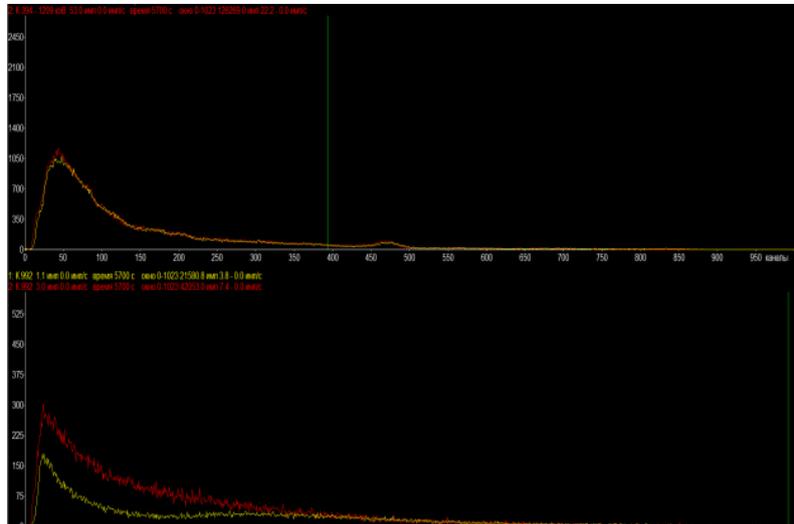


Рисунок 2 – Бета-спектр при содержании ^{90}Sr в образце (спектр коры клена в наложении с фоном)

Хвоя

Сосновая хвоя обладает адсорбционными свойствами, благодаря этому хвоя является эффективным биоиндикатором радиоактивного загрязнения приземного воздуха. Хвоя задерживает от 70 до 100% оседающих радиоизотопов стронция и цезия [3]. На практике существует способ радиационного контроля за радиоактивным загрязнением территорий по определению радионуклидов в хвое деревьев и кустарников.

Было проведено измерение образцов хвои, принадлежащей сосне обыкновенной. Анализ полученных данных показывает, что содержание радионуклидов в хвое в пределах погрешности, а именно удельная активность ^{137}Cs 1,69 Бк/кг с неопределенностью 93,2 Бк/кг. Содержание ^{90}Sr и ^{40}K не обнаружено.

Почва

Одной из составляющей радиационного контроля, в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды, является радиационный мониторинг почв. По определению удельной активности, наряду с измерением степени воздействия (величины эффективной эквивалентной дозы) радиации на человека, классифицируют зоны радиоактивного загрязнения. Основная доля радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr находится в верхнем корнеобитаемом слое почвы.

Для измерения были отобраны пробы дернины лесной почвы. Измерения показали удельную активность ^{137}Cs 311 Бк/кг с неопределенностью 84,7 Бк/кг. Содержание ^{40}K 102 Бк/кг с неопределенностью 56,7 Бк/кг, содержание ^{90}Sr не обнаружено.

Мох

Моховой покров способен накапливать и удерживать радиоактивные вещества, что является важной особенностью. Так мхи способны предохранять окружающую среду от накопления радионуклидов и фиксировать экологическую чистоту разных районов.

Были измерены образцы лесного мха и получены следующие результаты: удельная активность ^{137}Cs – 104 Бк/кг с неопределенностью 68,7 Бк/кг, ^{40}K – 105 Бк/кг с неопределенностью 68,4 Бк/кг, ^{90}Sr не обнаружен.

Грибы

К одним из главных продуктов побочного лесопользования относятся грибы. Известно, что представители данной группы являются сильными аккумуляторами различных поллютантов, в том числе и радионуклидов. Так, представители царства грибов поглощают от 10 до 70 % радиоизотопов, в то время как высшие растения – всего несколько процентов [4]. Проведены измерения проб трутовика настоящего, паразитирующего на деревьях. Измерения показали удельную активность ^{137}Cs 352 Бк/кг с неопределенностью 130 Бк/кг. Содержание ^{40}K и ^{90}Sr не обнаружено.

Кора

Также были проведены измерения коры деревьев. Результаты измерения удельной активности радионуклидов в коре деревьев различных пород представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения удельной активности радионуклидов в коре деревьев

Источник	Удельная активность, Бк/кг			Неопределенность, Бк/кг		
	Cs-137	Sr-90	K-40	Cs-137	Sr-90	K-40
Кора дуба	36.8	0	31.3	19.7	46.7	19.7
Кора осины	0	0	0	15.5	6	13.6
Кора клена	11.2	217	133	22.3	60.8	58.1
Кора сосны	26	0	0	21.9	8.4	20.6
Кора березы	28.4	30.0	199	22.0	22.7	56.5

Заключение

Анализируя данные практической части можно сделать следующие выводы:

1. Об отсутствии в приземном слое воздуха существенного количества радионуклидов.
2. Измерения подтверждают наличие в почве радионуклида ^{137}Cs . Его содержание с годами снижается. Величина удельной активности ^{137}Cs соответствуют его содержанию на территориях, классифицируемых как зона с периодическим радиационным контролем.
3. Удельная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в лесной фитомассе различна. Содержание радионуклидов в коре зависит от возраста, породы деревьев и условий их произрастания.
4. Измеренные образцы трутовиков настоящих имели удельную активность на порядок выше удельной активности коры дерева, на месте их произрастания.

Список использованных источников:

1. Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: официальный сайт. – Минск. – URL: <https://chernobyl.mchs.gov.by/informatsionnyy-tsentr/posledstviya-chernobylskoy-katastrofy-dlya-belarusi/> (дата обращения: 03.04.2024).
2. Радиоактивное загрязнение древесины чернобыльской зоны / И. В. Турлай, Г. А. Чернушевич, В. В. Перетрухин, В. В. Терешко; ИВУЗ. – “Лесной журнал”. – 2001. – №2. – с.1-2. – ISSN 0536 – 1036.
3. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А. Современные вопросы лесоведения и лесной биогеоценологии. М., Наука, 1974, с.184.
4. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. М.; 1977. 144.

УВЧ БЕСПРОВОДНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННО-СЕНСОРНАЯ ПЛАТФОРМА КОНТРОЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Побудей Ю. Р.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Кижлай И. Н. – канд. ф-м. наук, доцент

Аннотация. Приводится идентификационно-сенсорная платформа на базе технологии радиочастотной идентификации для контроля локальных значений температуры. Разработанная платформа содержит в себе RFID-метку, температурный датчик, антенну и программное обеспечение для управления считывателем.

Пассивные УВЧ-метки для технологии радиочастотной идентификации (RFID) первоначально разрабатывались как пассивные устройства идентификации. Питание метки осуществляется несущей частотой считывателя. Ответ метки происходит с использованием модуляции обратного рассеяния. Хотя основным использованием является маркировка предметов, сейчас наблюдается увеличение числа сфер применения этой технологии.

Дальнейшее развитие технологии радиочастотной идентификации – интеграция сенсорных датчиков различного применения в RFID-метки. Эта технология даёт возможность получения параметров об окружающей среде и предметах с использованием протоколов RFID-технологий. Что требует создания беспроводных идентификационно-сенсорных платформ (WISP).

Беспроводная идентификационно-сенсорная платформа – это система, базированная на радиочастотной идентификации, включающая в свой состав сенсор (интегрированный или выносной), упрощённая схема предлагаемой реализации изображена на рисунке 1 [1].

Устройство WISP обеспечивается энергией несущей частоты RFID-считывателя, а встроенный микроконтроллер собирает данные с подключённого датчика. Для связи со считывателем, WISP использует протоколы стандарта EPC Global [2].

Предложенная выше реализация беспроводной идентификационно-сенсорной платформы получила широкое применение в различных сферах, однако уже на данном этапе можно отметить несколько недостатков. Данное интегральное исполнение содержит в себе микропроцессор, который сам по себе увеличивает стоимость всей платформы. Также стоит отметить увеличение энергопотребления датчика, которое ввиду своего высокого показателя значительно уменьшает дальность действия связи с RFID-считывателем [3].

Разрабатываемая УВЧ беспроводная идентификационно-сенсорная платформа контроля локальных значений температуры (рисунок 2) исправляет вышеперечисленные недостатки. Она представляет собой систему из пассивной RFID-метки, настроенной на рабочий диапазон 860-960 МГц патч-антенны, выносного температурного датчика и, непосредственно, программного обеспечения для управления считывателем и контроля полученных данных. Принцип работы данного экспериментального макета основан на изменении импеданса антенны за счёт изменения комплексного сопротивления температурного датчика. Изменяя несущую частоту считывателя в заданном частотном диапазоне, программное обеспечение фиксирует значения пороговой чувствительности WISP-устройства на резонансной частоте. Эти данные сопоставляются с калибровочной характеристикой и, с помощью алгоритма пересчёта с заданной точностью вычисляется температура окружающей среды.

Проведены экспериментальные исследования, которые включали в себя измерение комплексного сопротивления термодатчика, который представлял собой отрезок коаксиальной линии полуволновой длины с термистором на конце. Путём нагрева термодатчика с шагом 5°C в заданном температурном диапазоне были замерены показания на векторном анализаторе. Эксперимент показал изменение КСВ и импеданса антенны от нагрева термодатчика. Экспериментальные данные были формализованы в графике зависимости импеданса (взятого в модуль) от значения температуры и частоты, изображённом на рисунке 3.

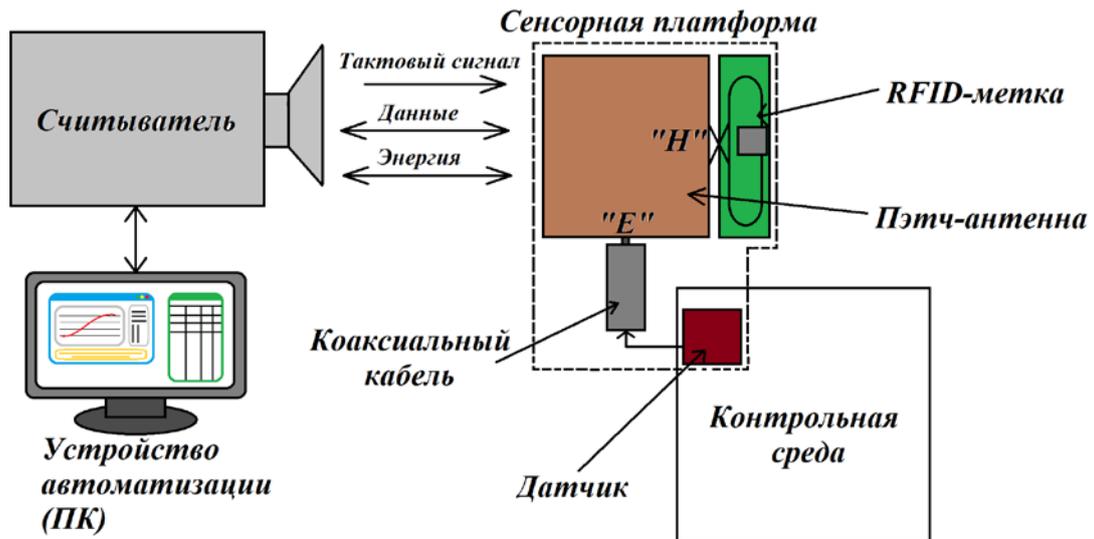


Рисунок 1 – Простая схема работы системы с WISP-устройством



Рисунок 2 – Трёхмерная модель экспериментального WISP-устройства

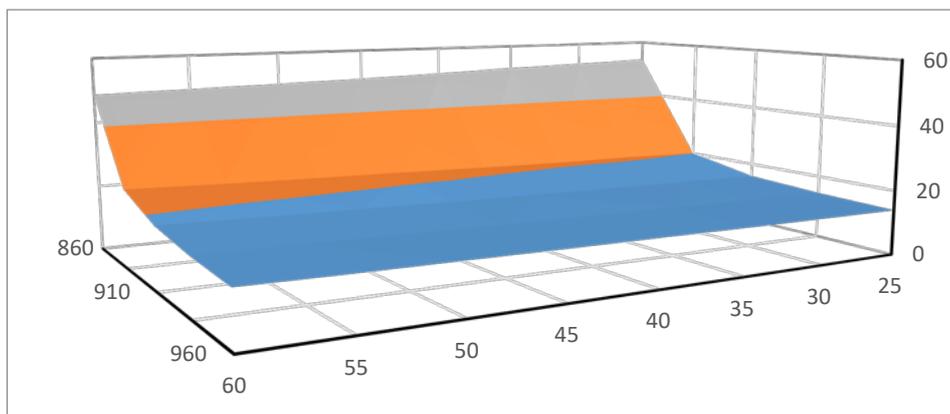


Рисунок 3 – График зависимости модуля импеданса (Ом) антенны от температуры (°С) и частоты (МГц)

Таким образом, было экспериментально установлено, что зависимость комплексного сопротивления температурного датчика от температуры окружающей среды действительно отражается на импедансе антенны. Данное свойство можно в дальнейшем использовать для определения чувствительности метки с помощью считывателя, тем самым определяя температуру в режиме реального времени по показаниям пассивной системы WISP.

Список использованных источников:

1. Wireless Identification and Sensing Platform Version 6.0 / Smith J. [et al.] // SenSys '22, 2022. – P. 899-900.
2. Measurement Based Evaluation of the Wireless Identification and Sensing Platform / Ramos V. E. // Technische Universität Wien, 2015. – P. 3-5.
3. Беспроводной мониторинг состояния окружающей среды с использованием технологии RFID и резонансных свойств обратного рассеяния пассивных радиочастотных идентификаторов УВЧ диапазона / Кирильчук В. Б. [и др.] // Информационные радиосистемы и радиотехнологии, 2022 – с. 69-71.

**УВЧ БЕСПРОВОДНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННО-СЕНСОРНАЯ ПЛАТФОРМА
КОНТРОЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ**

Мартыненко И. Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Кирильчук В. Б. – канд. техн. наук, доц.

Аннотация. Рассмотрена УВЧ беспроводная идентификационно-сенсорная платформа для контроля локальных значений электропроводности жидкостей. Приводится алгоритм измерения локальных значений электропроводности, а также программное обеспечение для стандартного RFID-считывателя УВЧ диапазона с помощью которого производится измерение пороговой чувствительности сенсорных меток. Показана, что пороговая чувствительность сенсорной метки зависит от рассеивающих свойств антенны и связана с импедансными характеристиками датчика, включённого в область максимума распределения электрического поля антенны.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, сенсорные RFID системы, пассивные RFID метки, беспроводные сенсорные идентификационные платформы (WISP).

Технология радиочастотной идентификации (RFID-Radio Frequency Identification) УВЧ диапазона (860 - 960 МГц), изначально разработанная для широкомасштабного отслеживания ресурсов, в настоящее время рассматривается как основа построения быстро развертываемых, дешевых, беспроводных сенсорных сетей (БСС) для мониторинга состояния окружающей среды и объектов (ОСиО) [1]. Сфера использования БСС на основе УВЧ RFID обширна и включает такие приложения как экология, промышленность, сельское хозяйство, здравоохранение, медицина, интеллектуальный дом и офис и др. [2].

Для снижения затрат на развертывание крупномасштабных беспроводных сенсорных систем необходимо использовать малогабаритные недорогие сенсорные узлы (СУ) со сверхмалым энергопотреблением, которые в рамках аппаратных ограничений и компромисса между эффективностью антенны и потребляемой мощностью могут быть реализованы на основе пассивных или полупассивных RFID сенсорных транспондеров (СТ) УВЧ диапазона. Каждый сенсорный узел позволяет измерять один или несколько параметров окружающей среды (температура, влажность, давление, динамические пространственные параметры объектов и др.) и передавать их на одну или большее количество базовых станций (БС) или считывателей в соответствии с протоколом EPC global Class (1-3) Gen-2 (ISO/IEC 18000-63 тип C). В настоящее время для СТ УВЧ диапазона, разработаны и серийно выпускаются такие микрoeлектронные продукты (чипы), как EM4325 (EM Microelectronic), SL900A (AMS), ROCKY100 (Farsens). Для связи с встроенными или дополнительно подключаемыми

датчиками они оснащены цифровым интерфейсом, что предполагает использование в составе сенсорных транспондеров микроконтроллера (МК). Необходимость использования МК значительно удорожает сенсорный узел и приводит к увеличению общей потребляемой мощности сенсорного транспондера, ухудшает его пороговую чувствительность ($P_{ПСТ} \geq -13$ дБм) и, следовательно, уменьшает дальность связи с базовой станцией, особенно при функционировании в пассивном режиме работы (режим в котором питание аналоговой и цифровой частей сенсорного транспондера осуществляется от энергии радиочастотного поля базовой станции). Поэтому использование таких сенсорных транспондеров оправдано при построении беспроводных сенсорных систем с небольшим числом сенсорных узлов, требующих высокой точности измерения контролируемых параметров ОСиО.

Одним из возможных путей снижения стоимости и потребляемой мощности пассивных сенсорных транспондеров заключается в использовании относительно дешевых коммерческих УВЧ RFID чипов обладающих высокой пороговой чувствительностью (типовое значение современных чипов, например, NXP UCODE 8 составляет -23 дБм) интегрированных в структуру антенны, которая одновременно с основным назначением (приемом и передачей энергии ЭМП) выполняет функции сенсора (так называемые антенно-сенсорные транспондеры (АСТ) [3]. Сенсорные свойства антенны зависят от параметров ОСиО и поэтому проявляются в изменении ее электродинамических характеристик (входной импеданс, поле рассеяния, поляризационные свойства и т.п.). Так как большинство природных материалов не обладают магнитными свойствами и в основном характеризуются диэлектрической проницаемостью (ϵ), контроль параметров ОСиО целесообразно производить, основываясь на диэлькометрическом методе. Например, основываясь на измерении резонансной частоты $f_0(\epsilon)$ мощности рассеяния антенны $P_R(f_0)$ в зависимости от значения ϵ . В этом случае для повышения разрешающей способности метода ($P_R(\Delta f_0)/\Delta \epsilon$) в качестве антенн необходимо использовать открытые резонансные структуры с высокой нагруженной добротностью, в которых потери мощности, в основном, связаны с мощностью потерь на излучение.

В простейшей конфигурации пассивная УВЧ беспроводная идентификационно-сенсорная платформа состоит из считывателя и беспроводных сенсорных транспондеров. При использовании беспроводной сенсорной платформы стационарных сенсорных транспондеров они размещаются в заданном объеме пространства (сенсорном поле) с привязкой к конкретной координатной сетке, например декартовой (x_N, y_N, z_N) с помощью уникального идентификационного кода (EPC). Передатчик считывателя (Tx) генерирует колебание несущей частоты (КНЧ), которое через дуплексер (D) (предназначен для развязки трактов приема-передачи) излучается антенной считывателя в направлении СТ. Антенна считывающего устройства формирует зону считывания (ЗС), которая в случае слабонаправленных антенн СТ, определяется диаграммой направленности считывающего устройства (ДНСЧУ) и пороговой чувствительностью СТ ($P_{ПСТ}$). Если СТ находится в пределах ЗС (в пределах которой мощность КНЧ принятая СТ $P_{СТ} \geq P_{ПСТ}$), происходит активация СТ, и они способны отвечать на команды считывателя, формируемые в микропроцессоре (MP) считывателя. По запросу считывателя СТ передает в приемник (Rx) электронный идентификационный код (EPC). Управление работой УВЧ RFID БСС, осуществляется при помощи персонального компьютера (PC), оснащенного специализированным программным обеспечением (ПО).

Двухсторонний канал связи между считывателем и СТ является асимметричным, так как его параметры зависят от направления устанавливаемой связи с СТ. В «прямом канале», от считывателя к СТ (после его активации энергией ЭМП считывателя), осуществляется передача, предварительно кодированных команд управления и данных посредством амплитудной манипуляции КНЧ. В «обратном канале», от СТ к считывателю, по командам управления считывателя осуществляется передача предварительно кодированных данных, хранящихся в банках электронной памяти СТ, посредством модуляции обратной модуляции обратного рассеяния (MOR). MOR СТ может рассматриваться как комбинированная амплитудно-фазовая модуляция, с неизвестной начальной фазой и амплитудой сигнала. Поэтому в приемном тракте считывателя (Rx) для оптимального выделения информации осуществляется векторный анализ рассеянного СТ сигнала.

В приемниках RFID считывателей векторный анализ обычно производится с помощью квадратурной обработки принятого сигнала, и технически реализуется с использованием

квадратурных гомодинных демодуляторов (выходы I и Q). Синфазная и (I) и квадратурная (Q) составляющие содержат постоянную (DC) и переменную (AC) компоненты:

$$I = I_{DC} + I_{AC}; \quad Q = Q_{DC} + Q_{AC} \quad (1)$$

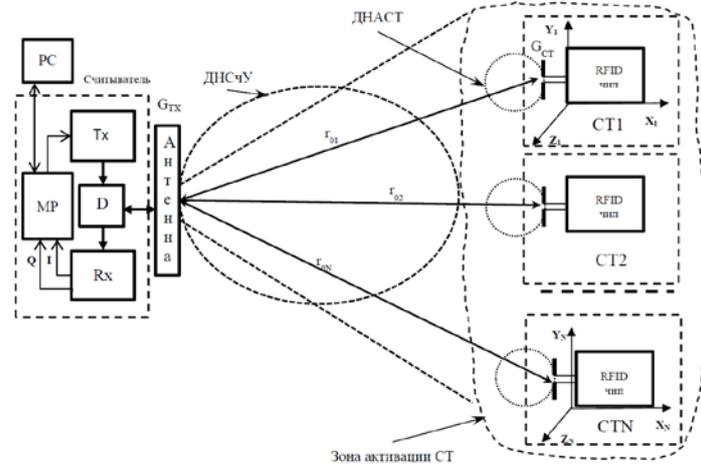


Рисунок 1 – Упрощенная конфигурация БСС на основе технологии УВЧ RFID

Составляющие постоянного тока возникают из-за просачивания мощности передатчика в тракт приемника, из-за конечной развязки дуплексера, импедансного рассогласования в антенно-фидерном тракте считывателя, а также различных статических отражений, возникающих от окружающих антенну местных предметов, включая статическое отражение от антенны СТ. Составляющие переменного тока связаны исключительно с МОП. Постоянная составляющая фильтруется и в дальнейшей обработке используется только AC компоненты. Тогда мощность и фазу отклика для СТ с порядковым номером N можно определить как:

$$P_{RXN} = (I_{ACN}^2 + Q_{ACN}^2)/Z_0; \quad \phi_{RXN} = \arctg(Q_{ACN}/I_{ACN}), \quad (2)$$

где $Z_0 = 50$ Ом – входное сопротивление приемника.

В случае связи в свободном пространстве мощность принятую антенной СТ с порядковым номером N (рис. 1) можно определить как:

$$P_{rCTN} = p_N(\xi) \frac{P_{TX} G_{TX} \lambda^2}{4\pi r_{0N}^2} G_{CTN}(\xi), \quad (3)$$

где $G_{CTN}(\xi)$ и $p_N(\xi)$ – коэффициент усиления антенны СТ с порядковым номером N и коэффициент поляризационного рассогласования в зависимости от контролируемого параметра среды (ξ) соответственно; G_{TX} – коэффициенты усиления антенн считывателя; r_{0N} – расстояние между антеннами считывателя и СТ с порядковым номером N; p – коэффициент поляризационных потерь; λ – длина рабочей волны считывателя.

Мощность, переданную в чип N-го СТ с учетом контролируемого параметра среды (ξ) можно найти через коэффициент передачи мощности $T_{AЧСТN}(\xi)$ из антенны СТ в чип СТ:

$$P_{rЧСТN} = P_{rCTN} T_{AЧСТN}(\xi), \quad (4)$$

где $T_{AЧСТN}(\xi) = 1 - |\Gamma_{mN}(\xi)|^2 = \frac{4R_{ACTN}(\xi)R_{ЧСТN}}{|\dot{Z}_{ACTN}(\xi) + \dot{Z}_{ЧСТN}|^2}$,

$|\Gamma_{mN}(\xi)| = \frac{\dot{Z}_{ЧСТN} - \dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{\dot{Z}_{ЧСТN} + \dot{Z}_{ACTN}(\xi)}$ – коэффициент отражения от СТ, который зависит от рассогласования импедансов чипа $\dot{Z}_{ЧСТN} = R_{ЧСТN} + jX_{ЧСТN}$ и антенны $\dot{Z}_{ACTN}(\xi) = R_{ACTN}(\xi) + jX_{ACTN}(\xi)$ N-го СТ.

С учетом (3) и (4) мощность, переданная в чип N-го СТ, составит:

$$P_{rCTN} = p_N(\xi) \frac{P_{TX} G_{TX} \lambda^2}{4\pi r_{0N}^2} \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{CTN}(\xi) T_{ACTN}(\xi), \quad (5)$$

Рассеянную в направлении считывателя N-м СТ мощность несложно определить через P_{rCTN} и коэффициент отражения его антенны:

$$P_{OPCTN} = P_{rCTN} G_{CTN}(\xi) |\Gamma_{mN}(\xi)|^2 \quad (6)$$

Мощность отклика N-го СТ на входе приемника считывателя с учетом (6) и (2) можно определить по формуле:

$${}^{1,0}P_{RXN} = \frac{({}^{1,0}I_{ACN}^2 + {}^{1,0}Q_{ACN}^2)}{Z_0} = \frac{1}{4\pi r_{0N}^2} \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{TX} {}^{1,0}P_{OPCTN} = p_N^2(\xi) \frac{P_{TX} G_{TX}^2 \lambda^4}{256\pi^4 r_{0N}^4} G_{CTN}^2 |\Gamma_{mN}(\xi)|^2 \quad (7)$$

где ${}^{1,0}\Gamma_{mN}(\xi)$ - комплексный коэффициент отражения поля антенной СТ в режиме передачи бинарных данных, который зависит от статических значений коэффициентов отражения и импеданса антенны СТ с учетом влияния параметра ξ :

$${}^1\Gamma_{mN}(\xi) = \frac{{}^1Z_{UCTN} - \dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{{}^1Z_{UCTN} + \dot{Z}_{ACTN}(\xi)} = \frac{1 - \frac{\dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{{}^1Z_{UCTN}}}{1 + \frac{\dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{{}^1Z_{UCTN}}} \text{ режим передачи соответствующего «1»};$$

$${}^0\Gamma_{mN}(\xi) = \frac{{}^0Z_{UCTN} - \dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{{}^0Z_{UCTN} + \dot{Z}_{ACTN}(\xi)} = \frac{1 - \frac{\dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{{}^0Z_{UCTN}}}{1 + \frac{\dot{Z}_{ACTN}(\xi)}{{}^0Z_{UCTN}}} \text{ режим передачи соответствующего «0»};$$

${}^{1,0}Z_{UCTN} = \dot{Z}_{UCTN} = {}^{1,0}R_{UCTN} + j{}^{1,0}X_{UCTN}$ - значениями входного импеданса чипа СТ в режиме модуляции цифровым потоком данных.

Тогда изменение мощности на входе приемника считывателя в режиме МОР СТ, составит:

$$\Delta P_{RXN} = {}^1P_{RXN} - {}^0P_{RXN} = p_N^2(\xi) \frac{P_{TX} G_{TX}^2 \lambda^4}{256\pi^4 r_{0N}^4} G_{CTN}^2 \left[|{}^1\Gamma_{mN}(\xi)|^2 - |{}^0\Gamma_{mN}(\xi)|^2 \right]. \quad (8)$$

Принимая во внимание, что эффективная площадь рассеяния (ЭПР) СТ режиме передачи бинарных данных определяется как:

$${}^{1,0}\sigma_{ЭПРСТN} = p_N^2(\xi) \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{CTN}^2 |{}^{1,0}\Gamma_{mN}(\xi)|^2, \quad (9)$$

уравнение (8) можно представить в виде:

$$\Delta P_{RXN} = \frac{P_{TX} G_{TX}^2 \lambda^2}{64\pi^3 r_{0N}^4} \Delta\sigma_{ЭПРСТN}, \quad (10)$$

Где $\Delta\sigma_{ЭПРСТN} = p_N^2(\xi) \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{CTN}^2 \left[|{}^1\Gamma_{mN}(\xi)|^2 - |{}^0\Gamma_{mN}(\xi)|^2 \right]$ - дифференциальная ЭПР СТ.

Для выделения информации передаваемой СТ (например, RN16 или EPC код) посредством МОР с заданной вероятностью ошибки изменение мощности принятого сигнала в режиме приема бинарных данных должно быть не меньше чувствительности приемника считывателя $\Delta P_{RXN} \geq P_{RXmin}$ и полностью определяется дифференциальной ЭПР СТ ($\Delta\sigma_{ЭПРСТN}$) при фиксированных значениях эффективной изотропно излучаемой мощности передатчика считывателя ($P_{ЭИИМТX} = P_{TX} G_{TX}$) и волнового расстояния ($r_{0N\lambda}$). С другой стороны, отклик, определяемый (7) или (8), будет наблюдаться только при некоторой минимальной мощности

передатчика считывателя P_{TXNmin} , которая связана с пороговой чувствительностью СТ $P_{ПСТN}$ и чувствительностью чипа $P_{ЧСТN}$ соотношением:

$$P_{ЧСТN} = P_{ПСТN}/G_{СТN}(\xi)T_{АЧСТN}(\xi) \leq p_N(\xi) \frac{P_{TXNmin}G_{TX} \lambda^2}{4\pi r_{0N}^2 4\pi}, \quad (11)$$

из которого несложно получить выражение для минимальной эффективной изотропно излучаемой мощности считывателя (МЭИИМС) при которой происходит активация СТ:

$$P_{ЭИИМNmin}(\xi) = P_{TXNmin}(\xi)G_{TX} \geq P_{ПЧСТN} \left(\frac{4\pi r_{0N}}{\lambda} \right)^2 \geq \frac{P_{ПЧСТN}}{G_{СТN}(\xi)T_{АЧСТN}(\xi)p_N(\xi)} \left(\frac{4\pi r_{0N}}{\lambda} \right)^2. \quad (12)$$

Так как $G_{СТN}(\xi)$, $T_{АЧСТN}(\xi)$ и $p_N(\xi)$ в общем случае являются частотно зависимыми, то при фиксированных значениях $P_{ПЧСТN}$ и волнового расстояния r_{0N}/λ информацию о параметрах ОСиО можно извлечь из анализа частотных зависимостей $P_{ЭИИМNmin}(\xi)$. С целью миниатюризации конструкции СТ его волновые размеры обычно не превышают рабочей длины волны. Поэтому параметры $G_{СТN}(\xi)$, $p_N(\xi)$ при фиксированной поляризации поля считывателя в первом приближении можно считать частотно-независимыми величинами. Коэффициент передачи мощности $T_{АЧСТN}(\xi)$, наоборот, сильно зависит от частоты поля особенно для узкополосных антенн, характеризующихся высокой добротностью $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$ (f_0 - Резонансная частота, Δf -полоса пропускания используемой антенны). Минимальная полоса частот определяется максимальной скоростью передачи данных из СТ с учетом кодирующей последовательности и не должна быть менее $\Delta f \geq 2f_{BLF}$ (f_{BLF} – Backscattering Link Frequency). Так как максимальное значение f_{BLF} в стандарте EPC Global Gen2 принято равной 640 КГц максимальная добротность антенны СТ должна быть $Q \leq 670$.

Полагая, что в рабочем диапазоне частот (860...960 МГц) $P_{ПЧСТN} = const$ из (12) следует, что максимальная пороговая чувствительность СТ (минимальное значение $P_{ЭИИМNmin}(\xi)$) соответствует максимальному значению $T_{АЧСТN}(\xi)$ и соответствует комплексно сопряженному согласованию импедансов антенны и чипа СТ с порядковым номером N, т.е. $Z_{АСТN} = Z_{ЧСТN}^*$. Это условие обеспечивается на резонансной частоте f_0 и требует для активации СТ МЭИИМС ($P_{ЭИИМNmin}(\xi)$). Таким образом, при использовании антенн СТ в качестве датчиков параметра (ξ) мониторинг ОСиО можно осуществить на основе анализа частотной зависимости $P_{ЭИИМNmin}(f)$.

В [4] показано, отклик метки, описываемый (7) наблюдается, когда мощность $P_{ЭИИМNmin}(f)$ всего на 0,1 дБ превышает $P_{ПСТN}(f)$. Это величина определяет минимальное изменения мощности зондирующего сигнала передатчика считывателя при определении пороговой чувствительности $P_{ПСТN}(f)$.

Расчеты, выполненные по формулам (7) и (12) показывают, что при чувствительности современных приемников считывателей P_{RXmin} , пороговой чувствительности чипов $P_{ПЧСТ} \leq -20\text{дБм}$ и $P_{ЭИИМTX} = P_{TX}G_{TX} = 3,28\text{Вт}$ устойчивый дистанционный беспроводной контроль параметров ОСиО, основанный на методе анализа частотной зависимости $P_{ПСТN}(f)$, может быть осуществлен на расстоянии между СТ и считывателем не менее 5 метров.

Для проверки возможности контроля электропроводности жидкости в реальном времени была собрана экспериментальная установка, изображённая на рисунке 2, которая состоит из векторного анализатора, пэтч-антенны, контрольных образцов в виде растворённой соли в дистиллированной воде с различной степенью минерализации: 0, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 и 5000 ppm что соответствует 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 мСм/см при температуре 25°C.

Изготовлены датчики электропроводности жидкости, представляющие собой открытый конец четвертьволновой и полуволновой коаксиальной линии передачи, то есть датчики с обратным воздействием и прямым соответственно изображённые на рисунке 3.



Рисунок 2 – Экспериментальная установка

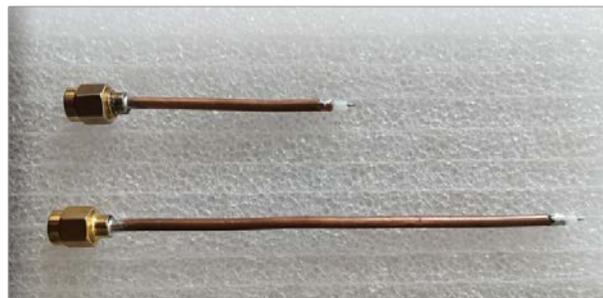


Рисунок 3 – Датчики электропроводности жидкости

Идея состоит в том, что при погружении открытого конца линии передачи в раствор соли изменяются активная и реактивная составляющая импеданса открытого конца линии передачи, соответствующие той или иной концентрации соли в растворе. Измерения проводились для датчика, подключённого к векторному анализатору на прямую, и считывалась магнитуда и входной импеданс открытого конца коаксиальной линии. Также проводились измерения пэтч-антенны с подключённым к ней датчиком, при этом измерялся КСВ антенны в зависимости от воздействия на открытую линию соляного раствора.

В ходе проведения экспериментов были получены значения магнитуды, входного сопротивления и КСВ и по полученным данным были построены графики в связи с нелинейностью, так как система зависит от множества параметров и воздействий окружающей среды.

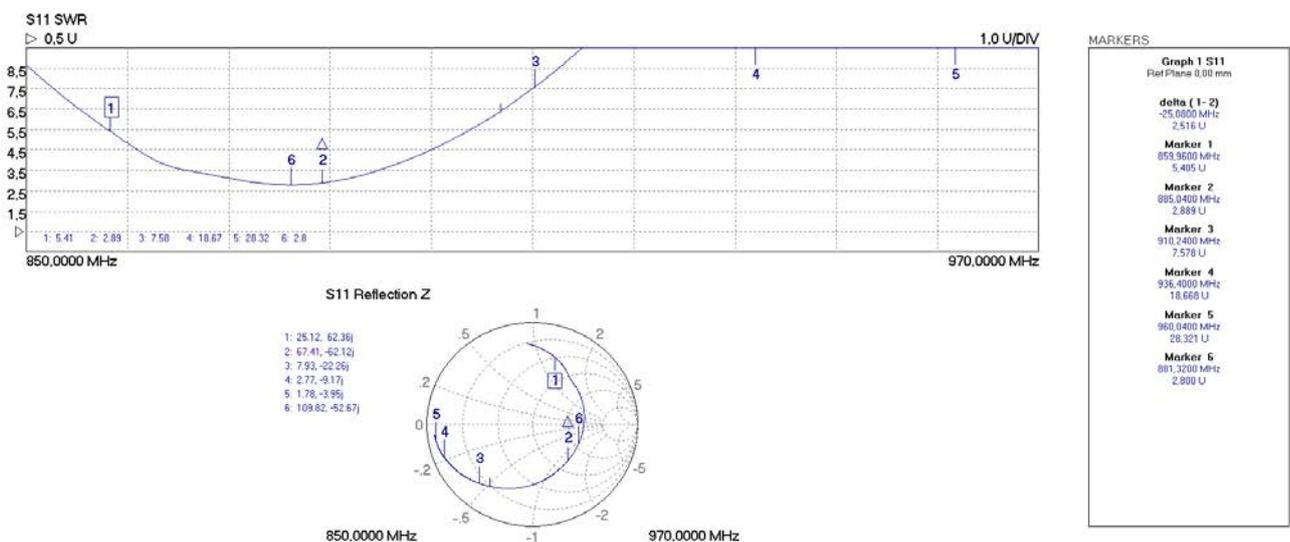


Рисунок 4 – Окно векторного анализатора при измерении КСВ

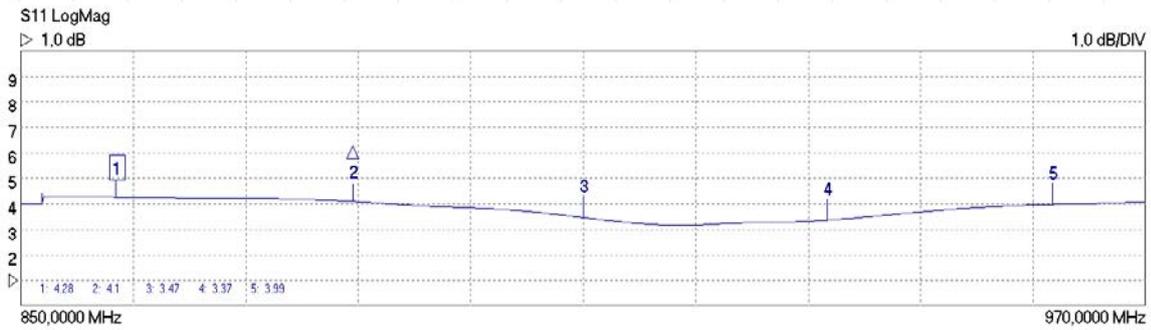


Рисунок 5 – Окно векторного анализатора при измерении магнитуды

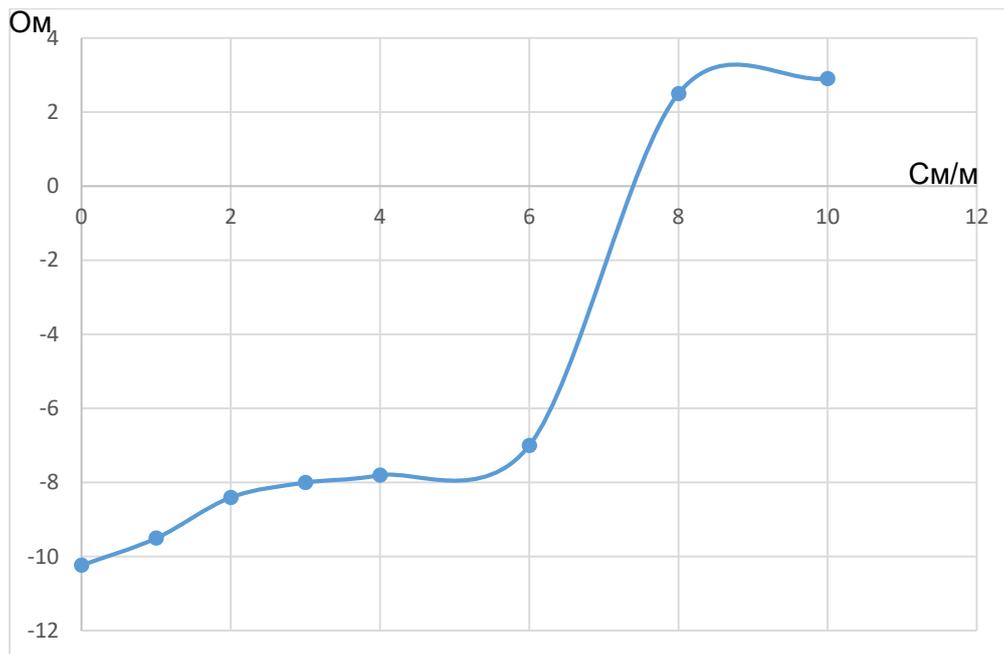


Рисунок 6 – График зависимости полного входного сопротивления от проводимости соляного раствора, измеренного при помощи четвертьволнового датчика

Из графика видно, что полученная зависимость является довольно сложной, но из этого можно сделать вывод, что изменение проводимости раствора влияет на открытую коаксиальную линию и данный датчик можно использовать для УВЧ беспроводной идентификационно-сенсорной платформы в качестве измерительного элемента.

Список использованных источников:

1. K. Sohraby, D. Minoli, T. Znati «Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications» / Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey , 2007 – 328 p.
2. Sample and J.R. Smith. The wireless identification and sensing platform / J.R. Smith, editor, // Wirelessly powered sensor networks and computational RFID, New York, – 2013. Springer SBM.
3. Passive UHF RFID Tag Antennas-Based Sensing for Internet of Things Paradigm Backscattering and RF Sensing for Future Wireless Communication / Abubakar Sharif, Jun Ouyang, Kamran Arshad, Muhammad Ali Imran, and Qammer H. Abbasi. ed.: Edited by Qammer H. Abbasi, Hasan T. Abbas, Akram Alomainy, and Muhammad Ali Imran. 2021 John Wiley & Sons Ltd. Published 2021 by John Wiley & Sons Ltd. pp.133-155.
4. Pavel V. Nikitin. LabVIEW-Based UHF RFID / K. V. Seshagiri Rao // Tag Test and Measurement System IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 56, NO. 7, 2009, pp. 2374-2380.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕРЦАНИЯ ПЧЁЛ

Арсенович П.А., Исакович М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Цегельник В.В. – доктор физ.-мат. наук,
профессор каф. ВМ

Аннотация. Рассматривается механизм мерцания пчёл на основе модели, включающей три состояния. Анализируется динамика взаимодействия между пчёлами.

Мерцание пчел – это коллективный защитный механизм, который активируется в ответ на угрозы от хищников, при котором пчелы создают визуальные паттерны, последовательно и синхронно расширяя свои брюшки [1]. Аналитическая модель IAR основана на взаимодействиях между пчелами. Она учитывает три состояния пчел: неактивное, активное и рецидивное.

Неактивное состояние: агенты находятся в состоянии покоя, их брюшки не растянуты. В таком состоянии они могут подвергаться влиянию активных агентов во время взаимодействий.

Активное состояние: в активном состоянии пчёлы либо растягивают свои брюшки до максимальной вместимости, либо уже сделали это. Они играют ключевую роль в определении силы волны и оказывают влияние на соседних неактивных особей.

Состояние рецидива: агенты переходят из активного состояния в состояние покоя. Во время этого периода, пчела не взаимодействует с другими пчелами и не подвержена влиянию окружающих ее особей. Это является отдыхом для пчелы после периода активности.

Модель представляет систему дифференциальных уравнений, описывающих изменение вероятностей перехода между состояниями и влияние каждого состояния на поведение остальных пчел в гнезде. Учитываются также параметры, такие как интенсивность нападений хищников, плотность расположения пчел и вероятность перехода между состояниями.

Мерцание пчел на поверхности пчелиного гнезда возникает, когда оса-агрессор находится поблизости. Во время мерцания можно выделить три типа агентов: генераторы, передатчики и конечные звенья. Генераторы служат источником передачи информации, агенты-передатчики выполняют и отправительскую, и получательскую функцию. Они инициируют волну, которая передается ближайшей пчеле. Агенты-передатчики реагируют на сигналы, передаваемые пчелами-генераторами, и присоединяются к мерцанию. Конечные звенья не инициируют мерцающую волну и не принимают активное участие в распространении информации. Однако они могут реагировать на сигналы, поступающие от агентов-передатчиков. Каждая пчела имеет свою собственную зону, где будет приниматься волна, как показано на оси рисунке 1.

Пчелы используют комбинацию визуальных сигналов и запаха, известного как феромон Насонова, для общения. Этот феромон выделяется железами на конце брюшка пчелы. Пчелы могут обнаруживать феромон Насонова на цветках, листьях и других объектах. Он служит для передачи информации о приближающемся агрессоре[2].

В представленной модели особое внимание уделяется взаимодействиям, которые происходят между пчелами, находящимися в непосредственной близости друг от друга. При этом взаимодействия на большом расстоянии между пчелами-генераторами и основной волной “мерцания”, а, в частности, пчелами-передатчиками не учитывается. Иными словами, это значит, что каждая пчела реагирует на сигналы, поступающие исключительно от своих ближайших соседей, игнорируя импульсы, поступающие не от находящихся вблизи пчел-передатчиков. Во-первых, такой подход позволяет пчелам быстро реагировать на изменения в окружающей среде. Это создает эффективную систему раннего предупреждения, которая может помочь гнезду избежать опасности. Во-вторых, данный подход упрощает модель взаимодействия между агентами. Вместо того, чтобы учитывать сложные взаимодействия на больших расстояниях, появляется возможность построить модель на основе более простых и

непосредственных взаимодействий. Это делает систему более управляемой и понятной с точки зрения её математического описания.

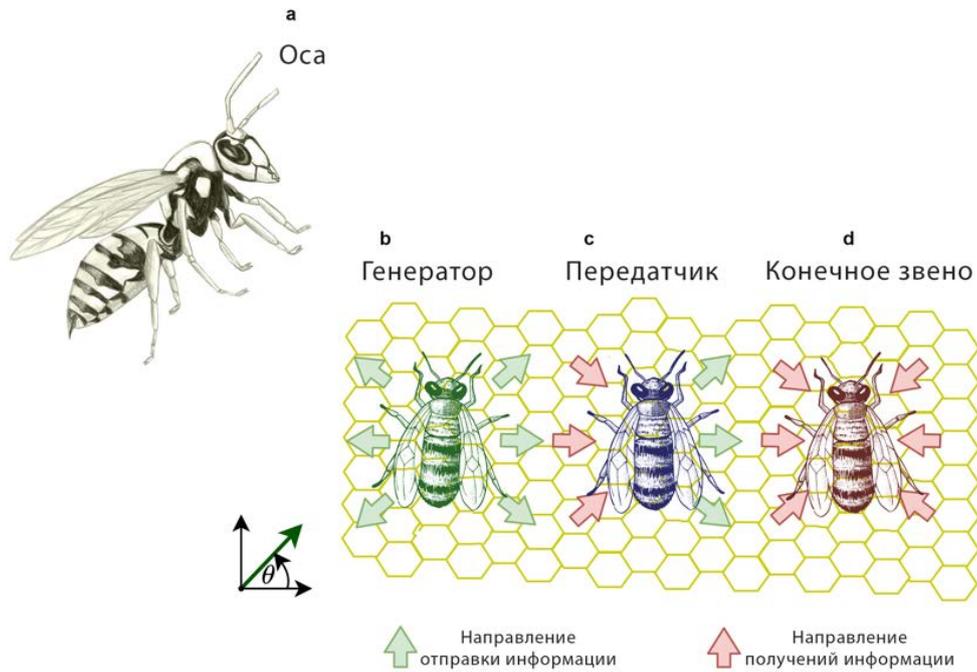


Рисунок 1 – Передача информации агентами при мерцании

В системе выделено три состояния: неактивное, активное и рецидивное. Схема перехода состояний различных особей представлена на рисунке 2.

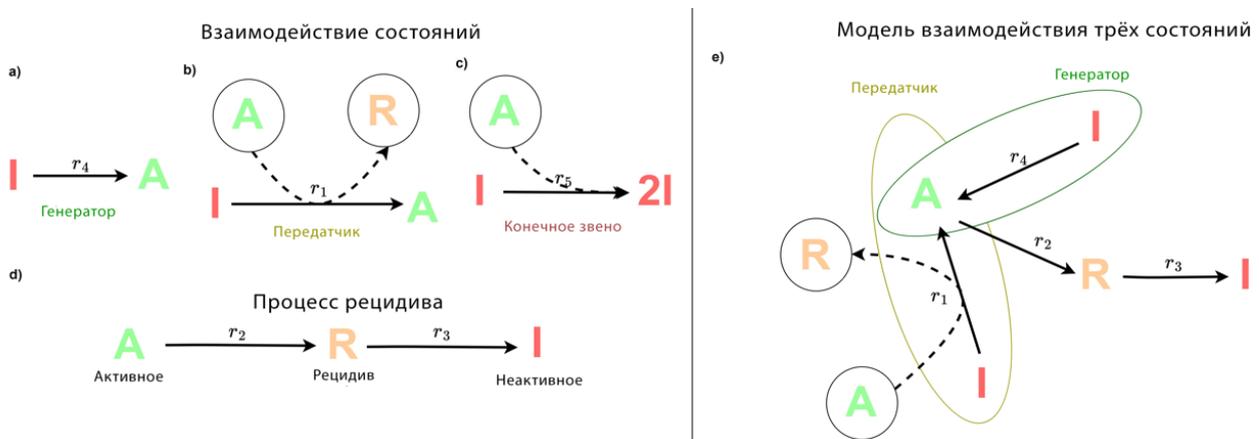


Рисунок 2 – Переходы состояний различных агентов

Неактивное состояние(I): агенты находятся в состоянии покоя, их брюшки не растянуты. Активное состояние(A) описывает процесс, при котором пчела переходит от неактивного состояния к максимальному расширению брюшка. Рецидивное(R) состояние представляет собой процесс, при котором пчела возвращается из состояния максимального сгиба в неактивное состояние.

Система уравнений (1) описывает процесс перехода пчёл из одного состояния в другое.

$$\begin{aligned}
 I &\xrightarrow{r_4} A \\
 A + I &\xrightarrow{r_1} R + A \\
 I + A &\xrightarrow{r_5} 2I \\
 A &\xrightarrow{r_2} R \xrightarrow{r_3} I
 \end{aligned} \tag{1},$$

где I, A и R – совокупность пчел в состояниях неактивное, активное и рецидив соответственно, r_1 и r_4 – скорости, которые вызывают, а r_2 , r_3 и r_5 устраняют активное состояние.

Далее составим стехиометрическую матрицу Γ (2) с вектором химической скорости ω , где $x = \Gamma \cdot \omega$.

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{I} \\ \dot{A} \\ \dot{R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A r_1 \\ A r_2 \\ R r_3 \\ I r_4 \\ A r_5 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Тогда модель IAR формализуется с помощью системы трех дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{I} = -A r_1 + R r_3 - I r_4 + A r_5, \\ \dot{A} = -A r_2 + I r_4 - A r_5, \\ \dot{R} = A r_1 + A r_2 - R r_3. \end{cases} \quad (3)$$

В двумерных динамических системах, которые не демонстрируют хаотическое поведение, часто присутствует устойчивая или периодическая структура. Эта структура возникает благодаря взаимосвязям между переменными состояниями, позволяя выразить одну переменную через другие. Рассмотрим систему IAR, состоящую из трех дифференциальных уравнений первого порядка. В ней одна из функций может быть выражена через две другие, а сложение уравнений приводит к тому, что сумма правых частей будет равна нулю. Тогда и сумма производных в левой части результирующего уравнения также равна нулю. Таким образом,

$$I + A + R = C, \quad (4)$$

где C – произвольная постоянная.

Следовательно, система трёх дифференциальных уравнений сводится к автономной системе из двух уравнений. Это указывает на отсутствие хаоса в системе и подразумевает, что влияние внешних факторов на состояние системы минимально, что говорит о её стабильности и предсказуемости. Таким образом, система IAR обладает свойствами, которые позволяют ей сохранять равновесие и функционировать нормально, даже когда на неё воздействуют различные внешние факторы [3, стр.75]. Проще говоря, все сказанное означает, что пчелы – это самоорганизующаяся, устойчивая система.

В контексте самоорганизующихся систем, колонии пчел представляют собой фасцинирующий объект исследования. Эффект так называемого «мерцания», вызываемый специальным воздействием информации на отдельную пчелу, отображается в поведении всего улья. Благодаря такому воздействию со стороны осы, пчелы начинают демонстрировать сложные поведенческие структуры, которые возникают из простых правил обмена информацией между отдельными пчелами. Явление, известное как «эмерджентность», является ключевым аспектом самоорганизующихся систем и широко изучается в области комплексного взаимодействия. То есть взаимосвязи между отдельными элементами пчелиного улья могут порождать новые свойства на уровне всей системы, которые не могут быть полностью объяснены или предсказаны только на основе свойств отдельной пчелы.

Модель IAR предоставляет новый взгляд на аналитическое моделирование мерцающего поведения пчел, учитывая взаимодействие различных состояний внутри пчелиного роя. Это позволяет более глубоко изучить передачу информации внутри коллектива и может способствовать лучшему пониманию сложных поведенческих паттернов. Понимание динамики и механизмов, лежащих в основе мерцающего поведения, может помочь в разработке новых алгоритмов и стратегий для решения сложных задач, таких как оптимизация транспортных сетей, координация роботов или управление социальными системами.

Список использованных источников:

1. Mathematical Tri-State Model for Bee Shimmering Propagation Dynamics / N. Patel / School of Engineering and Materials Science Queen Mary – London, 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2401.14145v1> – Дата доступа: 30.04.2024.
2. Williams, H. / The Nasonov pheromone of the honeybee *Apis mellifera* / Journal of Chemical Ecology Part II. Bioassay of the components using foragers, 225–237, (1981). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/BF00995745> – Дата доступа: 30.04.2024
3. Хаотические колебания: Ввод. курс для науч. работников и инженеров / Ф. Мун ; Перевод с англ. Ю. А. Данилова, А. М. Шукурова. – Москва: Мир, 1990. – 311 с.

АЛГОРИТМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сачивко Н.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Калугина М.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Аннотация. В рамках данной статьи рассмотрена проблема обработки изображений низкого качества. Предложено два алгоритма повышения качества изображения: алгоритм увеличения размера изображения и алгоритм снижения степени его размытости. Описаны устройства моделей используемых нейросетей, применяемые инструменты, приведены результаты работы предложенных алгоритмов.

Ключевые слова. Машинное обучение, глубокое обучение, нейросети, нейросетевые модели, распознавание текста, увеличение изображений, повышение качества изображений, устранение размытия, повышение читабельности текста.

Сегодня цифровая фотография является неотъемлемой частью нашей жизни, однако далеко не все фотографии получаются удачными: возможности цифровых фото- и видеокамер не безграничны, нередко текст на изображениях оказывается нечитаемым за счёт их низкого разрешения, иногда изображение получается размытым по той или иной причине. Обычно плохое качество изображения является скорее неприятной особенностью, чем нерешаемой проблемой, ведь зачастую, скажем, некачественная портретная фотография может быть сделана повторно. Однако так происходит не всегда. Например, в криминалистической фотографии, для автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения, в целях оцифровки медицинских карт, для регистрации происшествий на дорогах (например, с помощью автомобильных видеорегистраторов) качество полученных цифровых изображений может оказаться критически важным, особенно когда изображение объекта представлено лишь в одном экземпляре.

Один из подходов к решению проблемы наличия изображений низкого качества – повышение их качества. Например, можно увеличить их разрешение, снизить степень размытости, устранить шум. Однако возникает проблема, связанная со сложностью данных операций: на самом деле, задача восстановления исходного изображения из размытого или из изображения с низким разрешением имеет слишком большое количество решений [1], то есть получить точно исходное изображение из “испорченного” на практике невозможно. Именно поэтому предлагается использовать нейросети и методы глубокого обучения для решения указанных задач.

Далее будем считать, что исходное изображение представлено в формате RGB и имеет размер по крайней мере 30 × 30 пикселей. Рассмотрим два алгоритма: увеличения размера изображения и уменьшения степени его размытости.

Для помощи в решении поставленных задач взят язык программирования Python, библиотеки Pillow, PyTorch 2.1, Torchvision 0.16 и Matplotlib. В качестве аппаратного обеспечения используется домашний компьютер.

Важной особенностью библиотеки Torchvision является способ обработки изображений: встроенная функция `to_tensor` преобразует изображение в тензор, при этом стандартный

диапазон яркости цветов от 0 до 255 приводится к диапазону $[0.0; 1.0]$. Этим и обусловлен выбор последнего слоя нейронных сетей: наиболее подходящим является слой активаций Sigmoid, ведь именно он обеспечивает корректный диапазон значений.

Функция активации Sigmoid определяется следующим образом:

$$s(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}. \quad (1)$$

Также будет применяться функция активации ReLU:

$$r(x) = \max(0, x). \quad (2)$$

Первая задача, которую необходимо решить – это увеличение размера изображения. Для получения результата было принято решение использовать комбинацию свёрточной нейронной сети (Convolutional Neural Network или CNN) и такой же сети, работающей в обратном процессе (Deconvolutional Neural Network или DNN).

Поскольку исходное изображение представлено в формате RGB, количество каналов на входе и на выходе нейросети принимается равным трём.

Путём проведения экспериментов было установлено, что модель со следующими слоями является наиболее оптимальной (стрелкой указывается переход от исходного количества каналов к количеству каналов на выходе слоя):

Deconvolution: $3 \rightarrow 75$, ядро 6×6 , шаг 2.

ReLU.

Convolution: $75 \rightarrow 75$, ядро 4×4 , шаг 1.

ReLU.

Convolution: $75 \rightarrow 75$, ядро 4×4 , шаг 1.

ReLU.

Deconvolution: $75 \rightarrow 3$, ядро 6×6 , шаг 2.

Sigmoid.

Такая модель обеспечивает увеличение размера изображения в 4 раза.

В ходе проведения экспериментов изменялись следующие параметры модели:

Количество скрытых слоёв;

Количество каналов на входе и выходе скрытых слоёв;

Размеры ядра для слоёв свёртки и “деконволюции” (то есть слоёв, которые работают в обратном процессе по отношению к слоям свёртки, англ. “deconvolution”).

Также были осуществлены попытки использовать слои, увеличивающие размер изображения в несколько раз по заранее определённому алгоритму, вместо слоёв “деконволюции”: например, с применением алгоритма “ближайшего соседа” (nearest neighbor) [2]. Данный вариант архитектуры является допустимой альтернативой, однако экспериментальным путём установлено, что такая модель требует большего количества вычислительной мощности для обучения. Другими словами, обучение данной модели займёт большее количество времени по сравнению с моделью со слоями “деконволюции” при прочих равных условиях.

Для оценки результатов поставленных экспериментов использовались такие метрики, как скорость сходимости (снижения ошибки за одну эпоху обучения), точность обученной модели, скорость обучения модели (исчисляется на единицу времени).

Стоит отметить, что размеры ядра свёртки и шага для слоёв “деконволюции” выбраны неслучайно: с целью избежать эффекта “шахматной доски”. Если бы размер ядра свёртки не делился без остатка на шаг “деконволюции”, то в результате этого процесса мог бы возникнуть “неравномерный нахлест” (англ. “uneven overlap”) фрагментов, который и привёл бы к возникновению указанного эффекта [3]. Такой эффект заметен невооружённым глазом, как представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Пример эффекта “шахматной доски” [4]

Изначально для обучения модели для увеличения размера изображения планировалось использовать набор изображений, содержащих части страниц общедоступных документов [5] – пример такого изображения представлен на рисунке 2.

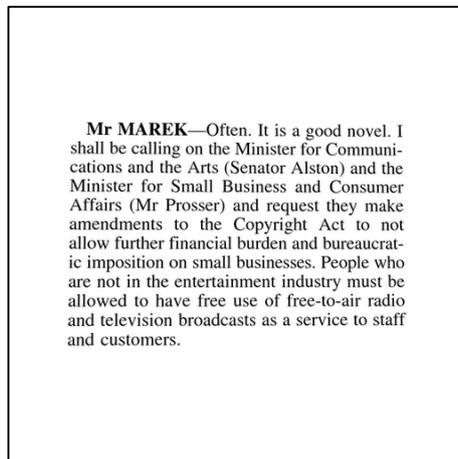


Рисунок 2 – Пример исходного изображения (BMVC)

Такой набор данных, безусловно, хорош в случае, когда модель должна обрабатывать только документы. Но у такой модели есть один существенный недостаток: она преобразует все изображения, в том числе цветные, в чёрно-белые. По этой причине было решено использовать другой набор данных.

Например, существует набор синтетически сгенерированных символов [6] – они также являются чёрно-белыми, но все изображения в наборе содержат всего два цвета: либо полностью белый, либо полностью чёрный, что позволяет перекрасить их. Пример исходного символа из данного набора представлен на рисунке 3.

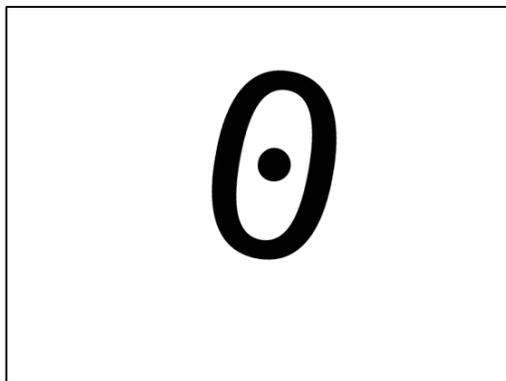


Рисунок 3 – Пример исходного изображения (Synthetic Character Set)

С указанным набором данных были проделаны следующие операции:
Все изображения обрезаны так, чтобы по краям не оставалось белого фона.

Чёрный цвет в 20% случаев заменён на случайный.

Полученные изображения объединены в коллекции, причём в 20% случаев белый фон заменён случайным цветом, а в 50% случаев итоговое изображение повернуто на случайный угол.

Итоговые коллекции обрезаны до одинакового размера.

Примеры изображений из полученного набора (назовём его “исходный набор”) представлены на рисунке 4.

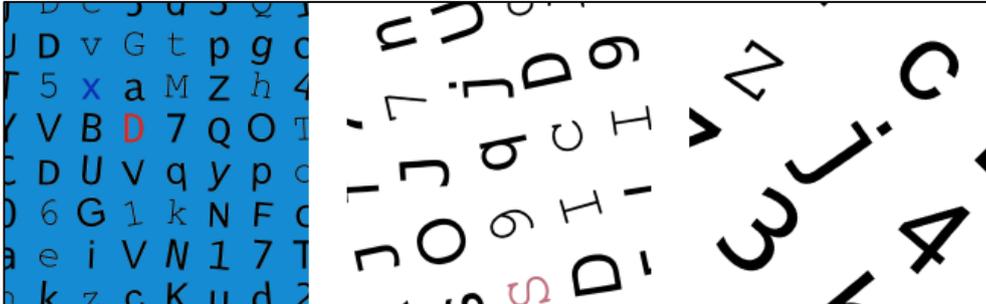


Рисунок 4 – Пример изображений исходного набора

Изображения из исходного набора были уменьшены в 4 раза с использованием следующих методов:

- BOX;
- HAMMING;
- LANCZOS;
- BICUBIC;
- BILINEAR.

Примеры изображений из полученного набора (назовём его “итоговый набор”) представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Пример изображений итогового набора

Для обучения созданной модели изображения из исходного и итогового наборов были собраны в пары, 70% таких пар отобраны случайным образом непосредственно для обучения модели, остальные 30% используются для валидации результатов.

Стоит отметить, что данные не были нормализованы. Хоть процесс нормализации и позволял достигнуть меньшей ошибки модели, но это зачастую приводило к искажению цветов изображения в процессе обработки, что в итоге негативно сказывалось на восприятии человеком результата.

Модель для увеличения размера изображения обучалась из начального состояния, которое определялось случайным образом с помощью метода инициализации Ксавье (Xavier или Glorot initialization) [7].

Для обучения использовался модифицированный алгоритм стохастического градиентного спуска, именованный Adam. В ходе тестирования установлено, что именно данный алгоритм обеспечивает хорошую сходимость. В качестве меры ошибки была выбрана среднеквадратичная ошибка (MSELoss), которая определяется следующим образом:

$$l(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{N}, \quad (3)$$

где $N = |X| = |Y|$; X – исходный набор данных, Y – итоговый набор данных.

Модель обучалась в течение 600 эпох (одна эпоха означает, что все данные из созданного набора были использованы для обучения ровно один раз). График зависимости среднеквадратичной ошибки (оранжевым – ошибка на данных для валидации, синим – на тренировочных данных) от эпохи представлен на рисунке 6.

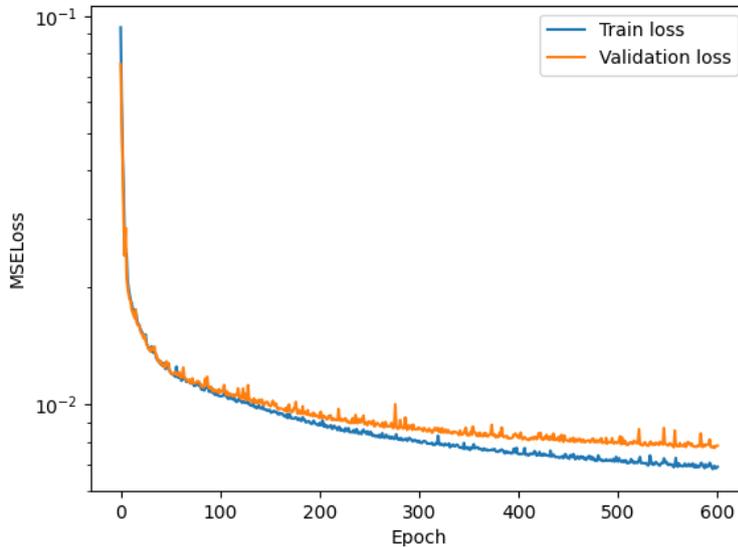


Рисунок 6 – Ошибка на валидационных (оранжевым) и тренировочных (синим) данных, логарифмическая шкала

Пример обработки уменьшенных изображений представлен на рисунке 7, более детальное сравнение – на рисунке 8.

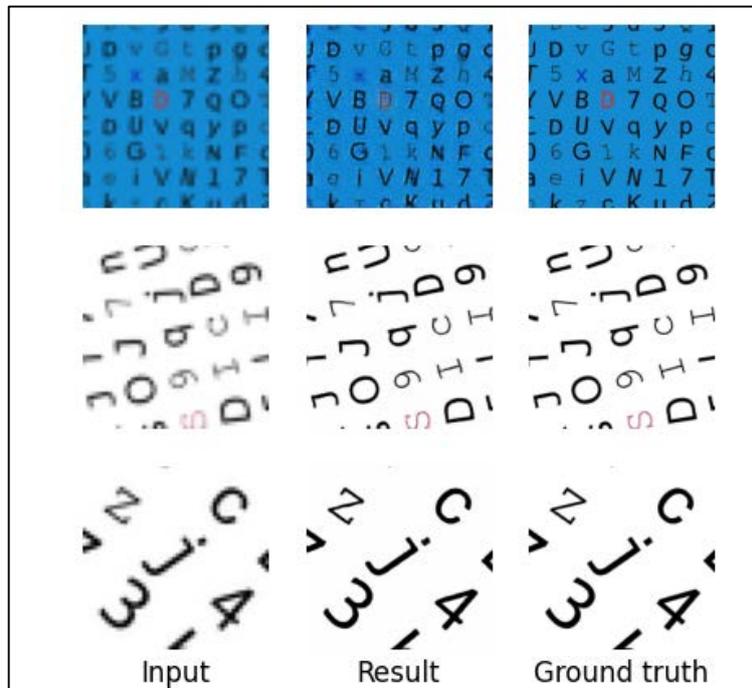


Рисунок 7 – Пример обработки уменьшенных изображений: слева – изображение итогового набора, посередине – результат его обработки, справа – соответствующее изображение исходного набора

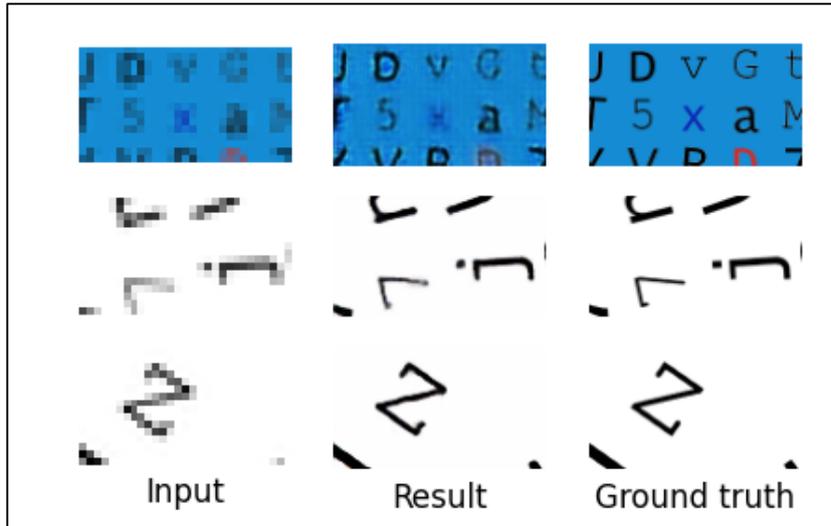


Рисунок 8 – Детальное сравнение результатов обработки уменьшенных изображений: слева – изображение итогового набора, посередине – результат его обработки, справа – соответствующее изображение исходного набора

Видно, что модель корректно выполняет свою функцию: текст становится более чётким при увеличении размера изображения. К сожалению, при работе с цветным фоном результат несколько хуже, чем при работе с белым фоном. Вероятно, это можно исправить путём увеличения объёма набора данных для тренировки, добавлением большего количества цветных изображений и обучением модели в течение большего количества эпох.

Для решения задачи снижения степени размытости изображения используется свёрточная нейронная сеть (Convolutional Neural Network или CNN). Как и ранее, исходное изображение представлено в формате RGB, в связи с чем количество каналов на входе и на выходе нейросети принимается равным трём.

Архитектура данной нейросети схожа с архитектурой ранее рассмотренной сети, но имеет существенные отличия (стрелкой указывается переход от исходного количества каналов к количеству каналов на выходе слоя):

ReflectionPad: по 4 пикселя снизу, сверху, слева и справа.

Convolution: 3 → 75, ядро 4 × 4, шаг 1.

ReLU.

Convolution: 75 → 75, ядро 2 × 2, шаг 1.

ReLU.

Convolution: 75 → 75, ядро 1 × 1, шаг 1.

ReLU.

Convolution: 75 → 75, ядро 2 × 2, шаг 1.

ReLU.

Convolution: 75 → 3, ядро 4 × 4, шаг 1.

Sigmoid.

В архитектуре данной сети используется новый слой: ReflectionPad. Необходимость его применения объясняется особенностью слоя свёртки: фактически для каждого канала применяется фильтр, в результате чего значения результирующей матрицы являются суммами произведений элементов фильтра на элементы исходной матрицы. Нетрудно установить, что в случае, когда используется размер фильтра больший, чем 1 × 1, результирующая матрица имеет меньший размер, чем исходная.

С целью сохранения исходного размера изображения оно искусственно расширяется на 4 пикселя во все стороны, причём расширяется неслучайно, а путём отражения частей изображения, расположенных на его границе. Для наглядности на рисунке 9 приведён пример использования ReflectionPad на 2 пикселя во все стороны для изображения размером 4 × 4 пикселя.

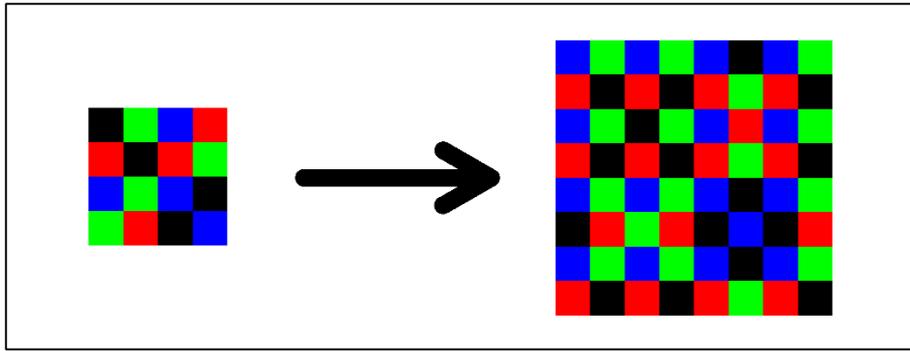


Рисунок 9 – Пример использования ReflectionPad

В качестве набора данных для обучения модели для снижения степени размытости изображений было решено использовать некоторую часть из набора данных с British Machine Vision Conference (BMVC) [4], а именно сгенерированные функции рассеяния точки.

Функция рассеяния точки (англ. Point Spread Function или PSF) представляет собой изображение, которое было бы получено при наблюдении точечного источника света в некоторых условиях. Именно эти условия и можно описать с помощью PSF. В частности, такие функции удобно применять при моделировании размытия.

Итак, из набора BMVC случайным образом были выбраны функции рассеяния точки. Пример выбранных функций представлен на рисунке 10.

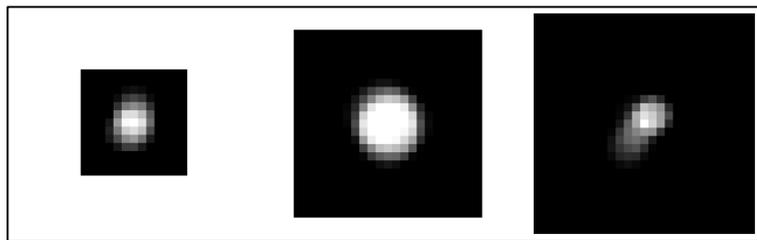


Рисунок 10 – Пример используемых PSF

Для применения PSF достаточно конвертировать рассмотренные представления функции в виде изображения в матрицу, состоящую из нормированных яркостей пикселей, и применить к исходному изображению фильтр, ядром которого выступает указанная матрица.

В качестве исходного был использован набор, аналогичный тому, что использовался для обучения модели для увеличения изображения (см. рисунок 4). К каждому изображению из исходного набора была применена соответствующая ему случайным образом выбранная функция рассеяния точки. Примеры изображений из полученного набора (назовём его “итоговый набор”) представлены на рисунке 11.

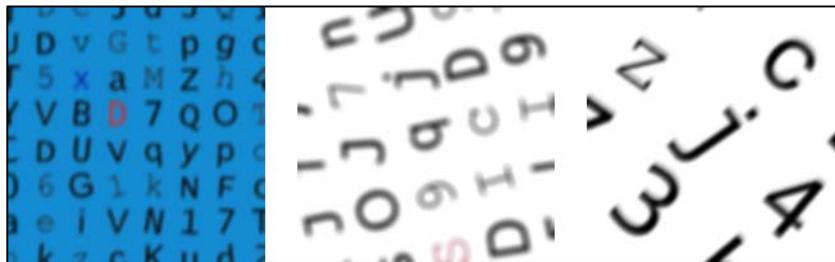


Рисунок 11 – Пример изображений итогового набора

Для обучения созданной модели изображения из исходного и итогового наборов были собраны в пары, 70% таких пар отобраны случайным образом непосредственно для обучения модели, остальные 30% используются для валидации результатов. Как и в случае с моделью для увеличения размера изображения, данные не были нормализованы.

Как и в ранее рассмотренном случае, модель для снижения степени размытости изображений обучалась из начального состояния, которое определялось случайным образом с помощью метода инициализации Ксавье (Xavier или Glorot initialization) [6].

В качестве меры ошибки была выбрана среднеквадратичная ошибка (MSELoss). Для обучения использовался тот же модифицированный алгоритм стохастического градиентного спуска: Adam. Аналогично предыдущей модели данный алгоритм показал хорошую скорость сходимости и позволил снизить итоговую ошибку.

Модель обучалась на протяжении 1000 эпох. График зависимости среднеквадратичной ошибки (оранжевым – ошибка на данных для валидации, синим – на тренировочных данных) от эпохи представлен на рисунке 12.

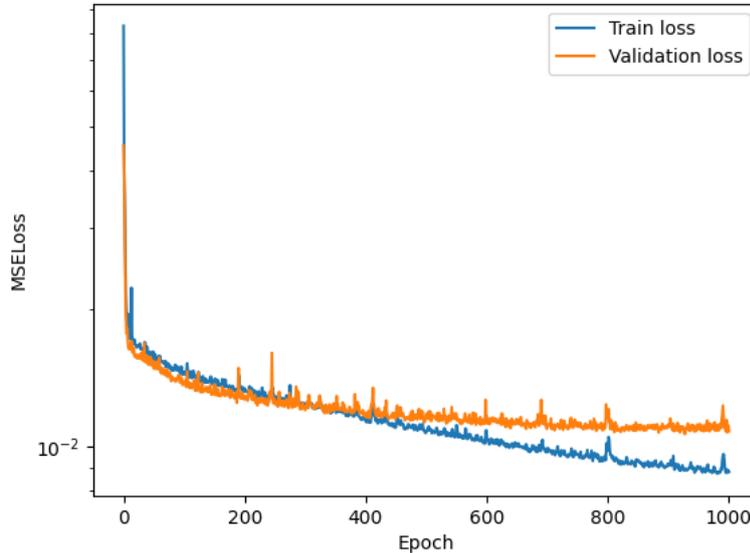


Рисунок 12 – Ошибка на валидационных (оранжевым) и тренировочных (синим) данных, логарифмическая шкала

Видно, что ошибка на данных для валидации на последних эпохах практически не уменьшалась, в то время как ошибка на тренировочных данных продолжала падать. Это может свидетельствовать о переобучении модели. Впрочем, нельзя сказать, что ошибка на валидационных данных начала расти, да и, как будет видно далее, нельзя утверждать о плохом в том или ином смысле поведении модели на таких данных.

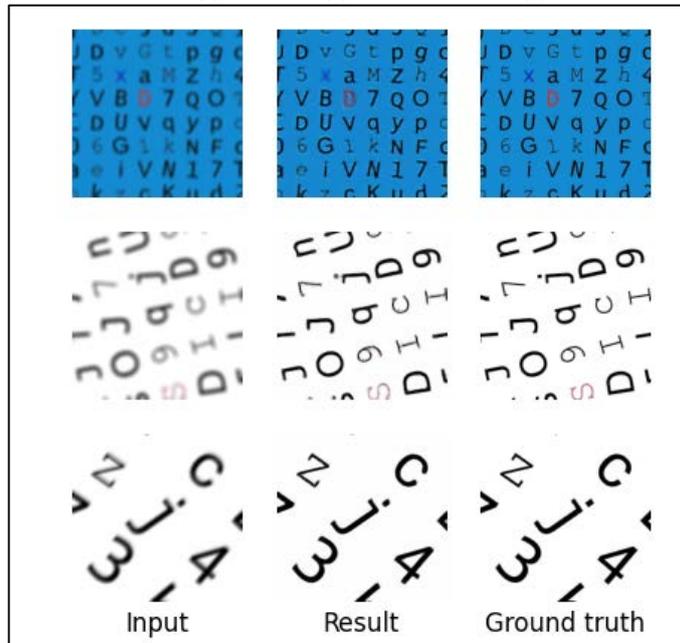


Рисунок 13 – Пример обработки размытых изображений: слева – изображение итогового набора, посередине – результат его обработки, справа – соответствующее изображение исходного набора

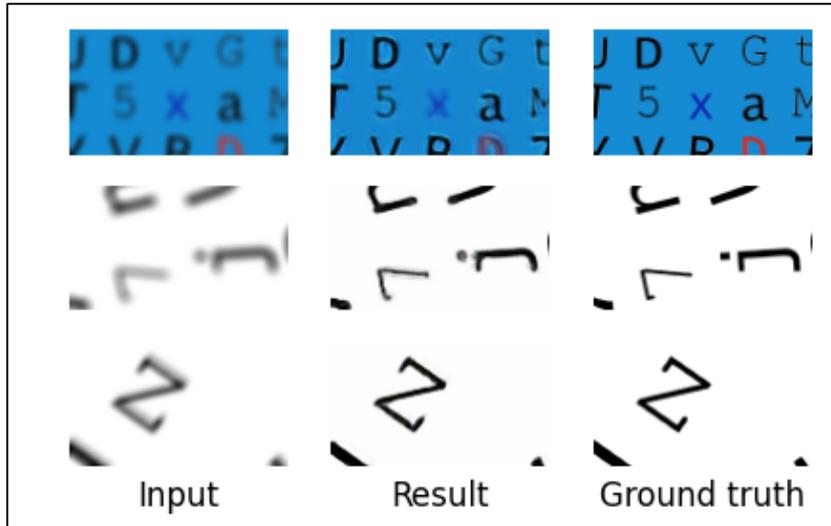


Рисунок 14 – Детальное сравнение результатов обработки размытых изображений: слева – изображение итогового набора, посередине – результат его обработки, справа – соответствующее изображение исходного набора

Полученные модели можно применять независимо друг от друга, однако зачастую низкое качество изображения подразумевает именно комбинацию размытости и низкого разрешения. Вопрос рациональности объединения двух соответствующих функций в одной модели требует более детального исследования, однако, основываясь на полученных результатах, более предпочтительным порядком действий в случае обработки размытого изображения низкого разрешения зачастую окажется сначала увеличение размера изображения, а затем снижение степени его размытости.

Предложенные алгоритмы успешно решают задачи увеличения размера изображения в 4 раза и снижение степени размытости текста. Примечательно, что рассмотренные нейросети могут обрабатывать изображения практически любых размеров (за исключением самых маленьких). Достигнутые результаты теоретически можно улучшить, например, путём модификации архитектуры нейронных сетей, изменения используемых наборов данных, использования профессионального оборудования для быстрого обучения более глубоких сетей, пред- или постобработки изображений с применением иных методов.

Список использованных источников:

1. Learning to super-resolve blurry face and text images / X. Xu [et al]. // Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2017. – P. 251-260.
2. Matthews, E. Nearest Neighbor Classification for Classical Image Upsampling / E. Matthews, N. Prate // arXiv preprint arXiv:2403.19611. – 2024.
3. Odena, A. Deconvolution and checkerboard artifacts / A. Odena, V. Dumoulin, C. Olah // Distill. – 2016. – Т. 1. – №. 10. – С. e3.
4. Donahue, J. Adversarial feature learning / J. Donahue, P. Krähenbühl, T. Darrell // arXiv preprint arXiv:1605.09782. – 2016.
5. BMVC OCR test data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fit.vutbr.cz/~ihradis/CNN-Deblur/BMVC_OCR_test_data.tar.gz. – Дата доступа: 25.11.2023.
6. Synthetic Character Set [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/shreyasubbu/synthetic-character-set>. – Дата доступа: 10.12.2023.
7. Glorot, X. Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks / X. Glorot, Y. Bengio // Proceedings of the thirteenth international conference on artificial intelligence and statistics. – JMLR Workshop and Conference Proceedings, 2010. – P. 249-256.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ КАРДИОСИГНАЛОВ

Пугачевский Е.А., Карась А. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Бранцевич П.Ю. – доцент

Аннотация. Показана актуальность мониторинга состояние сердечно-сосудистой системы. Предложен способ регистрации и обработки кардиосигналов с помощью смартфона. Описаны особенности регистрации сигнала и его программной обработки. Разработанное приложение позволяет оперативно собирать информацию о текущем состоянии сердечно-сосудистой системы и служит инструментом для обнаружения нарушений в работе сердца

Сердечно-сосудистые заболевания представляют собой группу болезней сердца и кровеносных сосудов,. Более четырех из пяти смертей из ССЗ происходит в результате инфаркта и инсульта, причем треть из этих случаев носит преждевременный характер [1].

Одним способов диагностики сердечной деятельности является электрокардиография (ЭКГ). Она позволяет обнаружить нарушения сердечного ритма, нарушения проводимости сердца, очаговые изменения сердца и т. д. Электрокардиограф представляет собой, как правило, стационарный аппарат и не может быть доступен в любое время. В то же время часто возникает необходимость оперативного контроля сердечной деятельности.

Предлагается подход оперативного получения кардиограммы, основанный на использовании смартфона. Запись кардиосигнала производится с помощью встроенного в смартфон акселерометра, путем регистрации вибраций, генерируемых сердцем во время его работы и передаваемых в грудную клетку, т. е. так называемого сейсмокардиографического сигнала (СКС) [2].

Для реализации данного подхода было разработано программное средство состоящее из двух частей: мобильного приложения, которое позволяет в любой момент времени провести регистрацию и передачу кардиосигнала в удаленную базу данных, а также десктопного приложения для его обработки. Алгоритм регистрации и обработки сигнала состоит из следующих шагов:

Человек ложится на спину, позиционирует смартфон в области сердца и нажимает кнопку «Старт».

Так как измерение производится в положении лежа, то с оси Z акселерометра смартфона считываются значения СКС.

Удаляется постоянная составляющая, так как акселерометры выдают абсолютные значения ускорения, и в сигнале содержится постоянная составляющая ускорения свободного падения.

Фильтруется сигнал с помощью цифрового полосового фильтра с частотой 5-25 Гц, для того, чтобы избавиться от воздействия дыхания [2].

К полученному сигналу применяется вейвлет-преобразование с использованием гаусового вейвлета второго порядка с центральной частотой 12 Гц [3].

Строится огибающая кардиосигнала. (рисунок 1).

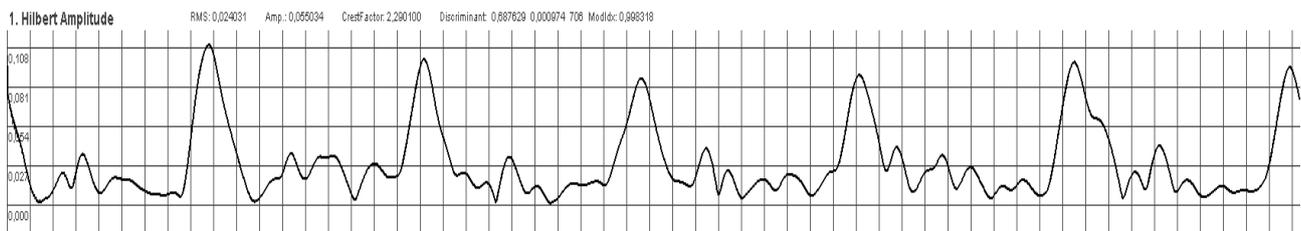


Рисунок 1 – Огибающая кардиосигнала

Полученную временную реализацию кардиосигнала можно далее использовать для анализа работы сердца.

Таким образом, современные смартфоны могут использоваться для получения временных трендов кардиосигналов, отражающих работу сердечно-сосудистой системы, и определения их значений в системах принятия решений по оценке её состояния.

Список использованных источников:

1. Всемирная организация здравоохранения. [Электронный ресурс]. Дата обновления: 04.04.2024. URL: https://www.who.int/ru/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1
2. National Library of Medicine. [Электронный ресурс]. Дата обновления: 04.04.2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28268385/>
3. Бранцевич, П. Ю. Цифровая обработка вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2022. – 297

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛОДКИ В АКАДЕМИЧЕСКОЙ ГРЕБЛЕ

Вабищевич А. С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Малевич В.Л. – профессор кафедры физики,
доктор физ.-мат. наук

Аннотация. Академическая гребля – циклический вид спорта, где продвижение лодки, вместе с гребцом и веслами, обеспечивается за счет повторяющегося отталкивания лопастью весла от воды. Спортсмены находятся в лодках и гребут веслами, используя мышцы спины, рук и ног. В работе проанализировано движение гребца и лодки, используя законы физики, определены факторы, влияющие на скорость движения лодки.

Ключевые слова. Физика, академическая гребля, техника, движение, сопротивление, сила тяжести, сила Архимеда, эргометр «Concept-2», сопротивление, рычаг.

Введение

Академическая гребля – циклический вид спорта, где продвижение лодки, вместе с гребцом и веслами, обеспечивается за счет повторяющегося отталкивания лопастью весла от воды. Спортсмены находятся в лодках и гребут веслами, используя мышцы спины, рук и ног. Это один из немногих видов спорта, в котором спортсмен задействует около 95% мышц всего тела. Стандартная длина дистанции – 2000 метров.

Современные академические лодки делятся на распашные и парные. В парных спортсмен гребет двумя веслами, а в распашных – одним. Парные классы лодок – это одиночки, двойки и четверки. Распашные – двойки, четверки, восьмерки.

Различны размеры и масса лодок. Самая легкая и маленькая – одиночка. Масса её вместе с уключинами не превышает 14 кг, длина 5 метров. Самая внушительная по размерам – восьмёрка, её масса 110 кг, длина около 20 метров. Скорость движения лодок достигает до 20 км/ч (средне-ходовая для 8+) и до 30 км/ч (на «рывках» (старт/финиш)). Самыми скоростными лодками считаются восьмерки.

В работе проанализировано движение гребца и лодки, используя законы физики, определены факторы, влияющие на скорость движения лодки, проведен анализ полученных данных.

Основная часть

Техника, которую использует спортсмен для перемещения лодки, должна быть оптимизирована для того, чтобы эффективно использовать свои мышцы для положительного перемещения лодки и минимизировать отрицательное воздействие силы. Эта оптимизация позволяет создать максимальную скорость на 2000 метров. Спортсмен во время прохождения дистанции делает 220-250 гребков. Маленькая потеря скорости в течение каждого гребка приводит к тому, что лодка имеет более низкую среднюю скорость и меньше перемещается по воде за один гребок. Например, сокращение проката лодки на 10 см за один гребок, приводит к потерям на 2000-метровой дистанции в 25 метров.

Длина перемещения в течении каждого гребка зависит от многих параметров: силы, создаваемой спортсменом; эффективности техники гребли; установленного рычага; силы трения, сопротивления корпуса лодки в воде; химического состава воды и т.д.

В академической гребле продвигающая сила действует периодически, т.к. весло движется в воде с применением, а над водой, без применения движущей силы. В течение цикла гребка, когда весла погружены в воду, гребец перемещает свою основную массу на банке к носу лодки, скользя по полозкам, и за счет собственных мышц передает усилие на рукоятки весел, таким образом, создает как положительную, так и отрицательную силу. Положительная сила заставляет лодку продвигаться вперед, а отрицательная препятствует этому продвижению (рисунок 1).



Рисунок 1 – Направление сил в гребле

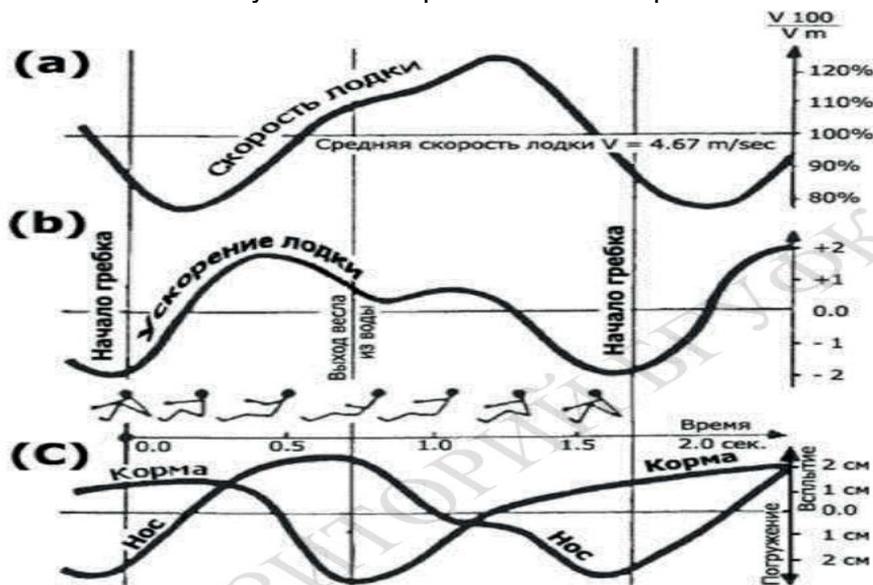


Рисунок 2 – Диаграмма изменения кинематических показателей техники гребли академической

Кривая (а) скорости лодки демонстрирует скоростное изменение лодки в течение одного гребка. Относительно средней скорости можно использовать эту кривую для анализа техники гребли. Хорошая техника имеет меньше изменений от средней скорости, а характеристика самой кривой не изменяется.

Кривая (b) показывает ускорение лодки. Лодка достигает максимальное ускорение в момент гребка и минимальное в течение подъезда. Схематичные фигуры спортсмена, расположенные ниже кривой (b), демонстрируют его позицию в течение цикла гребка и относительно времени в секундах.

Кривая (c) качки носа и кормы лодки демонстрирует продольное колебание лодки. Две кривые показывают величину вертикальной качки носа и кормы лодки.

Анализ будет сосредоточен на кривой (а) изменения скорости лодки и на схематичных фигурах атлета, которые он принимает в течение цикла гребка, изображенных на рисунке 2.

На диаграмме видно, что максимальная скорость лодки достигается в момент извлечения весла из воды, а минимальная скорость при опускании весла в воду.

В течение всего периода гребка вес тела атлета перемещается от носа к корме (рисунок 3). Например, в мужской восьмерке со средним весом у атлета 85 килограммов, мы имеем 680 килограммов массы, которые во время подъезда двигаются с носа лодки на корму.

Если считать, что МАССА + ДВИЖЕНИЕ = СИЛА, возникает вопрос: куда идёт эта сила?

Когда спортсмен делает гребок, его масса, которая движется на корму, должна остановиться и изменить направление своего движения. Вся эта сила направлена против движения лодки и передается через опору ногами на подножку (см. позицию А, на рисунке 3). Во время конца гребка происходит противоположное: масса двигается в сторону носа и не мешает свободному перемещению лодки. Единственный способ уменьшить влияние отрицательной силы во время захвата воды – это правильно делать захват (вход весла в воду), (см. позицию В, на рисунке 3).

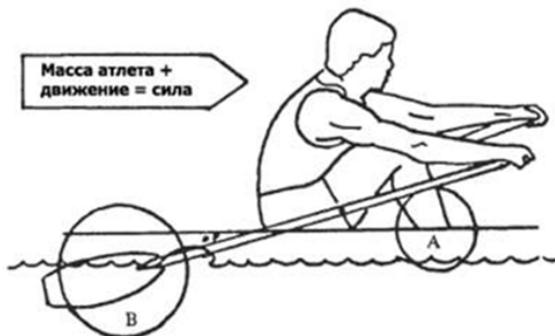


Рисунок 3 – Точки соприкосновения

Непрерывное приложение силы на рукоятку весла, создает давление лопасти весла на воду по дуге движения лопасти в воде. Обратная реакция воды на лопасть весла создает силу, которая передается через вертлюг на корпус лодки [1].

Сила, которая прикладывается к рукоятке весла и создается на лопасти, имеет две составляющие: сила, которая идет на продвижение лодки, и сила (угловая), которая идет на сжатие или растяжение лодки в поперечном направлении. Составляющая продвигающей силы возрастает от момента захвата веслом воды до момента, когда весло достигнет 90 градусов по отношению к корпусу лодки. В этот момент вся сила идет исключительно на продвижение лодки.

Эффект продвигающих и угловых сил определяет угловое перемещения весла, в которых атлет может использовать свою силу эффективно. Превышение эти углов поворота приводит к увеличению угловой силы и снижению продвигающей силы. Таким образом, весло наиболее эффективно в продвижении лодки, когда оно работает в углах близких к 90 градусам. Эти компоненты силы проиллюстрированы на рисунке 4 [2].

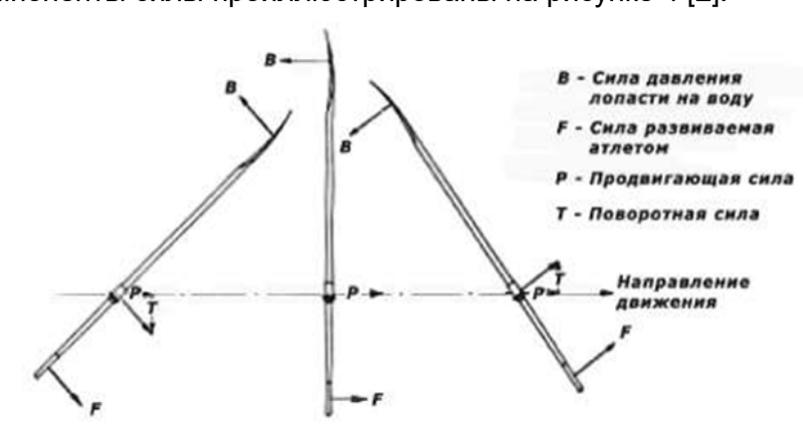


Рисунок 4 – Продвигающие и поворотные силы

Для лодок существуют различные типы сопротивления: вязкое сопротивление, сопротивление формы, волновое сопротивление. Гонимые лодки отличаются тем, что основным источником сопротивления (около 80%) является сопротивление трения. Воздух

также вносит свой вклад в общее сопротивление. Скорость воздуха изменчива, поэтому вклад может возрасти от нескольких до 10% при сильном встречном ветре.

В зависимости от направления ветра сила сопротивления может, как помочь гребцу, так и сильно помешать. Поэтому важным становится такое действие, как разворот лопасти весла посредством прокрутки рукояти: из вертикального положения меняется в горизонтальное. Когда лодка идёт по ветру, лопасти нужно разворачивать как можно раньше, что в свою очередь повысит парусность весла – придаст дополнительную скорость. Так же это увеличит устойчивость лодки, из-за поддержания одинакового расстояния лопастей от воды. То же самое и наоборот. Когда лодка идёт против ветра, нужно как можно позже разворачивать лопасти, так уменьшается парусность, что в свою очередь сохраняет потери скорости.

Размер и форма корпуса лодки определяются изготовителем. Более глубокий и более узкий корпус лодки создает меньше сопротивления при движении в воде, чем широкая лодка, но узкий корпус – менее устойчив. Глубина погружения любого корпуса устанавливается изготовителем на стадии проекта и основывается на весе команды, которая будет в нем грести. Оптимальную глубину погружения называют «разработанной водной линией» (оптимальная ватерлиния) – положение, когда лодка находится в равновесии во всех направлениях. Корпус лодки, погруженный до этой расчетной ватерлинии, имеет самое низкое сопротивление. Фактическая глубина погружения может измениться, если фактический вес экипажа не соответствует предназначенному весу команды для данной лодки (погружение лодки изменяется в среднем на 1 мм для каждые 10-кг), что приведет к уменьшению эффективности работы лопасти весла [3].

Глубина погружения любого корпуса устанавливается изготовителем на стадии проекта и основывается на весе команды, которая будет в нем грести. Оптимальную глубину погружения называют «разработанной водной линией» (оптимальная ватерлиния) – положение, когда лодка находится в горизонтальном положении как с носа на корму, так и с правого борта на левый. Если не соблюдать характеристики/рекомендации по весу, указанные на лодке, спортсмен не сможет показать свой максимальный результат. Это становится понятным из рассмотренных ниже примеров.

Нулевая отметка (оптимальная ватерлиния) – уровень лодки на воде/по отношению к воде, на котором она должна находиться, чтобы условия плавания сохранялись ($F_{\text{тяжести}} = F_{\text{Архимеда}}$).

Пусть m' – масса гребца, согласно характеристике лодки.

1 случай, когда вес гребца, больше заявленного на лодке. В этом случае сила тяжести будет больше чем должна, а значит лодка «тонет» – находится ниже нулевой отметки, что в свою очередь создаёт дополнительную силу трения:

$$F_{\text{тяж1}} = (m' + m_{\text{гребца1}}) \cdot g > F_{\text{тяж2}} = m' \cdot g \Rightarrow F_{\text{тяж}} > F_{\text{Архимеда}} \quad (1),$$

где $F_{\text{тяж1}}$ – реальная сила тяжести, $F_{\text{тяж2}}$ – теоретическая сила тяжести, $m_{\text{гребца1}}$ – избыточная масса гребца.

2 случай, когда вес гребца меньше заявленного на лодке. В этом случае сила тяжести будет меньше чем должна, а значит лодка «всплывает», находится выше нулевой отметки, из-за чего снижается КПД усилия гребца.

$$F_{\text{тяж1}} = (m' - m_{\text{гребца1}}) \cdot g < F_{\text{тяж2}} = m' \cdot g \Rightarrow F_{\text{тяж}} < F_{\text{Архимеда}} \quad (2),$$

где $F_{\text{тяж1}}$ – реальная сила тяжести, $F_{\text{тяж2}}$ – теоретическая сила тяжести, $m_{\text{гребца}}$ – масса гребца.

3 случай, когда вес гребца равен заявленному на данной лодке. В этом случае сила тяжести равна той, какая должна быть, а значит лодка «плавает» – находится на нулевой отметке, из-за чего максимальное КПД усилия гребца.

$$F_{\text{тяж1}} = m' \cdot g = F_{\text{тяж2}} = m' \cdot g \Rightarrow F_{\text{тяж}} = F_{\text{Архимеда}} \quad (3),$$

где $F_{\text{тяж1}}$ – реальная сила тяжести, $F_{\text{тяж2}}$ – теоретическая сила тяжести.

В зимнее время подготовка гребцов осуществляется в залах, большую часть времени на эргометрах «Concept-2». Они предоставляют огромное количество возможностей для различных тренировок, измерений.

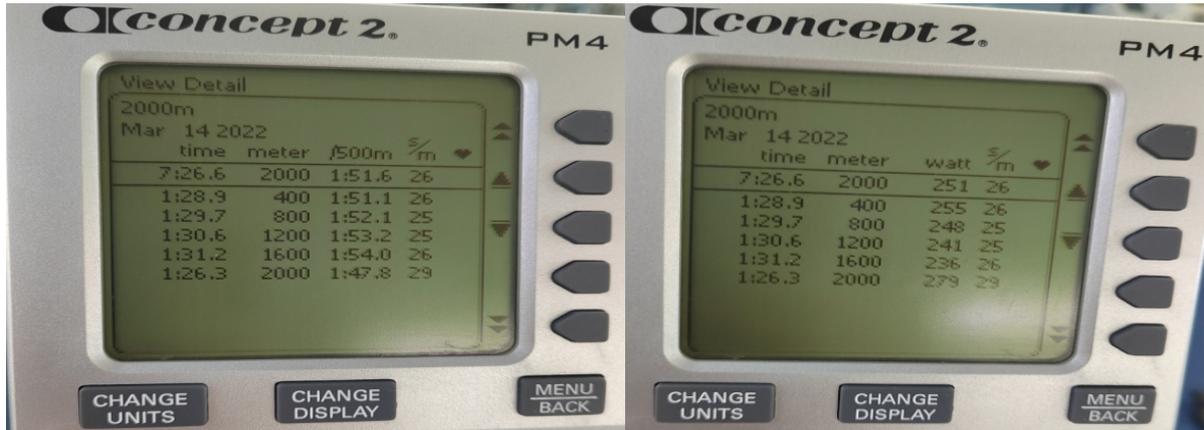


Рисунок 5 – Прохождение дистанции 2000м на эргометре

Экспериментальным путем была вычислена сила, которую должен прикладывать спортсмен, чтобы пройти дистанцию в 2000 метров, развивая 250 Вт мощности (рисунок 5). Для удобства расчётов было принято решение округлить полученные данные: 251Вт ≈ 250 Вт, 7 мин 26.6 сек = 446.6 сек ≈ 450 сек.

$$P = \frac{F_{\text{гр.}} \cdot S}{t} \Rightarrow F_{\text{гр.}} = \frac{P \cdot t}{S} = \frac{250 \text{ Вт} \cdot 450 \text{ с}}{2000 \text{ м}} = 56,25 \text{ Н} \approx 56 \text{ Н} \quad (4)$$

$$\Delta v = \frac{S}{t} = \frac{2000 \text{ м}}{450 \text{ с}} = 4,4 \text{ м/с} \quad (5)$$

где P = 250 Ватт – мощность, которая была развита во время прохождения дистанции (*все измерения были выполнены на гребном эргометре); t = 450 сек – полученное время; S = 2000 метров – дистанция; F – сила каждого гребка; Δv – средняя скорость прохождения дистанции.

Получается, что 56 Ньютонов – это та сила, которую гребец тратит на один гребок, развивая 250 Ватт мощности.

Если бы движению лодки не препятствовало действие воды и воздуха, то лодка двигалась бы равномерно и прямолинейно неограниченно долго. Силу сопротивления о воду можно рассчитать, используя формулу для расчёта силы вязкого сопротивления:

$$F_c = k \cdot v \quad (6)$$

где k – коэффициент вязкого сопротивления; v – скорость движения.

Уравнение динамики движения лодки имеет вид:

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = F_{\text{т.гр.}} - k \cdot v \quad (7)$$

где m – суммарная масса лодки; $\frac{dv}{dt}$ – производная скорости по времени; F_{т.гр.} – сила тяги гребца; k – коэффициент вязкого сопротивления; v – скорость движения.

Суммарная масса лодки равна:

$$m = m' + m_{\text{л}} = 67 \text{ кг} + 14 \text{ кг} = 81 \text{ кг} \quad (8)$$

где m' = 67кг – масса моего тела; m_л = 14 кг – масса лодки.

Пусть стационарная скорость лодки v_0 . Так как время движения лодки в стационарном режиме на порядок превышает время разгона, то время разгона можно считать незначительным. Следовательно, стационарная скорость движения лодки равна значению средней скорости прохождения дистанции. Из уравнения (7) находим расстояние S , которое лодка проходит по инерции при $F_{т.гр.} = 0$:

$$m_{л} \cdot \frac{dv}{dt} = -k \cdot v \quad (9)$$

где m – суммарная масса лодки; $\frac{dv}{dt}$ – производная скорости по времени; k – коэффициент вязкого сопротивления; v – скорость движения.

Используя подстановку $\frac{dv}{dt} = v \cdot \frac{dv}{ds}$, получаем $m_{л} \cdot v \cdot \frac{dv}{ds} = -k \cdot v$. Преобразовывая последнее равенство, получаем $\frac{dv}{ds} = -\frac{k}{m}$.

Решением уравнения является функция:

$$v(S) = v_0 - \frac{k \cdot S}{m} \quad (10)$$

где v_0 – стационарная скорость движения; m – суммарная масса лодки; k – коэффициент вязкого сопротивления; S – путь, пройденный по инерции.

После остановки лодки функция (9) переписывается следующим образом:

$$v(S) = v_0 - \frac{k \cdot S}{m} = 0 \quad (10)$$

где v_0 – стационарная скорость движения; m – суммарная масса лодки; k – коэффициент вязкого сопротивления; S – путь, пройденный по инерции.

Используя функцию (10') выражаем k – коэффициент вязкого сопротивления:

$$k = \frac{m \cdot v_0}{S} \quad (11),$$

где v_0 – стационарная скорость движения; m – суммарная масса лодки; S – путь, пройденный по инерции.

Экспериментальным путём находится S – путь, пройденный по инерции = m . Подставляя значения в формулу (11) находим k :

$$k = \frac{m \cdot v_0}{S} = \frac{81 \text{ кг} \cdot 4,4 \text{ м/с}}{32,5 \text{ м}} \approx 10,97 \text{ кг/с} \quad (11)$$

Тогда подставляя значение коэффициента вязкого сопротивления k в формулу (6) получаем значение силы сопротивления о воду:

$$F_c = k \cdot v = 10,97 \text{ кг/с} \cdot 4,4 \text{ м/с} = 48,268 \text{ Н} \approx 48 \text{ Н} \quad (12).$$

Эффективность весла, действующего как рычаг (рисунок 6), зависит от величины выноса, соотношения внешнего и внутреннего рычага. Рычаг используется для получения большего усилия на коротком плече с помощью меньшего усилия на длинном плече [4]. Прикладывая силу в 56 Н на меньшее плечо, было получено значение силы в 25 Н на большем.

$$F_{в.} \cdot L_1 = F_{т.} \cdot L_2 \Rightarrow 1,96 \text{ м} \cdot F_{в.} = 56 \text{ Н} \cdot 0,86 \text{ м} \Rightarrow F_{в.} = 56 \text{ Н} \cdot 0,86 \text{ м} / 1,96 \text{ м} \approx 25 \text{ Н} \quad (13),$$

где $F_{т.} = F_{тяги}$ – сила каждого гребка; $F_{в.} = F_{весла}$ – сила весла; L_1, L_2 – плечи приложения сил.

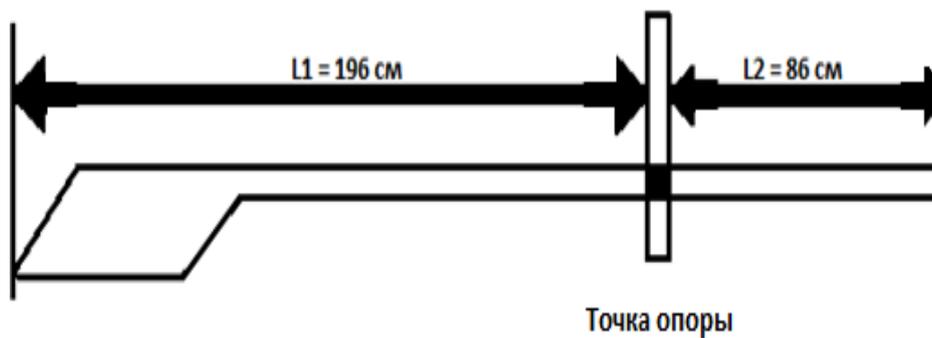


Рисунок 6 – Рычаг весла

Заключение

Определены физические факторы, влияющие на скорость движения лодки в академической гребле. К таким факторам относятся: силы, создаваемые гребцом; эффект продвигающих и угловых сил при повороте весла; вязкое сопротивление, сопротивление формы, волновое сопротивление; установленный рычаг весла. Учитывая влияние рассмотренных в работе физических явлений, можно добиться повышения скоростных показателей на практике.

Список использованных источников:

1. Жуков, С. Е. Искусство быть тренером по гребле академической : пособие / С. Е. Жуков, О. А. Тарасова, В. А. Загоровский ; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск : БГУФК, 2021. – 91 с.
2. Искусство быть тренером : [по материалам программы обучения тренеров ФИСА]. Уровень 1. – Пинск, 2014. – 100 с.
3. Искусство быть тренером : [по материалам программы обучения тренеров ФИСА]. Уровень 2. – Пинск, 2014. – 94 с.

РАЗВИТИЕ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ В БУДУЩЕМ

Аракелян П. А., Галяк И. П., Лаптева А. С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Чаевский В.В.– канд. физ.-мат. наук, доцент
кафедры физики

Аннотация. Квантовые компьютеры представляют собой революционное направление в вычислительной технологии. Обзорная статья кратко рассматривает основные принципы работы таких компьютеров, включая квантовую механику и концепцию кубитов, а также оценивает текущие достижения в этой области и их применение в научных исследованиях. Обсуждаются перспективы развития квантовых компьютеров, их возможное влияние на повседневную жизнь и промышленность, а также вызовы и проблемы, стоящие перед их разработкой. В заключении рассматривается влияние квантовых компьютеров на науку и технологии, включая область искусственного интеллекта и машинного обучения.

Ключевые слова. Квантовые компьютеры, биты, когерентность, вычисления, параллелизм, квантовая запутанность.

Работа квантовых компьютеров основана на принципах квантовой механики. Основные принципы, связанные с работой квантовых компьютеров:

– Квантовые состояния и кубиты [1]: вместо использования классических битов, квантовые компьютеры используют кубиты (quantum bits) как основные единицы информации, которые превосходят, как показано на рисунке 1, один бит классической единицы измерения количества информации практически на порядок величины.

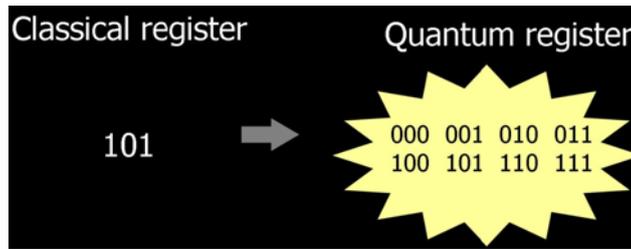


Рисунок 1 – 3 бита обычного регистра против 3 кубитов квантового

Как показано на рисунке 2, кубиты могут находиться в состоянии 0, состоянии 1 или в суперпозиции, когда они находятся в линейной комбинации состояний 0 и 1.

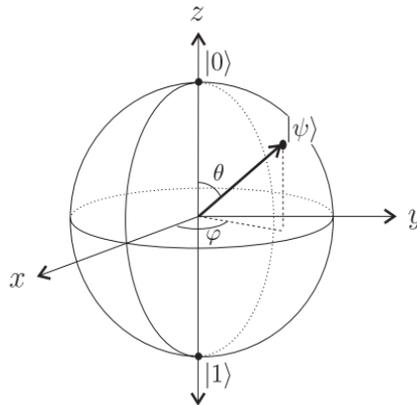


Рисунок 2 – Схема кубита

– Принцип суперпозиции [1]: квантовые системы могут существовать одновременно во всех возможных состояниях суперпозиции до тех пор, пока не производится измерение. Это означает, что кубит в суперпозиции может быть в состоянии 0 и 1 одновременно с определенной вероятностью.

– Принцип квантового параллелизма [2]: квантовые компьютеры могут выполнять операции над всеми возможными комбинациями состояний кубитов одновременно. Это позволяет квантовым компьютерам эффективно обрабатывать большие объемы данных за счет параллельной обработки.

– Квантовые взаимодействия: кубиты могут быть связаны друг с другом, образуя квантовые системы с более чем одним кубитом. Взаимодействие между кубитами позволяет осуществлять операции, такие как квантовые вентили [3] и квантовые измерения.

– Принцип измерения: измерение квантовой системы приводит к коллапсу суперпозиции в одно конкретное состояние. Результат измерения будет одним из возможных состояний кубита с вероятностью, определенной амплитудой этого состояния.

Эти принципы позволяют квантовым компьютерам выполнять определенные вычисления и решать задачи, которые классические компьютеры могут выполнять значительно медленнее или вообще не могут решить. Однако, квантовые компьютеры также сталкиваются с рядом сложностей, таких как шумы, декогеренция и ошибки квантовых операций, которые требуют разработки специальных алгоритмов и методов коррекции ошибок для достижения надежной работы.

Существуют следующие концепции кубитов и квантовых состояний:

1. Кубит может быть представлен на квантовом уровне частицы со свойствами спина или поляризации [4].
2. Различные операции переводят кубит из одного квантового состояния в другое, изменяя его внутреннее состояние.
3. Квантовое состояние описывает систему с точки зрения квантовой механики и позволяет системе находиться во всех возможных состояниях.
4. Квантовые состояния характеризуются суперпозицией и интерференцией [2], что приводит к уникальным свойствам квантовых систем.
5. Примерами квантовых состояний являются состояния поляризации фотона, спин электрона и другие квантовые системы.

6. Кубит может быть реализован, например, как атом, ион или квантовая точка [3], которые обладают квантовыми свойствами.

7. Измерение кубита приводит к коллапсу в одно определенное квантовое состояние.

8. Квантовые состояния обладают вероятностными характеристиками, что отличает их от классических состояний.

9. Операции с кубитами осуществляются с помощью квантовых гейтов [5], которые меняют их состояние в зависимости от входных данных.

10. Квантовые состояния могут быть использованы для квантовых вычислений, криптографии, симуляций и других задач.

11. Среди типов квантовых состояний можно выделить базисные состояния, суперпозиции, квантовое запутывание [1] и другие.

12. Квантовая суперпозиция позволяет существовать кубиту во всех возможных состояниях, что придает квантовым вычислениям выразительность.

13. Квантовые системы способны обрабатывать большие объемы информации параллельно благодаря суперпозиции состояний.

14. В квантовых вычислениях кубиты могут применять квантовые алгоритмы, такие как алгоритм Шора или алгоритм Гровера [4], для решения сложных задач быстрее классических компьютеров.

15. Состояние кубита определяется с помощью вектора состояния, который указывает вероятности нахождения кубита в каждом из состояний.

16. Квантовые состояния играют ключевую роль в развитии квантовых технологий и научных исследований в области квантовой физики.

17. Понимание кубитов и квантовых состояний является важным элементом для развития квантовых компьютеров и приложений в будущем.

Принципы суперпозиции и квантового параллелизма являются ключевыми концепциями в квантовой механике и основой для работы квантовых компьютеров.

Принцип суперпозиции гласит, что квантовая система может существовать одновременно во всех возможных состояниях, предусмотренных ее квантовой описательной функцией, до тех пор, пока не производится измерение. Это означает, что кубит может находиться в линейной комбинации базовых состояний, например, состояния 0 и состояния 1, с определенными амплитудами. В результате суперпозиции кубит может одновременно представлять несколько возможных состояний. Принцип квантового параллелизма заключается в возможности выполнения параллельных вычислений над всеми возможными комбинациями состояний кубитов. В отличие от классических компьютеров, которые могут обрабатывать только одну комбинацию состояний за раз, квантовые компьютеры могут одновременно обрабатывать все возможные комбинации состояний благодаря принципу суперпозиции. Это позволяет квантовым компьютерам выполнять определенные задачи значительно быстрее, чем классические компьютеры.

Принцип суперпозиции и принцип квантового параллелизма вместе дают квантовым компьютерам вычислительное преимущество при решении определенных задач. Например, при факторизации больших чисел алгоритм Шора использует суперпозицию и квантовый параллелизм для эффективного поиска периода функции, что приводит к разложению числа на простые множители за экспоненциально меньшее время, чем классические алгоритмы.

Однако, важно отметить, что выходные данные квантового компьютера после измерения ограничиваются одним конкретным состоянием, выбранным с определенной вероятностью. Анализ и интерпретация результатов квантовых вычислений требует использования статистических методов и алгоритмов для получения полезной информации из вероятностных результатов измерений.

Основными квантовыми компьютерами, разработанными в лабораториях, являются:

1. IBM Q System One: IBM создал квантовый компьютер под названием IBM Q System One. Этот квантовый компьютер имеет кубиты, использующие квантовые эффекты для выполнения операций (20 кубитов, 2019).

2. Google Quantum AI: Команда Google квантовых инженеров также работает над разработкой квантовых компьютеров. Они представили Bristlecone – 72-кубитный квантовый процессор.

3. IonQ: Компания IonQ развивает квантовые компьютеры, используя ионы для хранения информации. Они создали 11-кубитный квантовый процессор и работают над увеличением числа кубитов.

Выделяют следующие преимущества и недостатки существующих моделей квантовых компьютеров:

– преимущества:

1. Высокая вычислительная мощность. Квантовые компьютеры могут обрабатывать большие объемы данных параллельно благодаря принципу суперпозиции и квантовому параллелизму, что значительно увеличивает скорость выполнения вычислений.

2. Решение сложных задач. Квантовые компьютеры имеют потенциал для решения задач, которые непосильны для классических компьютеров, таких как факторизация больших чисел или оптимизация сложных систем.

3. Эффективность алгоритмов. Для некоторых задач квантовые алгоритмы могут быть значительно более эффективными, чем классические алгоритмы, что позволяет сократить время обработки данных.

4. Потенциал для развития. Использование квантовых вычислений может привести к созданию новых технологий и научных открытий, которые недоступны с использованием классических компьютеров.

– недостатки:

1. Технические сложности. Реализация квантовых компьютеров требует высокоточных квантовых систем и технологий, что может быть технически сложным и дорогостоящим процессом.

2. Возможность ошибок. Из-за чувствительности квантовых систем к внешним воздействиям существует риск возникновения ошибок в процессе вычислений, что требует использования корректирующих кодов.

3. Ограничения на размер квантовых систем. В настоящее время размер квантовых систем ограничен, что ограничивает масштабируемость и возможности квантовых компьютеров.

4. Сложность программирования. Написание эффективных квантовых алгоритмов требует специальных знаний и навыков, и по сравнению с классическим программированием может быть более сложным и трудоемким процессом.

Квантовые компьютеры в научных исследованиях имеют широкие применения, в том числе и технологические, среди которых одними из основными являются следующие:

1. Использование для моделирования сложных квантовых систем, молекул и материалов, что позволяет исследователям понять их свойства и взаимодействия на более глубоком уровне. Это может привести к разработке новых материалов с уникальными свойствами, которые могут найти применение в различных отраслях, от электроники до медицины.

2. Химические расчеты. Квантовые компьютеры могут использоваться для моделирования химических структур и реакций, биохимических процессов и взаимодействий между молекулами с высокой точностью и скоростью, что позволяет исследователям разрабатывать новые материалы и лекарства. Это позволит исследователям и фармацевтам быстрее и точнее прогнозировать эффективность потенциальных лекарственных препаратов и сокращать время и стоимость их разработки.

3. Оптимизация сложных систем. Квантовые компьютеры могут применяться для решения задач оптимизации в различных областях, таких как логистика, финансы и транспорт, что может привести к улучшению эффективности и экономии ресурсов.

4. Разработка новых материалов. С помощью квантовых компьютеров можно проводить моделирование и анализ свойств различных материалов, что может привести к созданию новых материалов с уникальными свойствами и приложениями.

5. Квантовая криптография [1]. Квантовые компьютеры могут использоваться для разработки квантово-стойких криптографических методов, которые обеспечивают более высокий уровень безопасности передачи информации, а также оказать существенную помощь в разработке квантовых шифров и протоколов, которые обеспечивают более высокий уровень безопасности, чем существующие классические методы криптографии. Эти методы могут использовать принципы квантовой механики, такие как непрерывное изменение квантовых состояний, для обеспечения защиты данных.

6. Исследование квантовой физики. Квантовые компьютеры могут помочь исследователям в изучении основных принципов квантовой физики и проведении экспериментов для проверки квантовых теорий.

7. Квантовые компьютеры могут быть использованы для разработки новых методов хранения и передачи энергии, таких как квантовые сети и квантовые аккумуляторы, которые обеспечивают более эффективное и экологически чистое использование энергии.

Развитие квантовых компьютеров имеют огромные перспективы: увеличение числа кубитов и улучшение качества квантовых состояний, что позволяет увеличить количество кубитов на квантовых чипах, приводящее к увеличению мощности и скорости квантовых компьютеров; развитие алгоритмов и программного обеспечения для квантовых компьютеров позволит создавать более эффективные и оптимизированные вычислительные задачи для квантовых компьютеров; разработка новых методов программирования для квантовых компьютеров значительно упростит процесс создания программ и повысит производительность вычислений; создание специализированных инструментов разработки и отладки программ для квантовых компьютеров улучшит качество и надежность программного обеспечения; развитие квантовых библиотек и фреймворков сделает доступ к квантовым вычислениям более удобным и эффективным.

Разработка квантовых компьютеров связана с техническими проблемами, из которых одними из основных является создание стабильных квантовых состояний. Квантовые состояния крайне чувствительны к внешним воздействиям, таким как температурные флуктуации, радиационное излучение и электромагнитные поля. Это может привести к декогеренции [5] – потере квантовой когерентности. В результате кубиты перестают быть в состоянии суперпозиции и вместо этого принимают классические значения, что делает невозможным проведение квантовых вычислений. Решение этой проблемы включает создание окружений с низким уровнем шума и разработку методов коррекции ошибок. Кроме того, квантовые системы подвержены ошибкам из-за взаимодействия с окружающей средой. Эти ошибки могут быть вызваны множеством факторов, таких как флуктуации температуры и электромагнитного поля. Сами квантовые операции также могут быть источником ошибок. Разработка методов исправления ошибок становится критической для обеспечения надежности квантовых вычислений. Создание и поддержание стабильных квантовых состояний требует высокоточных и сложных технологий. Например, для квантовых точек, которые могут быть использованы в качестве кубитов, необходимо обеспечить точное управление над их положением и энергией. Это может включать в себя использование специальных материалов и техник нанотехнологий.

Проблемы управления и поддержки квантовых систем также являются ключевыми вызовами в разработке квантовых компьютеров. Квантовая контрольная инженерия – управление квантовыми системами требует разработки сложных алгоритмов и методов, которые обеспечивают точное управление и манипулирование кубитами. Это включает в себя инициализацию квантовых состояний, выполнение квантовых операций и считывание результатов вычислений. Отсутствие эффективных методов управления может привести к ошибкам и потере квантовой информации. Оптимизация квантовых алгоритмов – эффективное управление квантовыми системами также требует разработки оптимизированных квантовых алгоритмов. Это включает в себя поиск эффективных способов реализации квантовых операций и улучшение производительности квантовых алгоритмов для решения конкретных задач.

Интеграция с классическими системами – квантовые компьютеры будут работать в среде, где присутствуют и классические вычислительные системы. Это требует разработки методов интеграции и совместной работы квантовых и классических систем, чтобы обеспечить эффективную и надежную обработку данных.

Обеспечение стабильности и надежности работы, что включает в себя разработку методов диагностики и обнаружения ошибок, а также создание систем автоматического восстановления и резервирования для обеспечения непрерывной работы.

Вопросы безопасности и конфиденциальности данных, обрабатываемых квантовыми компьютерами являются одними из ключевых при работе компьютеров. Это угрозы криптографии – квантовые компьютеры обладают потенциалом для взлома многих существующих криптографических методов, основанных на сложности математических задач. Например, алгоритм Шора позволяет эффективно факторизовать большие целые числа, что

приводит к угрозе для алгоритмов шифрования, таких как RSA. Алгоритм Гровера может значительно ускорить поиск по базе данных или нахождение дискретного логарифма, что может подорвать безопасность многих симметричных криптографических алгоритмов.

В контексте квантовых компьютеров также возникают новые вопросы о защите от атак. Например, существует угроза криптографической атаки на квантовые протоколы связи, если злоумышленник может перехватить или подделать квантовые состояния в канале связи. Необходимо разработать новые методы квантовой криптографии, которые будут устойчивы к таким видам атак.

Вместе с угрозами появляются и новые возможности для обеспечения безопасности. Квантовые системы могут быть использованы для разработки новых криптографических методов, например, квантовых ключей и квантовых протоколов распределения ключей, которые обеспечивают более высокий уровень безопасности и защиты от квантовых атак.

Решение этих вопросов требует широкого междисциплинарного подхода, который включает в себя работу специалистов по криптографии, физики, инженеров и информационных технологий.

Влияние квантовых компьютеров на развитие сферы искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) может быть значительным и привести к новым возможностям и улучшению эффективности существующих методов. Вот несколько способов, как квантовые компьютеры могут повлиять на эту область. Разработка новых алгоритмов машинного обучения, которые могут использовать квантовые принципы для решения задач – алгоритмы кластеризации, классификации и регрессии могут быть оптимизированы с использованием квантовых алгоритмов, что может привести к улучшению точности и скорости обучения моделей. Оптимизация функций потерь или поиск оптимальных параметров модели могут обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные операции параллельно, что может значительно ускорить процесс обучения. Кроме того, для решения задач оптимизации, которые часто возникают в контексте машинного обучения, например, в обучении моделей машинного обучения или в настройке гиперпараметров, квантовые компьютеры могут эффективно искать оптимальные решения в больших пространствах параметров и улучшать производительность моделей.

Квантовые компьютеры могут улучшить обработку естественного языка (Natural Language Processing, NLP), позволяя алгоритмам более эффективно анализировать и понимать текстовые данные. Это может привести к разработке более точных и эффективных моделей для задач обработки текста, таких как анализ тональности, машинный перевод и автоматическое распознавание речи.

Квантовые компьютеры могут быть использованы для разработки и обучения квантовых нейронных сетей, которые могут быть более мощными и эффективными, чем классические нейронные сети. Квантовые нейронные сети могут обрабатывать большие объемы данных и решать более сложные задачи с высокой точностью. Однако, необходимо отметить, что многие из перспективных применений квантовых компьютеров в этой области все еще находятся на стадии исследований и разработок, и требуют дальнейших исследований и экспериментов для их полной реализации.

Список использованных источников:

1. Ручкин, В.Н. Естественный параллелизм квантовых компьютеров и нейровычислителей / В.Н. Ручкин, В.А. Романчук, В.А. Фулин – Рязань: Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, 2013 – С. 6-9.
2. Википедия. Свободная энциклопедия. Квантовый_компьютер [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый_компьютер
3. Торгаев, С.Н. Основы квантовых вычислений: учебное пособие / С.Н. Торгаев, И.Д. Шульга, Е.А. Юрченко, М.Л. Громов. – Томск: STT, 2020. – С. 23-37.
4. Сысоев, С.С. Введение в квантовые вычисления. Квантовые алгоритмы: учеб. пособие / С.С. Сысоев – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2019. – С. 53-64.
5. Квантовые вычисления: учеб. пособие / С.Н. Торгаев, И.Д. Шульга, Е.А. Юрченко, М.Л. Громов, 2010. – С.86-93.

ПОРТАТИВНЫЙ ВАТТМЕТР МАЛОМОЩНЫХ СЕТЕВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Глозман Д.М., Шевченко И.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Храмович Е.М. – канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры физики

Аннотация. Разработан и собран портативный ваттметр маломощных сетевых потребителей до 10 ватт. Ваттметр состоит из трех основных элементов: аккумулятора, инвертор постоянного напряжения в переменное напряжение 220 вольт и цепь измерения мощности. Описаны сильные и слабые стороны изготовленного устройства.

Ключевые слова. Ваттметр, инвертор напряжения, мультивибратор.

Введение

В работе и в быту человек может столкнуться с необходимостью измерения потребляемой мощности электроприборов с целью определения времени работы от аккумулятора, диагностики приборов или расчета стоимости электроэнергии. Такая необходимость может возникнуть вдали от электросети или при работе, где важным преимуществом будет являться мобильность. С приборами переменного тока, особенно рассчитанных на сетевое напряжение, могут возникнуть трудности, при попытке запитать их от аккумуляторной батареи. Для решения этих трудностей и в целях изучения приборостроения нами был разработан портативный ваттметр маломощных сетевых потребителей.

Основная часть

Разработанный прибор способен измерять мощность светодиодных ламп, импульсных блоков питания, паяльников, датчиков и прочих электроприборов мощностью до 10 ватт. Прибор состоит из трех основных элементов, представленных на рисунке 1:



Рисунок 1 – Схема прибора

Для преобразования тока от аккумулятора в переменный ток 220 вольт 50 герц используется инвертор постоянного тока, повторяя напряжение электросети. Инвертор построен на базе мультивибратора, используемого в качестве генератора прямоугольных импульсов 50 герц [1].

Мультивибратор на рисунке 2 является одним из самых распространённых генераторов импульсов прямоугольной формы, используемый в электронике и радиотехнике. В нашей схеме он представляет собой двухкаскадный резистивный усилитель, охваченный глубокой положительной обратной связью:

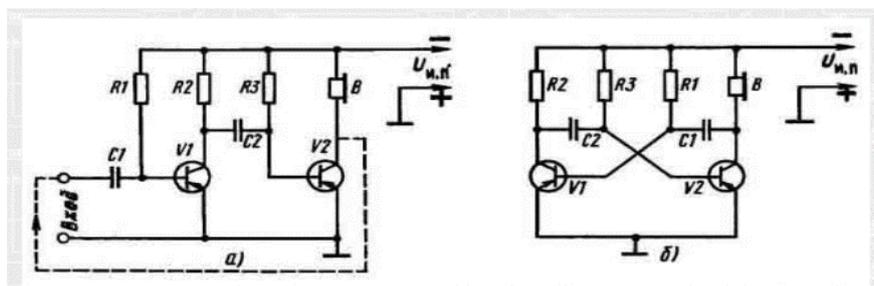


Рисунок 2 – Мультивибратор

После прямоугольный сигнал поступает на MOSFET (транзистор), а они в свою очередь поочередно коммутируют первичные обмотки трансформатора. Схема прибора показана на рисунке 3:

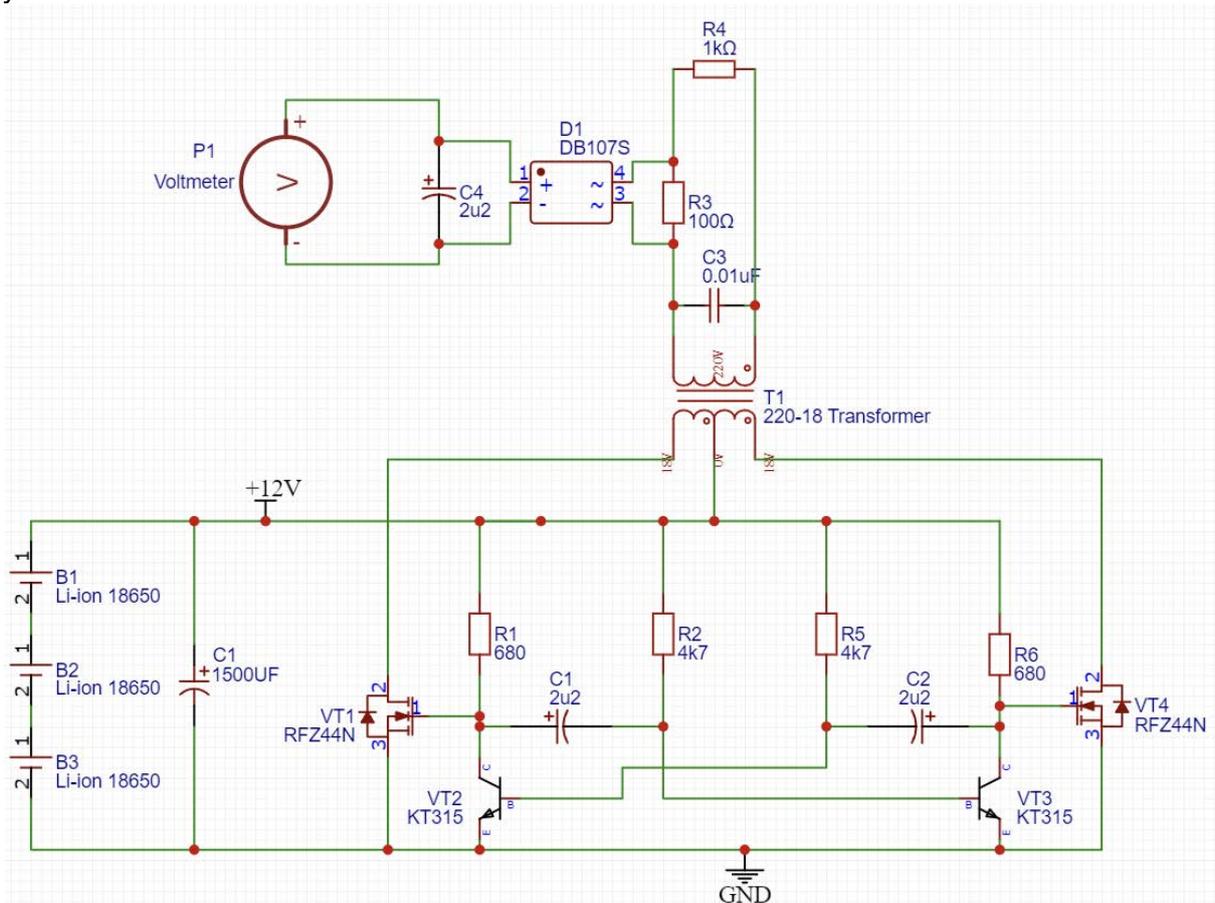


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема

На рисунке 4 нами была собрана симуляция мультивибратора для наглядного представления направления тока [2]:

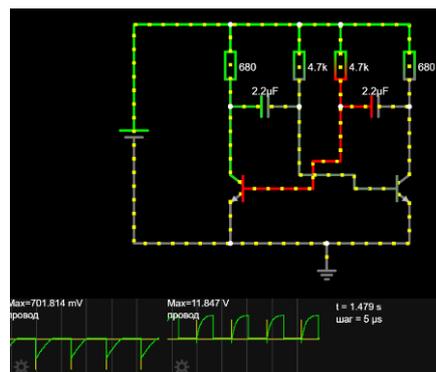


Рисунок 4 – Симуляция мультивибратора

На рисунке 5 изображены осциллограммы напряжений в точках 1 – GND, 2 – GND, 3 – GND. На осциллографе изображены напряжения, приближенные к меандру, который является управляющим напряжением MOSFET – транзистора. На графике 2 – GND представлено управляющие напряжение со сдвигом фазы на π рад, что позволяет работать ключам поочередно. На графике 3 – GND изображено напряжение базы транзистора в момент генерации импульсов. При открытом транзисторе напряжение его базы составляет 0.7 вольт, а напряжение на коллекторе стремиться к 0. Через промежуток времени, в полпериода колебаний, напряжение на базе становится отрицательным, что приводит к запираению транзистора – напряжение в точке 1 растет до напряжения питания.

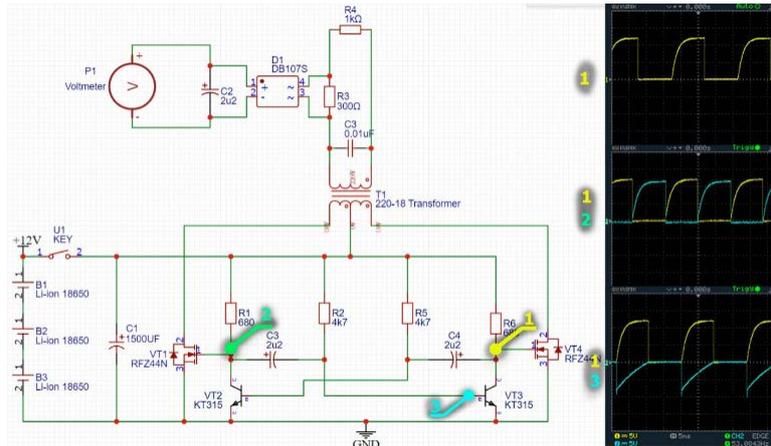


Рисунок 5 – Осциллограммы напряжений

Переменное магнитное поле в трансформаторе создается при помощи первичной обмотки со средней точкой. Поочередно коммутируя первичную обмотку относительно средней точки, создается магнитное поле и повышенное напряжение на вторичной обмотке. Повышенное напряжение со вторичной обмотки сглаживается конденсаторами С3 и через шунт R3 поступает на нагрузку. Для измерения потребляемой реактивной мощности (электромоторы, звонки) используется формула:

$$W = I_{действ.} \times U_{действ.}$$

$$U_{действ.} = \frac{U_{ампл.}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{действ.} = \frac{I_{ампл.}}{\sqrt{2}}$$

$$W = \frac{I_{действ.}}{\sqrt{2}} \times \frac{U_{действ.}}{\sqrt{2}}, \quad (1)$$

где $I_{действ.}$ – действующая сила тока, $U_{действ.}$ – действующее напряжение, $I_{ампл.}$ – амплитудная сила тока, $U_{ампл.}$ – действующее напряжение, W – мощность.

На практике чаще встречается импульсная нагрузка (импульсные блоки питания и светодиодные лампы), это позволило нам упростить расчеты и принципиальную схему ваттметра. Сопротивление шунта было подобрано так, чтобы напряжение падения на нем было равно мощности потребляемой нагрузки. Таким образом график напряжения нагрузки на рисунке 6 представляет собой прямоугольные импульсы, что позволяет рассчитывать мощность как мощность постоянного тока. Цена деления по горизонтали 2 миллисекунды, по вертикали 50 вольт:

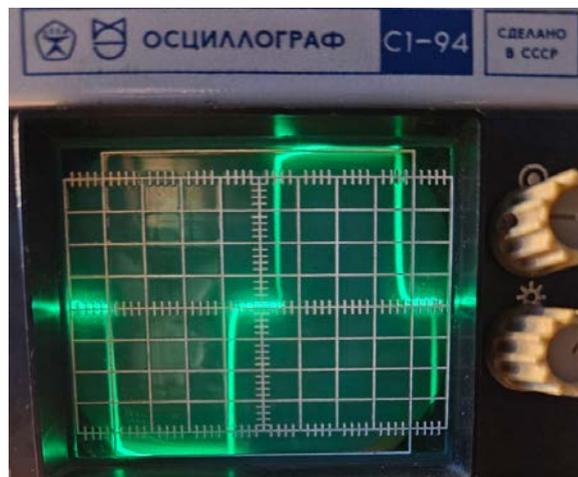


Рисунок 6 – График напряжения нагрузки

Эти условия позволили нам использовать не вышеупомянутую формулу, а ее упрощенный вид:

$$W = I_{нагр.} \times U_{нагр.}$$

$$W = \frac{U_{вольт.}}{R_{шунт.}} \times U_{нагр.}, \quad (2)$$

$$W \approx U_{вольт.}$$

где W – мощность, $I_{нагр.}$ – сила тока нагрузки, $U_{нагр.}$ – напряжение нагрузки, $U_{вольт.}$ – напряжение вольтметра, $R_{шунт.}$ – сопротивление шунта.

Далее нами была изготовлена печатная плата, схема которой показана на рисунках 7 и 8 [3, 4]:

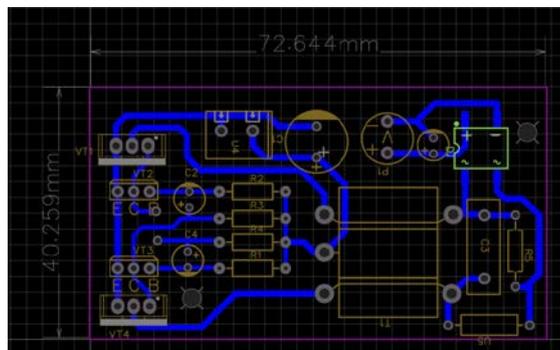


Рисунок 7 – Схема печатной платы

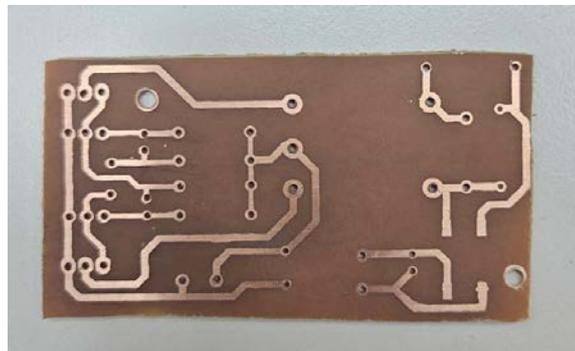


Рисунок 8 – Печатная плата

Заключение

Разработано и изготовлено устройство - портативный ваттметр (рисунок 9). Разработанное устройство способно измерять мощность сетевых приборов до 10 ватт. Такое ограничение обусловлено выбранным трансформатором в пользу портативности. Данное устройство может быть полезно как для домашнего использования, так и на производстве. Аккумулятора хватит на два часа работы, но из-за перегрева MOSFET – транзисторов и трансформатора, прибор не желательно эксплуатировать больше 5 минут. Пример работы при подключении лампочки 7 ватт показан на рисунке 10.

Выбранная схема мультивибратора имеет недостаток, генерируемая частота зависит от напряжения питания, для исправления этого недостатка в будущем планируется заменить мультивибратор на таймер NE555, который такого недостатка лишён. Также, для измерения реактивной нагрузки, будет добавлен делитель напряжения с переключателем, который при включенном режиме "реактивная нагрузка" будет делить напряжение на вольтметре пополам. Согласно рисунку 10, показания ваттметра совпадают с реальной мощностью лампочки, а это значит, что устройство полностью справляется с поставленной задачей.



Рисунок 9 – Портативный ваттметр



Рисунок 10 – Тестирование ваттметра

Список использованных источников:

1. Мультивибратор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lessonradio.narod.ru/Multivibrator.htm> – Дата доступа: 30.03.2024
2. Симуляция мультивибратора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://falstad.com/> – Дата доступа: 30.03.2024
3. Методы производства печатных плат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oessp.ru/articles/tehnologiya-i-metody-izgotovleniya-pechatnykh-plat/> – Дата доступа: 30.03.2023
4. Изготовление печатной платы в домашних условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eas.me/peroxide-etching/> – Дата доступа: 30.03.2024

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАХОВОГО КОЛЕСА И СИЛЫ ТРЕНИЯ В ОПОРЕ»

Танкевич А.Ю., Лукашик А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Широчин С.В. – ведущий инженер

Чаевский В.В. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Аннотация. Проанализирован традиционный подход к выполнению лабораторной работы “Измерение момента инерции махового колеса и силы трения в опоре”, отмечены его основные недостатки, а также предложен и реализован новый подход к ее проведению.

Ключевые слова. Маховое колесо, лабораторная работа, механика, вращательное движение.

Цель работы

Определить момент инерции махового колеса относительно оси с помощью вычислений и экспериментально, используя два подхода (традиционный и оптимизированный) к выполнению лабораторной работы, и сравнить полученные результаты.

Результаты работы

На рисунке 1 показано, что лабораторная установка состоит из махового колеса (1) в виде цилиндра и шкива (2), насаженных на вал (3), который установлен в опорные стойки (4). Один конец нити (5) прикреплен к шкиву, на который она может наматываться, а к другому концу нити подвешен груз (6). Положение груза определяется с помощью вертикальной линейки (7).

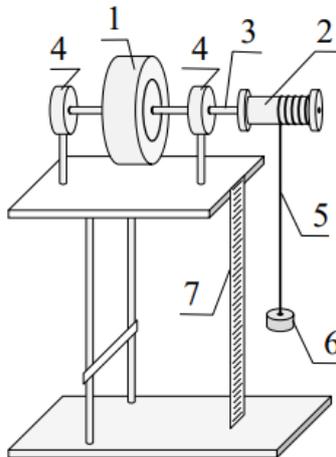


Рисунок 1 – Лабораторная установка

Измерения параметров махового колеса представлены на рисунке 2 и в таблице 1.

Традиционный подход к выполнению эксперимента.

Рисунок 3 показывает, что если намотать нить на шкив, а груз поднять на высоту h_1 от наиболее низкого его положения (когда нить полностью размотана) и отпустить, то груз начнет равноускоренно двигаться вниз. При этом маховое колесо вместе со шкивом будет вращаться вокруг оси. После достижения грузом наиболее низкого положения (при полном сматывании нити со шкива) маховое колесо продолжает вращаться по инерции. Вследствие этого нить начинает наматываться на шкив, а груз двигаться вверх, поднимаясь к моменту первой остановки всей системы на высоту h_2 . На систему действуют внешние силы тяжести, реакции опоры и трения в опорных стойках вала [1]. При движении системы считается, что силы сопротивления воздуха и внутренние неконсервативные силы, а также моменты инерции шкива и вала относительно оси вращения пренебрежимо малы.

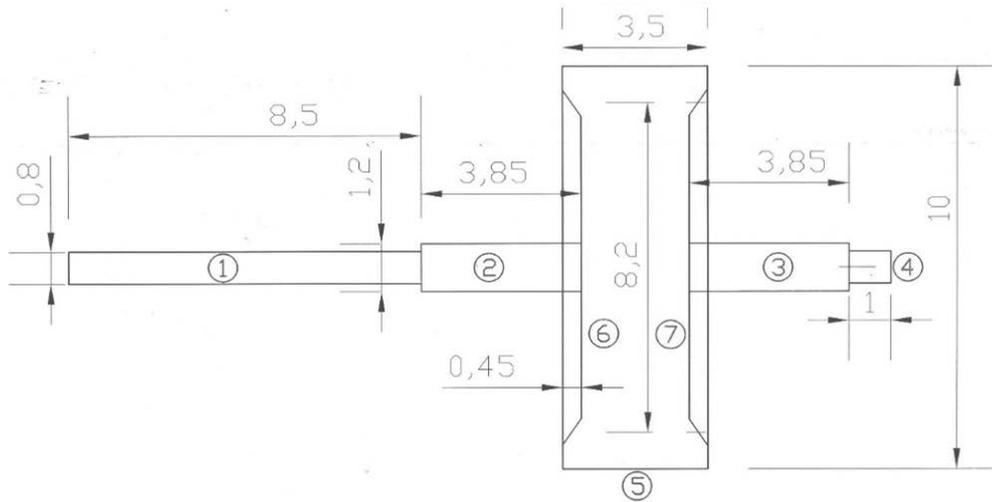


Рисунок 2 – Измерения параметров махового колеса: 1 – цилиндр диаметром 0,8 см; 2 – цилиндр диаметром 1,2 см; 3 – цилиндр диаметром 1,2 см; 4 – цилиндр диаметром 0,8 см; 5 – цилиндр диаметром 10 см; 6 – мнимый цилиндр диаметром 0,45 см; 7 – мнимый цилиндр диаметром 0,45 см.

Таблица 1 – Параметры махового колеса.

	$V_i, \text{м}^3$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$r, \text{м}$	$h, \text{м}$	$M_i, \text{кг}$	$M, \text{кг}$	$I_i, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	$I, \text{кг}\cdot\text{м}^2$
1	$4,27257 \cdot 10^{-6}$	$2,93 \cdot 10^{-4}$	7800	0,004	0,085	0,03332601	1,8785	0,0000002666	0,00237
2	$4,35425 \cdot 10^{-6}$		7800	0,006	0,0385	0,03396313		0,0000006113	
3	$4,35425 \cdot 10^{-6}$		7800	0,006	0,0385	0,03396313		0,0000006113	
4	$5,02655 \cdot 10^{-6}$		7800	0,004	0,01	0,00392071		0,0000000314	
5	0,000274889		7800	0,050	0,035	2,14413699		0,0026801712	
6	$2,37646 \cdot 10^{-6}$		7800	0,041	0,0045	-0,18536371		-0,0001557982	
7	$2,37646 \cdot 10^{-6}$		7800	0,041	0,0045	-0,18536371		-0,0001557982	

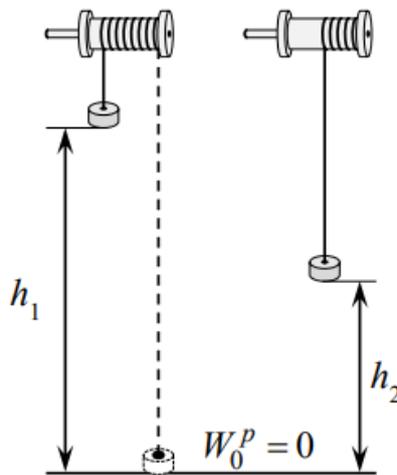


Рисунок 3 – Схематическое изображение эксперимента

Проведя данный эксперимент с грузами различной массы, получаются результаты измерений и значения момента инерции, которые вычисляются по формуле (1) [2] и представлены в таблице 2.

$$I = \frac{md^2}{4} \cdot \left(\frac{gh^2}{h^2(h^2+h^1)} - 1 \right). \quad (1)$$

Таблица 2 – Результаты традиционного подхода к измерению момента инерции махового колеса.

m, кг	h ₁ , м	h ₂ , м	t, с	I, кг·м ²
0,145	0,830	0,560	5,203	0,00185273
0,175	0,835	0,585	4,825	0,00186811
0,205	0,840	0,610	4,283	0,00190445

Оптимизированный подход к выполнению эксперимента.

На рисунке 4 показано, что в новом подходе к конструкции лабораторной установки добавляется столик на высоте 810 мм от верхнего положения груза. На столике установлено устройство измерения времени (частотомер) движения груза, оно запускается вручную при отпускании махового колеса и останавливается в момент достижения грузом столика, т. к. груз нажимает кнопку остановки, которая показана на рисунке 5.

Выполнив данный эксперимент с грузами различной массы, получаются следующие результаты измерений и значения момента инерции, вычисленные по формуле (2) и представленные в таблице 3.



а



б

Рисунок 4 – Конструкция лабораторной установки (а), механизм запуска и остановки устройства измерения времени движения груза (б)

$$\begin{cases} m_1gh = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{I\omega_1^2}{2} + F_{тр1}h \\ m_2gh = \frac{m_2v_2^2}{2} + \frac{I\omega_2^2}{2} + F_{тр2}h \end{cases}, (2)$$

где $v_i^2 = \frac{4h_i^2}{t^2}$; $\omega_i^2 = \frac{4h_i^2}{r^2t^2}$; $F_{тр} = k_{тр}(Mg + m_i(g - a))$, т. к. $m_i \ll M \Rightarrow F_{1тр} \approx F_{2тр}$.

Поэтому, отнимая одно уравнение от второго в формуле (2), получаем:

$$g(m_1 - m_2) = 2h\left(\frac{m_1}{t_1^2} - \frac{m_2}{t_2^2}\right) + I \cdot \frac{2h}{r^2} \left(\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2}\right). (3)$$

Предлагаемый в данной работе метод определения момента инерции махового колеса основан на использовании закона изменения полной механической энергии системы в поле силы тяжести. В рассматриваемом случае на систему (груз плюс маховик) действуют внешние консервативные силы тяжести и реакции опоры, а также неконсервативные силы сопротивления воздуха и трения в опорных стойках махового колеса. Данный метод определения момента инерции махового колеса пренебрегает работой силы сопротивления воздуха и работой внутренних неконсервативных сил [2].

Таблица 3 – Результаты нового подхода к измерению момента инерции махового колеса.

m, кг	h, м	t, с	I, кг·м ²
-------	------	------	----------------------

0,145	0,81	5,276	0,002364
0,175	0,81	4,794	
0,205	0,81	4,425	

В оптимизированном методе выполнения лабораторной работы улучшена точность измерений времени по сравнению с использованием в традиционном выполнении работы визуальным определением времени, т. к. использовалось устройство с электронным механизмом определения времени запуска и остановки движения груза. Кроме того, фиксация нижнего положения груза в оптимизированном методе выполнения работы является более точной, т. к. груз фиксируется на столике, а не с помощью визуального определение его положения вертикальной линейкой, как в традиционном подходе. Это устраняет ошибки, связанные с неточным определением положения груза.

Заключение

Таким образом, оптимизированный подход к выполнению лабораторной работы более эффективен по сравнению с традиционным методом. Установка столика и электронного устройства измерения времени движения груза, исключение из эксперимента ненормируемых свойств нити позволило повысить точность результатов выполнения лабораторной работы. Это делает оптимизированный подход более надежным и точным для определения момента инерции махового колеса, что подтверждается более близкими к рассчитанным результатами измерений и вычислений его момента инерции.

Список использованных источников:

1. Лабораторный практикум по физике. Раздел «Механика, колебания и волны» для студ. всех спец. БГУИР / Е.Ф. Андреев [и др.] — Мн. : БГУИР, 2003. – 71 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики : учебник / И.В. Савельев. – М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 1988. – Т. 1.– 288 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ: ТЕХНОЛОГИЯ 5G И ЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Юркевич К. А., Рыльков И. Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Смирнова Г.Ф. – канд. физ.-мат. наук

Аннотация. Данная статья посвящена физическим аспектам технологии 5G в современных телекоммуникациях. Исследование включает в себя анализ частотных диапазонов, множественного доступа, использование антенн и Massive MIMO, роль миллиметровых волн, вопросы безопасности и излучения, а также использование принципов физики для оптимизации сетей.

Ключевые слова. Радиочастотная идентификация, RFID-система, RFID-метка, бесконтактная карта. Электромагнитные волны, 5G, частотные диапазоны, множественный доступ, OFDMA, Massive MIMO, миллиметровые волны, безопасность, физика телекоммуникаций, спектральное использование.

На сегодняшний день электромагнитные волны занимают ключевое место в жизни человека. Хоть люди и не способны их увидеть, но используют они их каждый день: созваниваясь с родными, слушая музыку, наблюдая за любимой командой по телевизору, подогревая еду в микроволновке. Поэтому не стоит недооценивать влияние электромагнитных волн в современном мире. Одной из новейших технологий, использующей электромагнитные волны является технология 5G. Но что это такое и как оно работает? Каким законам подчиняется? И с помощью каких принципов физики была разработана?

В сфере телекоммуникаций 5G – это технологический стандарт пятого поколения для сотовых сетей, который компании сотовой связи начали внедрять во всем мире в 2019 году, и является преемником технологии 4G, обеспечивающей подключение большинства

современных мобильных телефонов. 5G может быть реализован в низкочастотном, среднем или высокочастотном диапазоне миллиметровых волн. Низкочастотный диапазон 5G использует тот же диапазон частот, что и мобильные телефоны 4G, 600–900 МГц, что потенциально может обеспечить более высокую скорость загрузки, чем 4G: 5–250 мегабит в секунду (Мбит/с). Вышки низкочастотной сотовой связи имеют радиус действия и зону покрытия, аналогичные вышкам 4G. В средней полосе 5G используются микроволны с частотой 1,7–4,7 ГГц, обеспечивающие скорость 100–900 Мбит/с, при этом каждая вышка сотовой связи предоставляет услуги в радиусе до нескольких километров. Этот уровень обслуживания является наиболее широко распространенным и был развернут во многих мегаполисах в 2020 году. В некоторых регионах нижний диапазон не реализуется, что делает средний диапазон минимальным уровнем обслуживания. Ниже представлена вышка 5G.

Одной из важнейших характеристик технологии 5G является использование высоких частот, в том числе миллиметровых волн, для передачи данных. Этот подход обеспечивает несколько физических и технических особенностей, которые способствуют улучшению производительности и возможностей сети. Миллиметровые волны относятся к частотному диапазону от 30 ГГц до 300 ГГц. По сравнению с частотами, используемыми в предыдущих поколениях мобильной связи (например, 4G использует диапазон до 6 ГГц), миллиметровые волны обладают более высокой частотой. Это позволяет 5G использовать более широкий спектр радиочастот и поддерживать больше устройств и передачу данных.

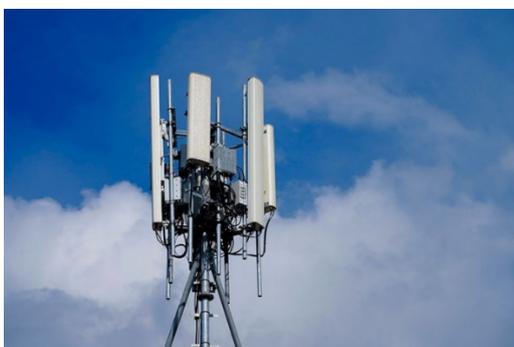


Рисунок 1 – вышка 5G

Однако миллиметровые волны более сильно поглощаются атмосферой и препятствиями в окружающей среде, такими как дождь и листва деревьев. Из-за этого дальность передачи миллиметровых волн ограничена, и они имеют тенденцию слабо проникать через стены и другие препятствия. Это обстоятельство требует более плотного размещения базовых станций для обеспечения покрытия сети. Высокие частоты миллиметровых волн позволяют использовать более широкие полосы частот, что в свою очередь увеличивает пропускную способность сети. Широкополосная передача данных обеспечивает более высокие скорости передачи данных, что особенно важно для поддержки высоконагруженных сетей и новых технологий, таких как виртуальная реальность. Высокочастотный диапазон 5G использует частоты 24–47 ГГц, близкие к нижней части диапазона миллиметровых волн, хотя в будущем могут использоваться и более высокие частоты. Он часто достигает скорости загрузки в диапазоне гигабит в секунду (Гбит/с), сравнимой с интернет-услугами по коаксиальному кабелю. Однако миллиметровые волны (ммволны или ммВт) имеют более ограниченный диапазон и требуют множества небольших ячеек. Им могут препятствовать или блокировать материалы стен, окон или пешеходы. Из-за их более высокой стоимости планируется развертывать эти ячейки только в густонаселенных городских условиях и в местах скопления людей, таких как спортивные стадионы и конференц-центры. Вышеуказанные скорости достигнуты в ходе реальных испытаний в 2020 году, и ожидается, что во время развертывания скорости будут увеличиваться. Диапазон частот от 24,25 до 29,5 ГГц является наиболее лицензированным и используемым диапазоном спектра 5G миллиметрового диапазона в мире.

Для того, чтобы множество устройств могли одновременно использовать один и тот же радиочастотный ресурс используется множественный доступ (Multiple Access, MA). Эта технология играет ключевую роль в эффективном управлении сетевыми ресурсами, обеспечивая высокую пропускную способность и поддерживая множество устройств в одной и

той же сети. В 5G применяются различные методы множественного доступа, такие как OFDMA, SC-FDMA и NOMA.

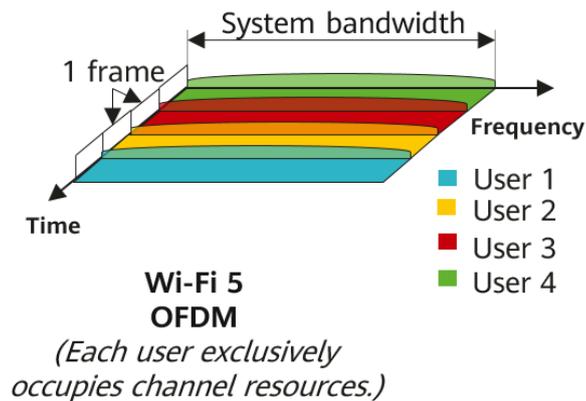


Рисунок 2 – метод OFDMA

Ортогональное частотное разделение (OFDMA) является одним из основных методов множественного доступа в технологии 5G. Этот метод основан на использовании ортогональных поднесущих, что позволяет различным устройствам одновременно передавать данные на одной и той же частоте, избегая взаимных помех. OFDMA обеспечивает эффективное использование частотного спектра и поддерживает высокую степень параллелизма в передаче данных.

Важным аспектом физики технологии 5G является использование технологии множественных волн (множественное деление канала) и MIMO (множественный вход, множественный выход). Massive MIMO (massive multiple-input multiple-output) – это тип технологии беспроводной связи, в которой базовые станции оснащены очень большим количеством антенных элементов для улучшения спектральной и энергетической эффективности. Массивные системы MIMO обычно имеют десятки, сотни или даже тысячи антенн в одной антенной решетке. Другие технологии, такие как формирование луча и пространственное мультиплексирование, делают массивный MIMO одной из ключевых технологий для систем 5G NR.

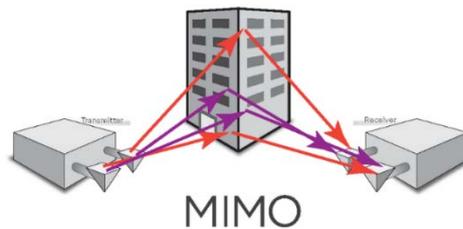


Рисунок 3 – технология MIMO

Технология множественных волн позволяет одновременно передавать несколько потоков данных в одном частотном диапазоне. Это достигается разделением физического канала на несколько подканалов, что обеспечивает одновременное использование частотного ресурса различными устройствами или пользователями. Такой подход повышает емкость сети, позволяя эффективнее использовать радиочастотный спектр. Технология MIMO, в свою очередь, включает в себя использование нескольких антенн на передающей и приемной стороне для одновременной передачи и приема данных. Это увеличивает эффективность использования радиочастотного канала и повышает стабильность передачи данных. Реализуются различные конфигурации MIMO, такие как 2x2, 4x4, и 8x8, указывающие на количество антенн на передающей и приемной стороне. Физический принцип множественных волн и MIMO заключается в пространственном, частотном и временном разделении. Пространственное разделение позволяет выделять пространственные каналы между антеннами, частотное разделение обеспечивает эффективное использование частот, а временное разделение разделяет временные слоты для передачи данных. Эти технологии приносят несколько преимуществ, таких как увеличение пропускной способности сети,

повышенная эффективность спектра и улучшенная устойчивость передачи данных. Вместе они обеспечивают высокую производительность 5G сетей и поддерживают множество устройств в условиях растущей мобильности и объема данных.

Радиочастотная аутентификация (RFID) в контексте 5G представляет собой эффективный механизм обеспечения безопасности и идентификации устройств в беспроводных сетях. Она используется для проверки подлинности и авторизации устройств, обеспечивая надежную связь в сетях нового поколения. Вот несколько ключевых аспектов радиочастотной аутентификации в 5G.

Таблица 1 – Ключевые аспекты радиочастотной аутентификации в 5G

№	Аспект	Описание
1	Система сеансового ключа	В 5G осуществляется использование сеансового ключа для обеспечения безопасности передачи данных между устройством и сетью. Сеансовый ключ генерируется и обновляется в ходе коммуникации, минимизируя риски в случае компрометации ключа.
2	Протоколы безопасности	5G внедряет современные протоколы безопасности, такие как EAP (протокол расширенной аутентификации), который позволяет безопасно обмениваться данными и осуществлять аутентификацию между клиентом и сетью.
3	Процедуры идентификации устройств	Радиочастотная аутентификация включает в себя процедуры идентификации устройств, использующих уникальные идентификаторы и сертификаты. Эти меры помогают предотвращать несанкционированный доступ и атаки.
4	Использование цифровых сертификатов	В 5G устройства могут использовать цифровые сертификаты для подтверждения своей подлинности перед взаимодействием с сетью. Эти сертификаты обеспечивают электронную форму удостоверения легитимности устройства.
5	Защита от атак	Радиочастотная аутентификация в 5G включает механизмы защиты от различных видов атак, таких как атаки отказа в обслуживании (DoS) или атаки перехвата. Применение криптографических методов обеспечивает конфиденциальность и целостность передаваемых данных.
6	Поддержка технологии SIM (Subscriber Identity Module)	Технология SIM-карт в 5G также играет важную роль в аутентификации устройств. Она предоставляет уникальный идентификатор и хранит информацию о подписчике, способствуя безопасному идентифицированию устройства в сети.
7	Гибкость и масштабируемость	Радиочастотная аутентификация в 5G обладает гибкостью, что позволяет адаптировать процессы аутентификации к различным уровням безопасности. Это важно для обеспечения эффективности и надежности сетей в условиях динамичного и разнообразного использования.

В целом, радиочастотная аутентификация в 5G играет ключевую роль в обеспечении безопасности сети и данных, предоставляя эффективные механизмы идентификации и аутентификации устройств в беспроводных коммуникациях нового поколения.

Для оптимизации передачи данных, снижения помех и повышения эффективности использования радиочастотного спектра применяются различные физические принципы.

Таблица 2 – Основные физические принципы технологии 5G

№	Принцип	Описание	Применение
1	Дифракция и Рассеивание	Волны в 5G испытывают дифракцию и рассеивание при прохождении через	Использование этих физических явлений позволяет улучшить покрытие внутри помещений и в условиях городской среды,

		препятствия, такие как здания и рельеф местности.	где прямая видимость между устройствами и базовыми станциями ограничена.
2	Рефлексия	Волны могут отражаться от поверхностей зданий, земли и других объектов.	Оптимизация направления антенн для учета отраженных сигналов помогает уменьшить зоны тени и обеспечивает лучшее покрытие в городской среде и местах с комплексным рельефом.
3	Множественный доступ и MIMO	Использование множественного доступа и технологии MIMO позволяет увеличить пропускную способность и улучшить качество связи за счет эффективного использования пространственных и временных ресурсов.	Разделение каналов и использование нескольких антенн на приемной и передающей сторонах помогает справляться с интерференциями и повышать эффективность передачи данных.
4	Управление радиочастотным спектром	Использование различных частот в радиочастотном спектре с учетом их характеристик, таких как проникновение через стены или дальность передачи.	Выбор подходящих частотных диапазонов для конкретных условий помогает оптимизировать покрытие и качество связи.
5	Управление интерференциями	Использование методов управления интерференциями, таких как смещение частоты (frequency hopping) и алгоритмы управления мощностью.	Эти методы помогают уменьшить воздействие мешающих сигналов и повысить стабильность связи.
6	Согласование сигналов	Согласование сигналов для предотвращения их взаимного влияния и повышения качества передачи данных.	Использование передовых методов согласования позволяет эффективно управлять пересекающимися сигналами и повысить производительность сети.

Таким образом технология 5G действительно является передовой и требует к себе внимания. Она содержит огромное число преимуществ по отношению к предыдущим технологиям сотовой связи. Разработка имеет такие функции, как использование высоких частот, применение различных методов множественного доступа, ортогонального частотного разделения, технологии Massive MIMO, радиочастотных аутентификаций. Будущее интернет-сетей несомненно за технологией 5G, ведь она включает в себя совершенно новые технологии, которые совершенствуют и развивают сотовую связь и облегчают удаленное использование мобильных устройств и компьютеров. Разработка в этой области до сих пор проводится, что делает сеть только удобнее, функциональнее для пользователя. Не стоит недооценивать роль физических исследований в сфере 5G, так как огромные человеческие и материальные ресурсы задействованы в этом процессе.

Список использованных источников:

1. Что такое 5G? [Электронный ресурс]. – Режим доступа – <https://aws.amazon.com/ru/what-is/5g>
2. What is OFDMA? [Электронный ресурс]. – Режим доступа – <https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/en/OFDMA.html>
3. MIMO [Электронный ресурс]. – Режим доступа – <https://ru.wikipedia.org/wiki/MIMO>

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛНОСВЯЗНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ В РЕЧИ

Краснопрошин Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

Вашкевич М.И. – доктор техн. наук

Аннотация. Экспериментально исследуется возможность применения полносвязных нейронных сетей для классификации эмоций в человеческой речи. Представлен вариант реализации классификатора на основе трехслойной полносвязной нейронной. Показано, что полученная модель позволяет определять эмоции с точностью до 48.5%.

Ключевые слова. нейронные сети, глубокое обучение, распознавание, цифровая обработка сигналов, машинное обучение.

Введение

Одной из существенных задач, связанных с разработкой эффективного человеко-машинного взаимодействия, является создание интерфейса, который бы максимально приближался к естественным условиям. Решение этой задачи требует, чтобы компьютер мог воспринимать текущую ситуацию и реагировать соответственно. Важным аспектом такого восприятия является умение компьютера понимать эмоциональное состояние пользователя.

Среди основных способов выражения человеческих эмоций важная роль отводится его речи. За последние годы было проведено большое количество исследований по распознаванию (классификации) эмоций на основе речи [1-2].

Существуют различные варианты решения данной проблемы. В частности, можно отметить подходы, основанные на использовании нейронных сетей, линейного дискриминантного классификатора, метода опорных векторов и т. д. [1].

В данной работе предлагается подход для классификации человеческих эмоций с использованием полносвязной нейронной сети.

Набор данных

Для исследования использовался набор данных Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS) [3].

Данный набор включает записи от 24 актеров (12 мужчин и 12 женщин), представленных по 104 высказывания на каждого актера (60 речевых и 44 песенных). В рамках нашей работы мы ограничились использованием речевых высказываний, что дало нам доступ к 1440 аудиофайлам в формате WAV (16 бит, 48 кГц). RAVDESS содержит в себе различные эмоциональные состояния, такие как нейтральность, спокойствие, счастье, грусть, гнев, страх, удивление и отвращение. Следует отметить, что эмоциональные состояния были представлены на двух уровнях громкости, что способствует более эффективному обучению моделей в условиях повседневной разнообразной эмоциональной динамики в реальных сценариях общения.

Извлечение признаков

В данной работе анализ речевых характеристик базировался на использовании мел-частотных кепстральных коэффициентов (МЧКК) [2]. Процесс вычисления МЧКК относится к методам кратковременного анализа речевого сигнала, которые включают разбиение сигнала на короткие фреймы или сегменты. В финальный набор исходных признаков включались следующие характеристики: среднее значение МЧКК (34 признака), среднеквадратичное отклонение MFCC (34 признака), среднее значение первой и второй производных от МЧКК (68 признаков), их среднеквадратичное отклонение (68 признаков), а также коэффициент асимметрии, эксцесс и межквантильный размах (по 34 признака для каждой характеристики соответственно). Таким образом, для каждого аудиофайла мы получаем 306-компонентный вектор признаков МЧКК. Процесс извлечения признаков проиллюстрирован на рисунке 1.

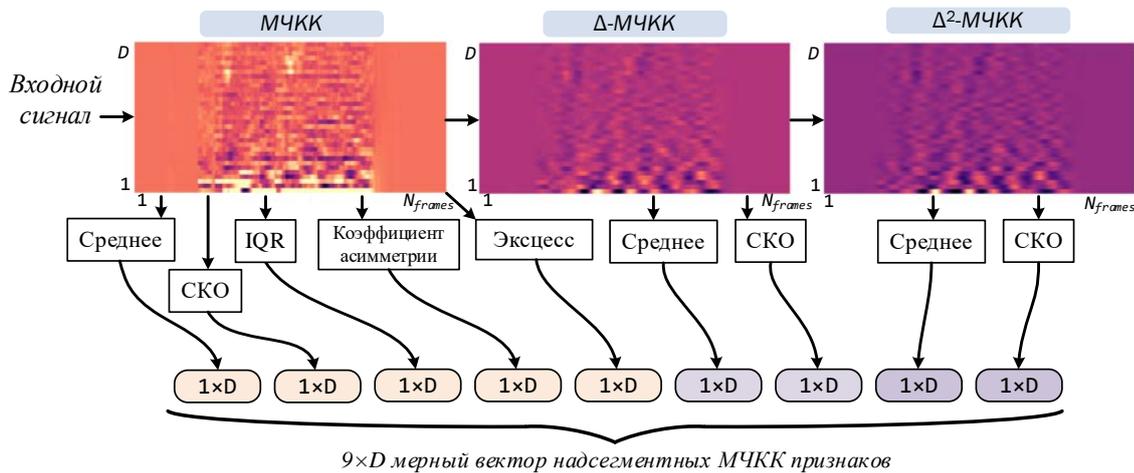


Рисунок 1 – Схема формирования вектора признаков

Разработка классификатора на основе нейронной сети

В данном исследовании был разработан и оценен классификатор эмоций в речи на основе полносвязной нейронной сети, реализованной с использованием библиотеки PyTorch.

Была построена 3-х слойная полносвязная нейронная сеть:

- **первый слой** (исходный вектор признаков, 256 выходных признаков); Функция активации: ReLU
- **второй слой** (256 входных признаков, 128 выходных признаков); Функция активации: ReLU
- **третий слой** (128 входных признаков, 8 выходных признаков (предсказания вероятности классов)). Функция активации: SoftMax. В качестве функции оптимизации использовался градиентный метод Adam.

Стоит отметить, что функция активации ReLU (Rectified Linear Unit) – одна из наиболее популярных функций активации в нейронных сетях, определяется следующим выражением:

$$ReLU(x) = \max(0, x), \quad (1)$$

где x – входной сигнал. Функция ReLU просто возвращает входное значение, если оно положительное, иначе возвращает ноль. Это позволяет модели эффективно обучаться и избежать проблемы затухающего градиента.

Функция активации *softmax* широко используется в многоклассовой классификации, где модель должна предсказать «вероятности» принадлежности к различным классам. Её математическая формула выглядит следующим образом:

$$softmax(x_i) = \frac{\exp(x_i)}{\sum_j \exp(x_j)} \quad (2)$$

где x_i – входной сигнал для класса i , а $softmax(x_i)$ – «вероятность» принадлежности к классу i . *Softmax*-функция преобразует вектор входных значений $x = [x_1, x_2, \dots, x_C]$ в «вероятности», где сумма всех вероятностей для всех классов равна единице. Это позволяет модели легко интерпретировать результаты как вероятности классов.

Для оптимизации параметров сети был выбран алгоритм Adam. Метод оптимизации Adam (*Adaptive Moment Estimation*) – это алгоритм оптимизации, который сочетает в себе идеи из алгоритмов градиентного спуска и адаптивного шага. Согласно методу Adam необходимо вычислить сглаженную (усредненную) версию градиента

$$m_t = \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t, \quad (3)$$

где g_t – градиент функции потерь, вычисленный на шаге t , m_t – сглаженный градиент на шаге t , β_1 – параметр, отвечающий за «скорость» усреднения. Аналогичным образом вычисляется сглаженная версия среднеквадратичного градиента функции потерь:

$$v_t = \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2, \quad (4)$$

где v_t – среднеквадратичное значение градиента функции потерь на шаге t , β_2 – параметр, отвечающий за «скорость» усреднения значений g_t^2 . Обновление параметров нейронной сети θ_t выполняется по следующему правилу [4]:

$$\theta_t = \theta_{t-1} - \frac{\eta}{\sqrt{v_t + \epsilon}} m_t. \quad (5)$$

η – скорость обучения, ϵ – малое число, вводимое для численной стабильности.

В оригинальной статье, где был представлен метод Adam рекомендуется брать следующие значения параметров: $\beta_1 = 0,9$, $\beta_2 = 0,999$, $\epsilon = 10^{-8}$.

В качестве функции потерь для обучения классификатора была выбрана перекрестная энтропия, так как она хорошо подходит для многоклассовых задач, включая классификацию эмоций. Её математическая формула выглядит следующим образом:

$$\text{CrossEntropyLoss}(y, \hat{y}) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C y_{ij} \log(\hat{y}_{ij}). \quad (6)$$

где y – истинные метки классов в виде унитарного кода, \hat{y} – предсказанные вероятности классов моделью, N – количество примеров в выборке, C – количество классов. Функция (3) вычисляет ошибку между истинными метками и предсказанными вероятностями для каждого класса. Она стремится минимизировать расхождение между распределением вероятностей истинных меток и предсказанных вероятностей модели.

Оценка классификатора

Для итоговой оценки качества модели вычисляли среднее арифметическое (невзвешенное) полноты (*unweighted average recall, UAR*). *UAR* – это показатель, используемый для измерения общей производительности модели многоклассовой классификации, вычисляет средний уровень запоминания по всем классам, придавая каждому классу одинаковую важность без учета классового дисбаланса:

$$UAR = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^C \frac{A_{ii}}{\sum_{j=1}^C A_{ij}} \quad (7)$$

где A – матрица спутанности (confusion matrix).

Значение *UAR* находится в диапазоне от 0 до 1.

Эксперимент проводили в три этапа:

- 1) подготовка обучающей выборки;
- 2) обучение и тестирование классификатора;
- 3) оценка модели с использованием метрики *UAR*.

Для оценки производительности классификатора использовался метод перекрестной проверки по k -блокам (*k-fold cross-validation*). В данной работе данных были разбиты на блоки следующим образом (в скобках указаны номера актеров):

- блок 0: (2, 5, 14, 15, 16);
- блок 1: (3, 6, 7, 13, 18);
- блок 2: (10, 11, 12, 19, 20);
- блок 3: (8, 17, 21, 23, 24);
- блок 4: (1, 4, 9, 22).

Такой порядок разбиения был предложен в [3]. Выбранная стратегия заключается в том, что каждый блок должен содержать одинаковое количество случайно выбранных образцов для каждого класса. При этом должно выполняться условие, что каждый актер представлен либо в обучающей, либо в валидационной выборке, но не в обоих.

Результаты

В результате построения и обучения модели был получен классификатор, точность предсказаний которого при использовании тестового набора данных и вышеуказанной метрики качества достигала 48.5%.

На рисунке 2 показана мультиклассовая матрица спутывания представляющая собой таблицу или диаграмму, показывающая точность прогнозирования классификатора в

отношении двух и более классов. Ячейки таблицы заполняются количеством прогнозов классификатора. Правильные прогнозы идут по главной диагонали от верхнего левого угла в нижний правый.

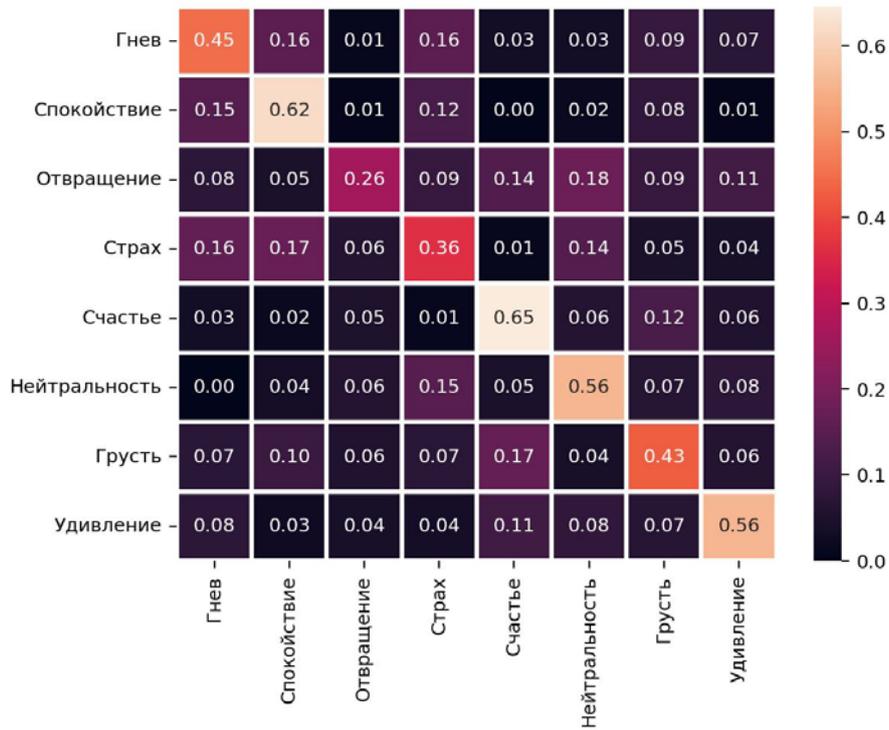


Рисунок 2 – Мультиклассовая матрица спутывания

Вывод

Анализ полученных результатов показал, что небольшая полносвязная нейронная сеть способна справляться с распознавание эмоций в речи. Тем не менее, для более комплексных входных данных (большее количество актеров разного пола и возрастов) этого метода может оказаться недостаточно. В связи с этим для решения обозначенной задачи, возможно, следует попробовать более сложные модели. Таковыми, например, являются скрытые Марковские модели, сверточные нейронные сети и долговременная память (особая разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, способная к обучению долговременным зависимостям), поскольку они лучше отражают временную динамику, включенную в речь человека.

Список использованных источников:

1. L. Chen, X. Mao, Y. Xue, and L. Cheng, "Speech emotion recognition: Features and classification models," Digital Signal Processing. Vol. 22, No. 6, pp. 1154-1160, 2012.
2. D. Ververidis and C. Kotropoulos, "Emotional speech recognition: Resources, features, and methods," Speech Communication. Vol. 48, No. 9, pp. 1162-1181, 2006.
3. Multimodal Emotion Recognition on RAVDESS Dataset Using Transfer Learning/ C. Luna-Jiménez, D. Griol, Z. Callejas, R. Kleinlein, J.M. Montero, F. Fernández-Martínez // Sensors. – 2021. – vol. 21. – pp. 1 – 29.
4. Николенко, С., Кадурин, А., Архангельская, Е. Глубокое обучение – СПб.: Питер, 2019. – 480 с.
5. Kingma D. P., Ba J. Adam: A method for stochastic optimization //arXiv preprint arXiv:1412.6980. – 2014.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Никитенко Е.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Беяцкая Т.Н. – доктор экон. наук,
профессор

Аннотация. В статье рассматривается опыт успешного внедрения цифровых инструментов в управление образовательными процессами, проводится анализ практического опыта использования цифровых технологий для оптимизации управления образовательными программами, повышения качества обучения и осуществления мониторинга успеваемости студентов, описываются перспективы развития цифровых инструментов в образовании, а также предлагаются рекомендации по оптимальному использованию технологий для достижения успешных результатов.

Ключевые слова: цифровые инструменты, управление образовательными процессами, опыт использования, перспективы развития, образовательные технологии, оптимизация управления, качество обучения.

Внедрение цифровых инструментов в управление образовательными процессами уже сегодня активно меняет привычные методы обучения и рассматривается как один из ключевых факторов повышения качества образования. Современные цифровые инструменты предоставляют образовательным учреждениям множество новых возможностей для улучшения качества обучения, персонализации подхода к обучающимся, повышения мотивации и эффективности учебного процесса.

Использование цифровых инструментов в образовании стало необходимой составляющей для адаптации к изменяющейся образовательной среде, включая возможности обучения на расстоянии, гибкость в организации учебного процесса и создание индивидуальных образовательных траекторий. Обучение с применением цифровых технологий стало ключевым трендом, который стимулирует разработку новых образовательных методик, программ и платформ.

Исследование опыта успешного внедрения цифровых инструментов в управлении образовательными процессами позволяет выявить лучшие практики и подходы, которые могут быть применены в других образовательных учреждениях.

Актуальность изучаемой темы заключается в том, что понимание перспектив развития цифровых инструментов поможет прогнозировать будущие изменения в системе образования и готовиться к новым вызовам и возможностям, которые представляют цифровые технологии в контексте образования.

Цель-рассмотреть эффективность цифровых инструментов в управлении образовательными процессами, проанализировать опыт их внедрения и изучить перспективы дальнейшего развития.

В соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

- проанализировать результаты использования цифровых инструментов в управлении образовательными процессами и их влияние на качество обучения;
- изучить перспективы развития цифровых технологий в управлении образовательными процессами: какие новые тенденции и инновации могут изменить будущее образования;
- сформулировать рекомендации для образовательных учреждений по оптимальному использованию цифровых инструментов в управлении образовательными процессами с учетом актуальных требований и перспектив развития.

Внедрение цифровых технологий в образование началось еще в 1960-х годах, когда появились первые компьютеры и информационные технологии. В это время цифровые технологии использовались в основном для автоматизации процессов учета и административной работы в образовательных учреждениях.

В 1980-1990 годах с развитием интернета и разработкой специализированного программного обеспечения начался активный процесс интеграции цифровых технологий в учебный процесс. Этот период характеризовался появлением электронных учебных материалов, CD-ROM дисков с образовательным контентом, а также первых онлайн-курсов.

В 2000-2010 годы с распространением персональных компьютеров, интернета и мобильных устройств началось более широкое использование цифровых технологий в образовании. В этот период возникли электронные библиотеки, онлайн-платформы для обучения, веб-конференции, облачные сервисы и другие инструменты, значительно улучшившие доступ к знаниям.

Современный этап развития цифрового образования связан с развитием искусственного интеллекта, виртуальной реальности, глубокого обучения и других передовых технологий. Сегодня цифровые инструменты используются для создания инновационных образовательных курсов, онлайн-лекций, виртуальных лабораторий, умных систем адаптивного обучения и других продвинутых форм обучения.

Таким образом, история внедрения цифровых технологий в образование отражает постоянное стремление к совершенствованию учебного процесса, улучшению доступа к знаниям и адаптации образовательных методик под современные требования общества [1].

Внедрение цифровых инструментов в управлении образовательными процессами приносит существенные выгоды и улучшения как для преподавателей, так и для обучающихся и администрации учреждений. Несколько ключевых аспектов опыта внедрения цифровых инструментов в управлении образовательными процессами:

1. Автоматизация процессов. Цифровые инструменты позволяют автоматизировать многие рутинные рабочие процессы, такие как учет успеваемости обучающихся, создание расписаний занятий, формирование отчетов и т.д. Это позволяет преподавателям и администрации учреждений сосредоточиться на более важных задачах.

2. Повышение эффективности обучения. Использование цифровых инструментов позволяет создавать индивидуализированные учебные планы, адаптированные под конкретные потребности и уровень знаний каждого обучающегося. Это способствует более эффективному усвоению материала и повышению успеваемости [2].

3. Улучшение взаимодействия. Цифровые платформы облегчают взаимодействие между преподавателями, обучающимися и родителями. Они позволяют обмениваться информацией, заданиями и обратной связью онлайн, что способствует более прозрачным коммуникациям и сотрудничеству.

4. Мониторинг и аналитика. Цифровые инструменты позволяют проводить более детальный мониторинг успеваемости обучающихся, анализировать данные и получать ценную информацию для улучшения образовательного процесса. Это помогает выявлять слабые места и оптимизировать обучающие программы.

5. Доступность и гибкость. Цифровые инструменты делают образование более доступным и гибким, позволяя обучаться удаленно, использовать разнообразные образовательные материалы и ресурсы, а также участвовать в совместных проектах и мероприятиях.

Данный опыт свидетельствует о том, что цифровые инструменты играют важную роль в современном образовании, улучшая качество обучения, повышая эффективность управления образовательными процессами и создавая новые возможности для обучающихся и преподавателей.

Цифровизация образования – это неотъемлемый процесс современного мира, который меняет подходы к обучению, управлению учебными процессами и организации образовательных учреждений. С развитием технологий, новые тенденции и инновации проникают в сферу образования, предлагая новые возможности и вызовы. Рассмотрим, какие перспективы и изменения могут повлиять на будущее образования.

1. Искусственный интеллект и машинное обучение. Одной из ключевых тенденций в области цифровизации образования является использование искусственного интеллекта и машинного обучения. Автоматизация процессов, персонализированное обучение, анализ данных обучения и прогнозирование успеваемости обучающихся – все это становится возможным благодаря AI и ML. В будущем, умные системы смогут предлагать индивидуализированные образовательные программы, адаптированные под потребности каждого обучающегося.

2. Виртуальная и дополненная реальность. Виртуальная и дополненная реальность открывают новые горизонты для обучения. С их помощью можно создавать интерактивные симуляции, виртуальные лаборатории, тренировочные ситуации, что значительно обогащает учебный процесс. Вплоть до полного виртуального обучения. Студенты могут иметь доступ к обучающему контенту где угодно, в удобное для них время, что значительно расширяет географию образования и обеспечивает гибкость в обучении.

3. Блокчейн технологии. Блокчейн технологии могут революционизировать процессы аутентификации квалификаций и сертификатов в образовании. Транспарентные и неизменяемые записи в блокчейне могут гарантировать подлинность документов, что существенно упрощает их верификацию и их использование при трудоустройстве. Также блокчейн технологии могут изменить финансовые процессы в образовании, снизить издержки и повысить прозрачность финансовых операций в учебных учреждениях [3].

4. Интернет вещей и умные учебные пространства. Интернет вещей позволяет создавать умные учебные пространства, где все оборудование и устройства могут быть взаимосвязаны и синхронизированы для обеспечения более эффективного и комфортного обучения. Системы умного освещения, умные доски, персональные устройства для обучающихся и преподавателей – все это может значительно улучшить атмосферу обучения и повысить его результативность [4].

Цифровые технологии уже приносят существенные изменения в сферу образования, и их влияние будет только усиливаться в будущем. Перспективы развития цифровых технологий в управлении образовательными процессами обещают более доступное, эффективное и инновационное образование для всех. Важно не только следить за новыми тенденциями, но и активно внедрять и интегрировать их в образовательную практику, чтобы сделать обучение более интересным, эффективным и доступным для всех участников образовательного процесса.

Для образовательных учреждений можно предложить несколько ключевых рекомендаций по оптимальному использованию цифровых инструментов в управлении образовательными процессами с учетом актуальных требований и перспектив развития:

1. Интеграция цифровых технологий в учебный процесс. Рекомендуется активно использовать цифровые инструменты в образовательных целях, такие как онлайн-платформы для дистанционного обучения, электронные учебники, образовательные приложения и т.д. Это позволит улучшить доступ к знаниям, сделать обучение более интерактивным и привлекательным для обучающихся [5].

2. Обеспечение доступности технологий. Важно гарантировать доступ к цифровым технологиям для всех участников образовательного процесса, включая студентов, преподавателей и административный персонал. Это может включать в себя обеспечение высокоскоростного интернета, наличие достаточного количества компьютеров и устройств, обучение персонала и студентов использованию цифровых инструментов.

3. Внедрение аналитики данных. Использование аналитики данных в управлении образовательными процессами позволяет более эффективно отслеживать успехи обучающихся, определять индивидуализированные потребности и делать информированные решения. Рекомендуется внедрять системы сбора и анализа данных для улучшения качества образования.

4. Обеспечение кибербезопасности. С ростом цифровизации образования важно обеспечить защиту информации от киберугроз. Учреждениям следует инвестировать в безопасные сети, обучать персонал и студентов правилам кибербезопасности и регулярно проводить аудиты безопасности.

5. Развитие цифровой грамотности. Важно обучать студентов и персонал учреждений цифровой грамотности, чтобы они могли эффективно пользоваться цифровыми инструментами, а также понимать этические и безопасные аспекты использования технологий [6].

6. Сотрудничество с индустрией. Для обеспечения актуальности образования и соответствия требованиям рынка труда, рекомендуется укреплять партнерство с предприятиями и индустрией. Это позволит ориентировать образовательные программы на потребности современного рынка и предоставить обучающимся возможность получить практические навыки.

Соблюдение этих рекомендаций поможет образовательным учреждениям эффективно использовать цифровые инструменты в управлении образовательными процессами, соответствуя актуальным требованиям и готовясь к будущим изменениям в сфере образования.

Цифровые инструменты уже сегодня становятся необходимым инструментом в управлении образовательными процессами. Их эффективность подтверждается опытом успешного внедрения в различные образовательные учреждения. Перспективы развития цифровых инструментов в образовании связаны с постоянным совершенствованием технологий и методик обучения, что позволит обеспечить доступ к качественному образованию для всех обучающихся, независимо от их места проживания и возможностей [7].

Эффективность цифровых инструментов в управлении образовательными процессами проявляется в повышении мотивации обучающихся, улучшении качества обучения, увеличении доступности образования, сокращении времени, затрачиваемого на административные задачи, и повышении эффективности работы преподавателей и администрации учебных заведений. Благодаря цифровым инструментам возможно создание индивидуализированных образовательных программ, обеспечивающих максимально эффективное использование времени и ресурсов.

Дальнейшее развитие цифровых инструментов в образовании предполагает внедрение новых технологий, повышение качества существующих инструментов, усовершенствование методов обучения и оценки знаний, а также обмен лучшими практиками между образовательными учреждениями. Важным аспектом развития цифровых инструментов в образовании является обеспечение их безопасности и конфиденциальности данных обучающихся.

Список использованных источников:

1. Озёрский С.В. Информатизация образования – неотъемлемая часть формирования информационного общества // Вестник СЮИ. – 2013. – №4. – С. 87-90.
2. Воробьёва И.А., Жукова А.В., Минакова К.А. Плюсы и минусы цифровизации в образовании // Педагогические науки. – 2021. – №01(103). – С. 110-118.
3. Молчанова Е.В. О плюсах и минусах цифровизации современного образования // Наука в образовании. – 2019. – № 64-4. – С. 133-135.
4. Самохина М.А. Цифровая трансформация образования как новая возможность развития традиционного образования // Инновационные проекты и программы в психологии, педагогике и образовании. Сборник статей международной научно-практической конференции. – Уфа, 2020. – С. 102–108.
5. Бороненко Т.А. Развитие цифровой грамотности школьников в условиях создания цифровой образовательной среды / Т.А. Бороненко, А.В. Кайсина, В.С. Федотова // Перспективы науки и образования. – 2019. – №2 (38). – С. 167–193.
6. Беляцкая Т.Н. Дополнительное образование взрослых в контексте развития направления образования «Электронная экономика» / Т.Н. Беляцкая, И. В. Кашникова // Экономика – 2022. – том 10 № 4. – С. 34-38
7. Беляцкая Т. Н. Экосистема электронной экономики: интеллектуальная составляющая / Т. Н. Беляцкая, В. С. Князькова // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 2. Гісторыя. Эканоміка. Права. – 2018. – № 1. – С. 76–84.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИСПОЛНЕНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ

Радченко Н.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Беляцкая Т.Н. – доктор экон.наук, профессор

Аннотация. В рамках цифровой трансформации экономики страны с 1 января 2020 года в Республике Беларусь начата работа Автоматизированной информационной системы исполнения денежных обязательств. Внедрение автоматизированной АИС ИДО привело к изменениям в процессах бизнеса, связанных с приемом и направлением платежных требований без акцепта, обработкой платежных поручений на перечисление средств в бюджет при их недостаточности на счетах (электронных кошельках), резервированием средств на текущих (расчетных) банковских счетах, процедурой списания средств для оплаты неисполненных денежных обязательств в бесспорном порядке и ведением учета обязательств клиента для определения приоритетов их исполнения.

Ключевые слова. Информационная система, банки, обязательства, взыскатели, плательщики, списание денежных средств.

АИС ИДО является аналитической системой информационного взаимодействия между взыскателями, банками и плательщиками при исполнении денежных обязательств плательщиков на основании платежных требований взыскателей и платежных инструкций плательщиков, направленных в АИС ИДО [1]. Задачи АИС ИДО:

исключить случаи многократного взыскания денежных средств со всех счетов плательщиков по одному и тому же обязательству;

исключить необходимость направления органам взыскания в банки запросов о наличии счетов (электронных кошельков) плательщика и денежных средств на данных счетах (в электронных кошельках);

автоматизировать и унифицировать процесс взыскания в бесспорном порядке денежных средств и электронных денег в банках для всех взыскателей;

исключить необходимость представления в банки вместе с платежными требованиями различных по форме и содержанию исполнительных документов (решений, распоряжений, постановлений, приказов);

сократить документооборот между взыскателями и банками при взыскании денежных средств и электронных денег в бесспорном порядке;

освободить банки от несвойственных им функций по ведению картотеки не оплаченных в срок расчетных документов;

аккумулировать информацию о неисполненных денежных обязательствах плательщиков и об их исполнении в едином центре независимо от того, каким банком и с какого счета плательщика осуществлялось списание денежных средств.

Участники АИС ИДО представлены на рисунке 1.

Прямыми участниками АИС ИДО являются НБ РБ, банки, небанковские кредитно-финансовые организации, ОАО «Банк развития Республики Беларусь», и уполномоченные государственные органы, заключившие с НБ РБ договоры на участие в АИС ИДО.

Косвенными участниками АИС ИДО являются плательщики и взыскатели, не заключившие с НБ РБ договоры на участие в АИС ИДО и взаимодействующие с системой через обслуживающие их банки. Схема взаимодействия между участниками АИС ИДО представлена на рисунке 2.

В период взаимодействия АИС ИДО с банками (15 минут) осуществляется ограничение расходования денежных средств на счетах (электронных денег в электронных кошельках) плательщика в целях обеспечения возможности определения банками доступного остатка таких средств для исполнения расчетных документов АИС ИДО. Таким образом, АИС ИДО не изменила законодательство, определяющее порядок бесспорного взыскания, а позволила обеспечить оперативный обмен информацией, необходимой для исполнения денежных обязательств плательщиков и информирования взыскателей о таком исполнении. В состав АИС ИДО входит ядро АИС ИДО и подсистема взыскателя (участника АИС ИДО),

предназначенная для формирования (ввода) и мониторинга исполнения его платежных требований, направляемых в АИС ИДО в виде электронных документов (далее – ПВМ) [2].



Рисунок 1 – Участники АИС ИДО

Для реализации своих функций АИС ИДО взаимодействует со следующими автоматизированными системами:

автоматизированные системы банков (далее – АБС);

автоматизированные информационные системы уполномоченных государственных органов;

система передачи финансовой информации (далее – СПФИ);

автоматизированная система «Централизованное ведение нормативно- справочной информации Национального банка Республики Беларусь»;

автоматизированная информационная система представления банковской информации;

автоматизированная система «Центральный архив межбанковских расчетов».

Обмен информацией между взаимодействующими системами и ядром АИС ИДО обеспечивается посредством СПФИ. В АИС ИДО обеспечиваются:

контроль поступающих в АИС ИДО электронных документов (электронных сообщений);

обработка электронных документов (электронных сообщений), включая определение очередности исполнения принятых АИС ИДО электронных документов (электронных сообщений);

отзыв, приостановление принятых АИС ИДО электронных документов (электронных сообщений), а также изменение реквизитов и уменьшение суммы неисполненного денежного обязательства при исполнении принятых системой в виде электронных документов (электронных сообщений) платежных требований взыскателей, а также отзыв платежных инструкций плательщиков;

формирование электронных документов (электронных сообщений), содержащих информацию об общей сумме неисполненных денежных обязательств плательщика, о пересчитанных суммах неисполненных денежных обязательств плательщика, об отсутствии у плательщика неисполненных денежных обязательств, направляемых в банки – прямые участники АИС ИДО, в которых плательщикам открыты счета (электронные кошельки);

формирование и передача прямым участникам АИС ИДО справочной информации, необходимой в том числе для взаимодействия АИС ИДО с автоматизированными системами таких участников;

формирование платежных инструкций АИС ИДО на суммы денежных средств, в отношении которых банком – прямым участником АИС ИДО подтверждена возможность исполнения денежных обязательств плательщика посредством АИС ИДО;

накопление и оперативное хранение электронных документов (электронных сообщений);

представление прямым участникам АИС ИДО информации о приеме (отказе в приеме) электронных документов (электронных сообщений), о ходе исполнения принятых АИС ИДО в виде электронных документов (электронных сообщений) платежных требований взыскателей, платежных инструкций плательщиков, заявлений;

формирование и направление прямым участником АИС ИДО в данную систему в виде электронных документов (электронных сообщений) платежных требований взыскателей, заявлений;

прием (формирование), обработка, хранение информации (в том числе справочной), необходимой для функционирования АИС ИДО, включая информацию: о возникновении (отсутствии) обременений к счетам (электронным кошелькам) плательщиков в банках; о реквизитах платежных требований взыскателей и платежных инструкций плательщиков, в том числе необходимых для осуществления контроля за соблюдением требований бюджетного законодательства об исполнении бюджета соответствующего уровня по доходам; о счетах (электронных кошельках) плательщиков в банках, полученную из автоматизированной информационной системы представления банковской информации (далее – АИС ПБИ).



Рисунок 2 – Схема взаимодействия между участниками АИС ИДО

Платежная инструкция АИС ИДО формируется для исполнения неисполненных денежных обязательств плательщика, выраженных в белорусских рублях и в иностранной валюте, и предъявляется к счетам плательщика в порядке установленной очередности, представленной на рисунке 3.



Рисунок 3 – Очередность предъявления к счетам

Для начала работы в АИС ИДО потенциальный участник АИС ИДО заключает с владельцем АИС ИДО договор на участие в АИС ИДО, обеспечивает наличие каналов связи для информационного взаимодействия с оператором АИС ИДО, а также взаимодействие с оператором АИС ИДО с учетом требований, определенных технической документацией АИС ИДО. Владелец АИС ИДО вправе отказать потенциальному участнику АИС ИДО в подключении к АИС ИДО при его несоответствии требованиям, предусмотренным технической документацией АИС ИДО (с указанием причин отказа), до момента устранения этих несоответствий, о чем потенциальный участник АИС ИДО должен быть уведомлен не позднее пяти рабочих дней с даты получения от потенциального участника АИС ИДО заявления на участие в АИС ИДО.

В соответствии с графиком АИС ИДО работает в следующем режиме:

1. Начало рабочего дня АИС ИДО – с 8:00 до 9:30. Время для проведения подготовительных операций, актуализации справочников, направления банкам на исполнение платежных инструкций АИС ИДО по уведомлениям, полученным от банков накануне с 16:00 до 18:00;

2. Операционное время АИС ИДО – с 9:30 до 16:00. Время приема АИС ИДО платежных требований взыскателей, платежных поручений плательщиков, их отзывов, запросов информации, уведомлений о доступных остатках для оплаты НДС, формирования АИС ИДО запросов о суммах НДС, платежных инструкций с датой текущего банковского дня;

3. Завершение операционного времени АИС ИДО – с 16:00 до 18:00. Время для формирования АИС ИДО и направления банкам (с 16:00 до 16:15) платежных инструкций на оплату НДС с датой текущего банковского дня, запросов о суммах НДС с датой следующего банковского дня, ответов на запросы информации, получения от банков уведомлений о доступных остатках денежных средств для оплаты НДС с датой следующего банковского дня, запросов информации.

В АИС ИДО направляются в виде электронных документов:

платежные требования взыскателей – независимо от наличия у плательщиков денежных средств на счетах (электронных денег в электронных кошельках) в банках;

платежные инструкции плательщиков – в случае недостаточности денежных средств на счетах (электронных денег в электронных кошельках) в банке для исполнения в полном объеме обязательств плательщиков перед бюджетом.

Прямые участники АИС ИДО направляют платежные требования взыскателей для исполнения непосредственно в АИС ИДО. Косвенные участники АИС ИДО направляют платежные требования взыскателей и платежные инструкции плательщиков через обслуживающие их банки – прямые участники АИС ИДО. Платежные требования взыскателей и платежные инструкции плательщиков могут быть оформлены косвенными участниками АИС ИДО на бумажном носителе или могут создаваться в виде электронных документов. Списание денежных средств со счета (погашение электронных денег, числящихся в электронном кошельке) в банке посредством АИС ИДО осуществляется на основании принятых ею к исполнению платежных требований взыскателей, платежных инструкций плательщиков [3]. Принятые АИС ИДО в виде электронных документов (электронных сообщений) платежные требования взыскателей, платежные инструкции плательщиков, заявления помещаются в базу должников АИС ИДО на период их исполнения либо до их отзыва с учетом требований. Пересчет общей суммы неисполненных денежных обязательств плательщика в АИС ИДО производится в результате:

исполнения платежной инструкции АИС ИДО;

поступления нового платежного требования взыскателя, новой платежной инструкции плательщика;

отзыва платежного требования взыскателя, платежной инструкции плательщика;

уменьшения взыскателем сумм неисполненных денежных обязательств по оформленным им платежным требованиям;

приостановления (возобновления) исполнения оформленных взыскателем платежных требований;

открытия конкурсного производства в отношении плательщика.

Схема взаимодействия между участника АИС ИДО в случае пересчета суммы денежных обязательств представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема взаимодействия участников АИС ИДО в случае пересчета суммы денежных обязательств

По принятым платежным требованиям взыскателей, платежным инструкциям плательщика АИС ИДО автоматически:

определяет очередность их исполнения посредством АИС ИДО;

определяет общую сумму неисполненных денежных обязательств плательщика (по видам валют таких обязательств);

формирует и направляет в каждый банк плательщика, определяемый с учетом информации, полученной АИС ИДО из автоматизированной информационной системы представления банковской информации, электронный документ, содержащий общую сумму неисполненных денежных обязательств плательщика (по видам валют таких обязательств). АИС ИДО значительно упростила процесс взыскания денежных средств по обязательствам плательщиков, однако практика применения АИС ИДО выявила некоторые проблемы в ее работе. Например, плательщики не имеют непосредственного доступа к системе и вынуждены отправлять запрос в банк, когда необходимо узнать по какой причине и какая сумма была взыскана с их счета, также стоит отметить сбои в виде существенных задержек платежных инструкций при их направлении на списание денежных средств, которые возникают в дни уплаты налогов. Следствием такого сбоя являются пени, начисленные организациям за несвоевременную уплату налогов в бюджет. Решением данной проблемы является разработка дополнительного модуля личного кабинета плательщика, подключенного к общей базе данных АИС ИДО. Этапы работы АИС ИДО представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Этапы исполнения обязательств

Таким образом, после формирования платежной инструкции и направления ее в банк плательщика добавляется еще один этап исполнения обязательств, а именно отображение проведенной операции в личном кабинете пользователя, с указанием использованных счетов для списания денежных средств. Плательщик может регистрировать счета в системе, которые будут являться приоритетными при исполнении денежных обязательств. Он также может просматривать всю необходимую информацию о проведенных операциях (информацию о взыскателе, сумму взыскания, дату проведенной операции, реквизиты банка-взыскателя, статус основного счета и др.).

Также будет доступен модуль аналитики по проведенным операциям со счетами плательщиков, а именно сумма обязательств, структура операций и динамика БПО. Для ответов на вопросы плательщиков касательно системы будет добавлен бот с искусственным интеллектом, способный отвечать на ряд часто задаваемых вопросов. Он будет функционировать вне зависимости от регистрации в системе. Таким образом создание и внедрение личного кабинета плательщика сможет эффективно устранить ряд проблем, возникающих при работе системы АИС ИДО и повысить информированность плательщиков относительно их денежных обязательств перед бюджетом.

Список использованных источников:

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь и Национального банка Республики Беларусь №432/11 от 28.06.2019 "Об автоматизированной информационной системе исполнения денежных обязательств".
2. Указ Президента Республики Беларусь №414 от 16.10.2018 "О совершенствовании безналичных расчётов".
3. Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы: учебное пособие / И. П. Норенков. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2011.
4. Беляцкая, Т. Н. Методологические основы управления электронной экономической системой / Т. Н. Беляцкая // Азимут науч. исслед.: экономика и упр. – 2018. – № 2. – С. 52–55.
5. Беляцкая, Т. Н. Формирование электронной экономики Беларуси: макроэкономические условия / Т. Н. Беляцкая // Наука и инновации. – 2018. – № 12. – С. 49–55.
6. Беляцкая, Т. Н. Сравнительный анализ развития инфраструктуры электронной экономики стран – членов СНГ, Литвы, Латвии, Эстонии, Грузии / Т. Н. Беляцкая, И. В. Кашникова // Гуманитар.-экон. вестн. – 2015. – № 2. – С. 66–77.

EMOTIONIQ: EMOTION RECOGNITION BY PHOTO WITH NEURAL NETWORKS

Orsik S.P.t

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus*

Ladyjenko M.V. – Senior Lecturer

Annotation. The article provides algorithms for real-time face detection and recognition in complex backgrounds. A neural network based solution combined with image processing is used in classifying the universal emotions: happiness, sadness, anger, disgust, surprise and fear. The article proposes a prototype system EmotionIQ which automatically recognizes the emotion represented on a face. The main stages of emotion recognition such as face detection, feature extraction and emotion classification are considered.

Key words. EmotionIQ, online platform, emotional intelligence (EI), emotion recognition, image processing, neural networks.

Emotions are mental states brought on by neurophysiological changes that reflect a person's relationship to themselves, to other people, to the real world. Emotions perform two functions: regulatory and signaling. The regulatory function refers to basic human emotions and feelings that guide and regulate the behaviour of a human, while the signaling function includes the emotions that arise and change in accordance with changes occurring in the external and internal environment. Human emotions are accompanied by expressive movements: facial (facial and muscle

movements), pantomimic (gestures, body muscle movements), as well as changes in the tone of the voice and expressiveness of speech.

Emotional intelligence (EI) is defined as the ability to recognise, understand and manage your own as well as other's emotions. The benefits of EI are better physical and mental health, improved job performance, stronger relationships, enhanced communication, better decision making skills and etc. An organisation whose team members are equipped with greater emotional intelligence can work with increased productivity. This is because EI makes team members capable of understanding the client's emotions and using them to craft an empathetic response. Further, it also makes team members be able to identify and capitalise on their relationships with staff, clients, competitors, and redirect their efforts depending on the insights.

I and my team developed an online platform "EmotionIQ" which was presented at the grand final of the republican youth innovation project "100 Ideas for Belarus". It is a specialised tool designed to assess and provide insights into an individual's emotional intelligence (EI) through a structured assessment. EmotionIQ is an online platform that allows to monitor, enhance, monetise the emotional intelligence such as happiness, satisfaction, etc. of a person, group of people, community thanks to the synergy of fundamental knowledge, artificial intelligence, gamification elements and ratings. Our platform "EmotionIQ" can help to promote the economic and social success of a person, a group of people, an organisation, a community. It includes a set of neural networks for finding the face in a photo, recognising emotions, and verifying a person. This article considers the algorithms used for real-time face detection and recognition in complex backgrounds with neural networks that are implemented in our project EmotionIQ.

First, the survey was conducted to find out how much emotions affect a person's life and productivity. 300 students of the GDU "Lyceum 1 Estate of Academician Y.M. Ostrovsky, Grodno" took part in this study. The results of this survey are presented in Figure 1.

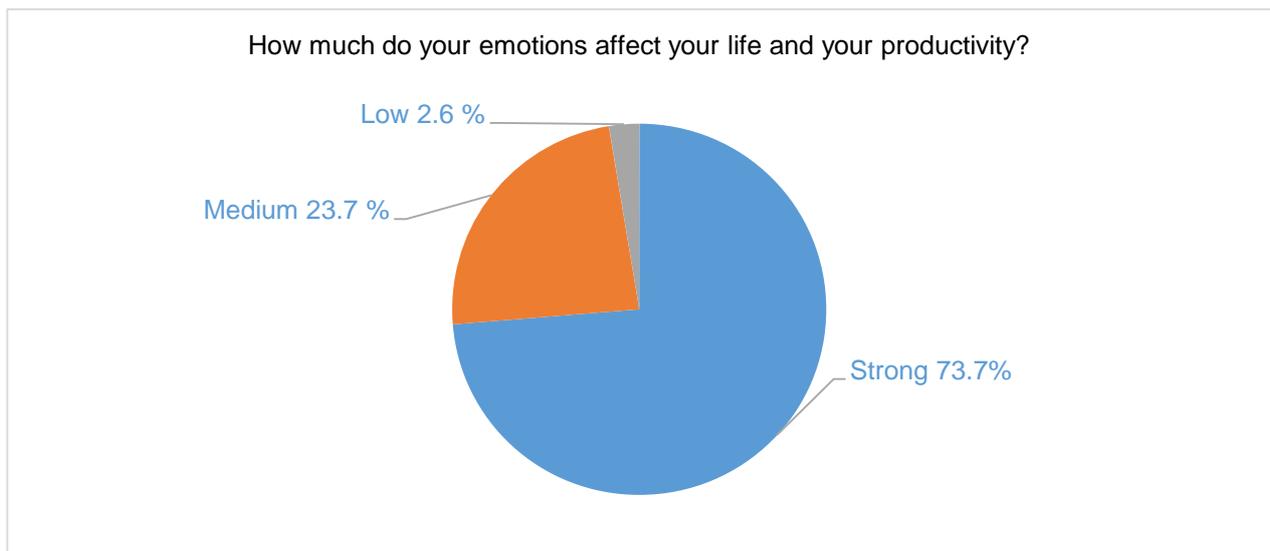


Figure 1 – Survey results

The results of the survey suggest that emotions are a crucially important aspect of people's psychological composition that affect intrapersonal, interpersonal, and social-cultural areas of life. Therefore, emotion regulation can help to improve the quality of a person's life, create a safe and supportive space where team members can share their feelings without judgment or criticism. From the employer's point of view, emotional intelligence can improve company performance by encouraging their employees to seek professional help if they are struggling with mental health issues.

MTCNN (multi-task cascaded convolutional neural networks) is commonly used to understand how to find a face in an image [1]. The model consists of three networks: P-Net, R-Net and O-Net (Figure 2). Each subsequent neural network increases the accuracy of the prediction.

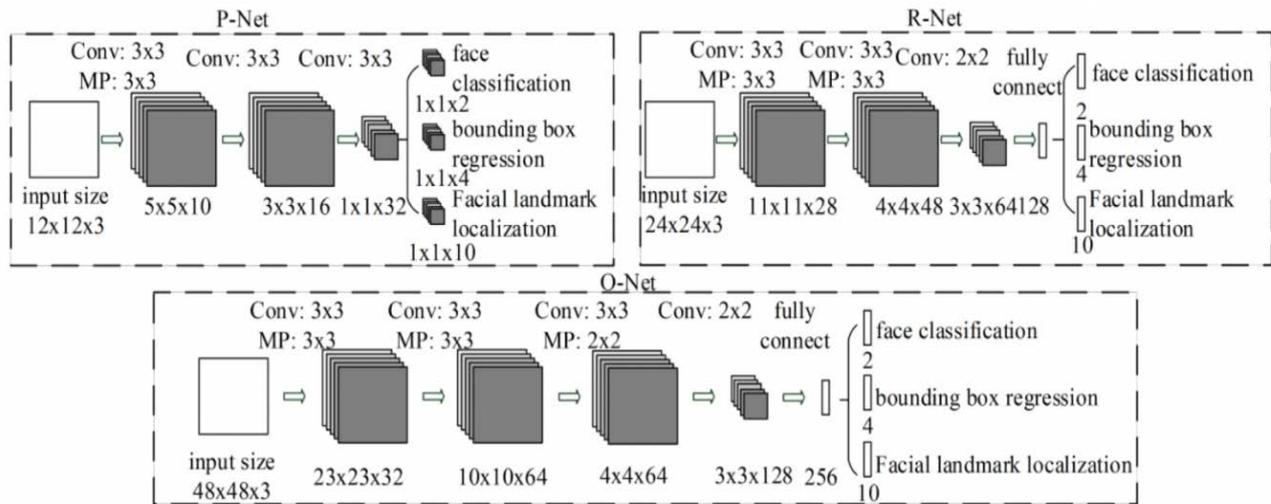


Figure 2 – Structure of MTCNN

The P-Net network at the output returns the coordinates of the bounding rectangles of the intended persons. Next, R-net trims areas where individuals are likely to be absent and adds a level of confidence to those areas that remain. In the O-Net network we again delete the areas with a low level of confidence and add the coordinates of five facial landmarks. To find a face, Viola-Jones method [2, 3] is used including Haar features (Figure 3), which is a division of a given rectangular region into sets of different types of rectangular sub-fields [4]:

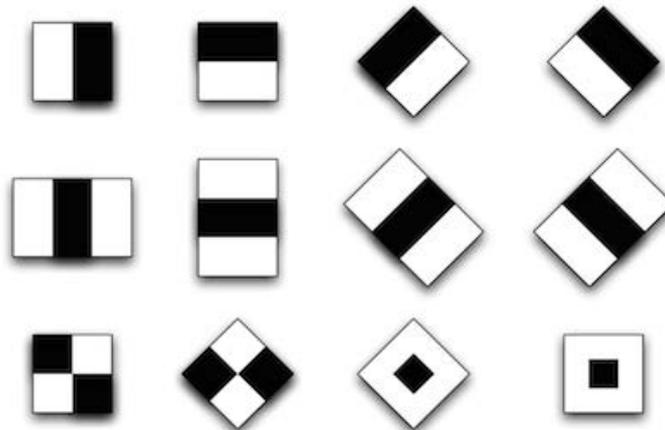


Figure 3 – Haar features

The original version of the algorithm used features without rotation, and to calculate the feature value, the sum of pixels of one sub-field was subtracted from the sum of the brightness of the other sub-field. During the development of the method, features with a 45-degree inclination and asymmetric configurations were proposed. In addition, instead of calculating the normal margin, it was suggested that weighted weights (1) and attributes should be assigned to each subgroup, which should be calculated as the weighted sum of pixels of the different types of domains:

$$feature = \sum_{i \in I=1 \dots N} w_i RectSum(r_i) \quad (1)$$

The method is based on Haar features. The main reason was to try not to use the pixel representation while maintaining the feature calculation speed. It is difficult to extract any meaningful information from the values of pixel pairs for classification, while from two Haar features (Figure 4) the first cascade of the face recognition system is constructed, for example, which has a fully meaningful interpretation:



Figure 4 – Haar features in practice

From each sub-field, you can calculate by combining 4 values of the integral representation SAT (Summed Area Table), which in turn can be constructed one time in advance for the whole image in $O(n)$, where n is the number of pixels in the image using the formula (2):

$$\begin{aligned} SAT(x, y) &= SAT(x, y - 1) + SAT(x - 1, y) + I(x, y) - SAT(x - 1, y - 1) \\ SAT(-1, y) &= SAT(x, -1) = SAT(-1, -1) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

This allows the creation of a fast object search algorithm that has been successful for more than a decade. The sum of the values of the weak classifiers of this cascade is to be found in each cascade. Each weak classifier produces two values, depending on the feature belonging to that classifier greater than or less than the specified threshold. At the end, the sum of the values of the weak classifiers is compared with the threshold of the cascade and solutions are given to the found object or not by this cascade.

Once the face is found in the image, it is necessary to recognise emotions. One common method of training neural networks is “supervised learning”. To look at this in greater depth, it is necessary to understand how to measure recognition in order to start training our network. This article addresses the most common mean square error (MSE) and squared deviations from the mean (SDM) function in neural network theory [5]:

$$E^p = \frac{1}{2}(D^p - O(I^p, W))^2, \quad (3)$$

in this formula, E^p is a recognition error for the p -learning pair, D^p is the desired network output, $O(I^p, W)$ is the network output, depending on p -input and W weights, which include the cores of the package, offset, and S- and F-layers weights.

The task of training is to adjust the weights of W so that they for any learning pair (I^p, D^p) give minimal error E^p . To calculate the error for the whole learning sample, simply take the arithmetic mean for all learning couples. Such an average error is denoted as E .

Gradient methods are the most effective methods to minimise E^p errors. Consider the essence of gradient methods on the example of the simplest one-dimensional case (i.e., when we have only one weight). If we decompose the Taylor error function of the E^p , we get the following expression (4):

$$E(W) = E(W_C) + E(W + W_C) \cdot \frac{dE(W_C)}{dW} + \frac{1}{2}(W - W_C)^2 \cdot \frac{d^2E(W_C)}{dW^2} + \dots, \quad (4)$$

here E is the same error function, W_C is some initial weight. It is crucial to remember that to find an extremum of a function we need to take its derivative and equal zero. Take the derivative of the error function by weights (5), discarding the terms above order 2:

$$\frac{dE(W)}{dW} = \frac{dE(W_C)}{dW} + (W - W_C) \cdot \frac{d^2E(W_C)}{dW^2}, \quad (5)$$

it follows from this statement that the weight at which the value of the error function will be minimal can be calculated from the following expression (6):

$$W_{min} = W_C - \left(\frac{d^2E(W_C)}{dW^2} \right)^{-1} \frac{dE(W_C)}{dW}, \quad (6)$$

i.e. the optimal weight is calculated as the difference between the current weight and the derivative of the weight error function divided by the second derivative of the error function.

For the multidimensional case (i.e., the matrix of weights), only the first derivative is transformed into a gradient (partial derivative vector), and the second derivative becomes Hessian (second partial derivative matrix). And there are two possibilities. If the second derivative is omitted, the gradient descent algorithm is obtained as soon as possible. If we are going to use the second derivative, we are going to need enough productive resources to count the full Hessian and then reverse it. To avoid this, Hessian is replaced by something simpler. One well-known and successful method is the Levenberg-Marquardt method, which replaces the Hessian, its Jacobian square approximation.

However, consider the fact that the Levenberg-Marquardt algorithm requires the processing of the whole learning sample, whereas the gradient descent algorithm can work with each individual learning sample. In the latter case, the algorithm is called a stochastic gradient. Given that, in most cases, training samples contain tens of thousands of training samples, a stochastic gradient is more appropriate. Another advantage of the stochastic gradient is that it is less prone to local minimum than the Levenberg-Marquardt algorithm.

At this point, neural network that can recognise a person's emotions from a photograph already can be trained. The next stage in development will be the transition from a cascade of super exact neural networks to a flexible comparison method on graphs (Elastic graph matching) [6]. The essence of the method is an elastic comparison of graphs that describe images of a person's faces. Faces are represented as graphs with weighted vertices and edges. In the recognition phase, one graph, the reference graph, remains unchanged, while the other graph is deformed to best fit the former. In such recognition systems, graphs can be both a rectangular lattice and a structure formed by characteristic (anthropometric) points of the face. Such a system has several types: rectangular grid, structure formed by anthropometric facial points (Figure 5).

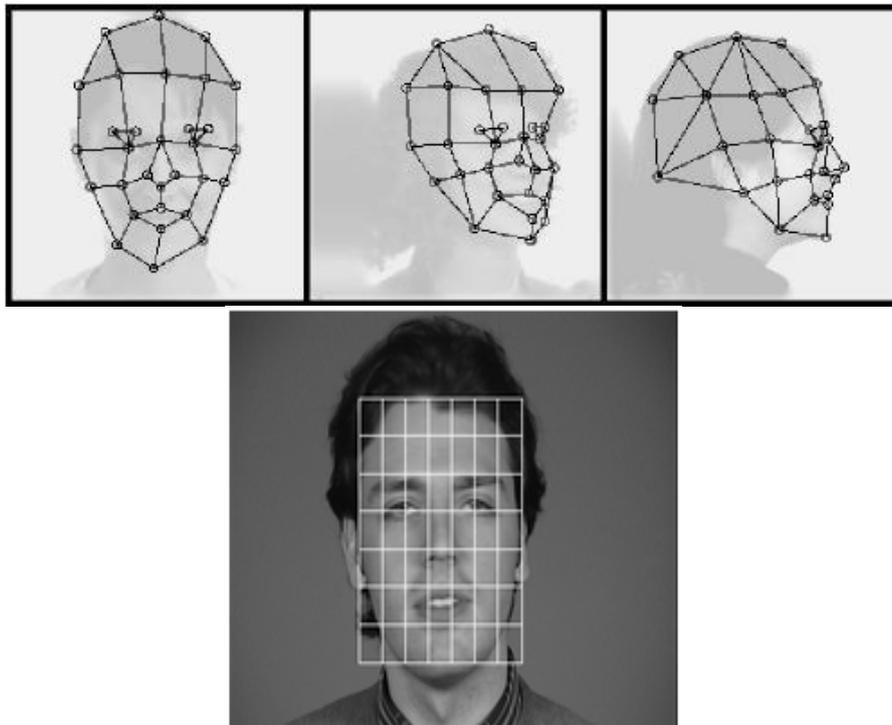


Figure 5 – Structure formed by rectangle and anthropometric facial points

At the vertices of the graph, feature values are computed, most often using the complex values of Gabor filters or their ordered sets are Gabor wavelets, which are locally (by convolution) in some regions of the graph vertex are calculated from the brightness values of pixels with Gabor filters (Figure 6).

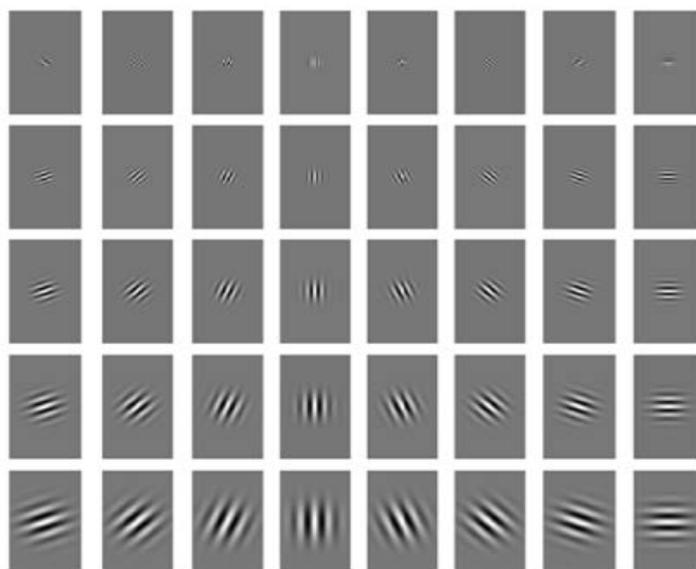


Figure 6 – Gabor filters

The edges of the graph are weighted by the distances between adjacent vertices. The difference (distance, discriminative characteristic) between the two graphs is computed by some price deformation function, taking into account both the difference between the feature values computed at the vertices and the degree of deformation of the edges of the graph. By moving each of its vertices for a certain distance in certain directions relative to its original location and choosing its position such that the difference between the values of the features (Gabor filter responses) at the vertex of the deformable graph and the corresponding vertex of the reference graph, there is minimal deformation of the graph.

The operation is performed alternately on all vertices of the graph until the smallest total distinction between the features of a deformable and a reference graph is reached. The value of the price deformation function at this position of the deformable graph will be the measure of the difference between the input image and the reference graph. This “relaxation” deformation procedure should be performed for all reference persons stored in the system database. The result of system recognition is the standard with the best value of the price deformation function. Some publications indicate 95–97 % efficiency of recognition even in the presence of various emotional expressions and the change of the facial angle to 15 degrees.

In conclusion, with such a surge in demand and innovation, choosing the right face recognition software is very crucial. It is also important to underline that recognition of the emotional state of a person using neural networks can have application in various spheres: government, healthcare, education, business, banking, security, etc. The relevance of this technology lies in the fact that modern society is striving for a solution that aligns with specific needs and integrates seamlessly into existing systems.

However, with a plethora of tools available in the market, selecting the right face recognition software is a critical decision for businesses and organisations. One implementation of this technology is presented in our project EmotionIQ [7]. Our algorithms can detect and recognise faces with high accuracy in real-time. It has a faster detection speed compared to other detection methods.

References:

1. Обнаружение и распознавание лиц MTCNN и FaceNet [Electronic resource]. – Mode of access: <https://russianblogs.com/article/5106791164/>. – Date of access: 27.02.2024.

2. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/3940582>. – Date of access: 10.03.2024.
3. Лайенхарт, Р. Эмпирический анализ каскадов обнаружения усиленных классификаторов для быстрого обнаружения объектов / Р. Лайенхарт, Е. Куранов, В. Писаревский. – В: PRS 2003. – 297-304 с.
4. Модель OpenCV для поиска лиц [Electronic resource]. – Mode of access: https://github.com/opencv/opencv/tree/4.x/data/haarcascades/haarcascade_frontalface_default.xml. – Date of access: 27.02.2024.
5. Müller, B. Neural networks: an introduction / B. Müller, J. Reinhardt, M.T. Strickland. – Berlin; Heidelberg; New York, 1995. – 88-153 p.
6. Face recognition by face bunch and graph method [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.researchgate.net/publication/255599615>. – Date of access: 20.02.2024.
7. EmotionIQ [Electronic resource]. – Mode of access: <https://emotioniq.by/>. – Date of access: 1.03.2024.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VI-СИСТЕМ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ

Сараф Р.О., Лукашевич А.Э., Петрович Ю. Ю.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Ефремов А.А. – к.э.н., доцент, зав. каф. ЭИ

Аннотация: исследуется роль систем бизнес-аналитики (BI) в банковской сфере. Банковская сфера остается одним из ключевых секторов, где данные играют крайне важную роль в принятии решений. BI-системы обеспечивают доступ к современным инструментам анализа данных и генерации отчетов, которые помогают банкам принимать обоснованные стратегические и оперативные решения. Рассмотрены основные аспекты применения BI-систем в банковской сфере, их преимущества, вызовы и перспективы развития.

Можно выделить следующие преимущества использования BI-систем в банковской сфере:

1. Анализ клиентской активности. BI-системы позволяют банкам анализировать поведение клиентов на основе их транзакций и других финансовых операций. Например, банк может использовать BI-систему для выявления образца потребительского поведения, определения предпочтений клиентов в отношении продуктов и услуг, а также для прогнозирования будущих потребностей клиентов. Это помогает банкам создавать персонализированные предложения и улучшать обслуживание клиентов.

2. Управление рисками. BI-системы помогают банкам идентифицировать и оценивать риски, связанные с кредитными операциями и инвестициями. Например, банк может использовать BI-систему для анализа кредитного портфеля и идентификации потенциальных проблемных заемщиков или секторов экономики. Это позволяет предпринимать эффективные меры по снижению рисков оптимизировать управление кредитным портфелем.

Приведем несколько кейсов, связанных с использованием BI-систем в банковской сфере:

1. Анализ эффективности маркетинговых кампаний. Банк может использовать BI-систему для анализа результатов маркетинговых кампаний, выявления наиболее эффективных каналов привлечения клиентов и оптимизации бюджета маркетинга.

2. Прогнозирование кредитного риска. BI-системы позволяют банкам анализировать данные о заемщиках и прогнозировать их кредитный риск на основе различных факторов, таких как кредитная история и финансовое состояние.

3. Мониторинг ликвидности: Банк может использовать BI-систему для мониторинга своей ликвидности и прогнозирования потребности в краткосрочном и долгосрочном финансировании.



Рисунок 1 – Возможности BI-аналитики

Вызовы при использовании BI систем в банковской сфере:

1. **Безопасность данных.** Защита конфиденциальных данных клиентов остается одним из главных вызовов при внедрении BI-систем в банковской сфере.
2. **Интеграция данных.** Банки часто имеют различные источники данных, что создает сложности при интеграции информации в единую BI-платформу.
3. **Культурные изменения:** Внедрение BI-систем требует изменения корпоративной культуры и привычек сотрудников в отношении анализа данных и принятия решений на основе данных.
4. **Техническая сложность:** Необходимость в высококвалифицированных специалистах и сложности внедрения и настройки BI-систем могут быть вызовом для некоторых банков.

Перспективы развития BI-систем в банковской сфере:

1. **Внедрение машинного обучения и искусственного интеллекта.** Прогресс в области машинного обучения и ИИ открывает новые возможности для улучшения аналитики и автоматизации процессов в банковской сфере.
2. **Расширение функциональности.** BI-системы будут развиваться в направлении интеграции с другими технологиями, такими как блокчейн и смарт-контракты, для создания более полных и инновационных решений.
3. **Облачные решения.** Ускорение распространения облачных технологий сделает BI-системы более доступными и гибкими для банков, особенно для малых и средних предприятий.

Таким образом, несмотря на вызовы, связанные с безопасностью данных и технической сложностью, перспективы развития BI-систем в банковской сфере остаются обнадеживающими.

Список использованных источников:

1. Ковальчук О.И. "Бизнес-интеллект: инструменты, технологии, методы". Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2018.
2. Галушкин А.И., Мартынова Н.И. "Бизнес-аналитика: модели и методы". Москва, Издательство "Макс Пресс", 2017.
3. Бизнес-интеллект в банковской сфере: вызовы и перспективы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.banki.ru/news/analysis/?id=10231940>.
4. Применение BI технологий в банковском секторе: современные тренды и перспективы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/top/2021-04-20_priminenie_bi_tehnologij_v.
5. Роль бизнес-интеллекта в повышении эффективности банковского бизнеса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36125/.
6. Как бизнес-аналитика помогает банкам повышать эффективность. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aspeb.ru/analitika/analitika-v-bankah>.
7. Бизнес-аналитика в банковском секторе: особенности и тенденции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cfin.ru/analysis/business-analysis-in-banking.shtml>.

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ СКЛАДСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Примакович Л.В., Раптунович О.М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Ефремов А.А. – к.э.н., доцент каф. ЭИ

Аннотация. В работе отражена значимость применения информационных технологий в сфере логистического управления складом, а также важность внедрения принципов логистики. Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что в результате ускорения логистики, оптимизации работы и автоматизации деятельности персонала можно вывести предприятие на новый конкурентный уровень, а автоматизация с использованием современных информационных технологий позволит эффективно и с наименьшими затратами достичь заданной цели.

Процесс складской деятельности состоит из подпроцессов приемки товаров, их распределения, хранения и последующей комплектации для отправки заказчику. Также в информационных системах склада учитывается движение каждой товарной единицы через все эти стадии. Ответственным за все мероприятия на складе является кладовщик в соответствии с его должностной инструкцией.

Доставка материалов, товаров или готовой продукции на склад происходит согласно декадным или ежемесячным планам. Поступающие на склад материальные потоки должны фиксироваться по качеству и количеству. Количественная приемка является сверкой количества прибывшего товара с данными в накладной, проводимая сотрудником, принимающим товар на баланс. Качественная проверка производится посредством техконтроля (при необходимости привлекается лаборатория). Результатом проверки служит подтверждение соответствия товара требованиям стандартов и техническим характеристикам. При выявлении несоответствия составляется коммерческий акт, который является основанием для предъявления претензий поставщику или компании-транспортировщику [1].

В условиях информационного общества эффективное функционирование логистической информационной системы невозможно без тесного контакта и общения контрагентов, использования обширных баз данных, налаженной системы обработки заявок. Благодаря разработанным программным комплексам успешно производится планирование и анализ различных бизнес-процессов, ускоряется обработка входящих и исходящих информационных потоков, автоматизируются рутинные операции. Рост объема информационных потоков, требующих обработку и мониторинг, делает внедрение ИТ в складскую деятельность не только необходимым, но и неизбежным [2].

Все поступающие на склад товары распределяются на хранение с учетом требований, определенных их типом и спросом на них. В первую очередь добиваются максимально возможной сохранности качества и количества. Большие и тяжелые товары размещаются ближе к месту отгрузки, а товары одного наименования складироваться в одной зоне. Структура размещения товаров с учетом необходимости мониторинга их состояния, срока хранения и ухода за ними формируется на основании типов товаров и требованиям к их хранению. Распределение товаров зачастую соответствует принципу «чем больше спрос, тем ближе к выходу», а значит ближе к выгрузке располагаются товары ежедневного спроса. На крупных складах с большим товарооборотом производится оснащение ячейками размера, соответствующего возможности размещения целой партии товара в коробках или на паллете.

Для начала корректного функционирования информационных систем склада требуется разработка адресной системы размещения товаров, без которой на складе может произойти потеря информации, приводящая к утере или залеживанию товара на полке и соответствующим материальным потерям. Грамотно разработанная информационная система позволит предотвратить возможные оплошности и увеличить складской товарооборот.

К логистическим условиям, необходимым для эффективного управления товарооборотом, можно отнести следующие аспекты:

маркировка должна быть видна со стороны прохода;

однотипные товары следует распределять на стеллажи по обеим сторонам одного и того же прохода для сокращения пути транспортировки;

когда партия товара не умещается в одной ячейке, ее следует распределить на стеллаже вертикально для сокращения времени комплектации товаров перед отгрузкой: различие адресов при таком подходе будет заключаться в одном символе.

Информационные технологии являются базой для разработки логистических информационных систем, обеспечивающих эффективность складской деятельности, а использование компьютерных технологий и современного ПО способствует ускорению и улучшению качества управленческих решений. Помимо прочего, сегодня информационные системы используются также и логистическим менеджментом для планирования, анализа, регулирования и контроля за выполнением функций системы.

Возможность использования в логистике склада информационных технологий во многом обязана виртуализации управления материальными потоками, механизму электронного взаимодействия участников цепи поставок, появлению электронных торговых площадок для реализации торговли. Для решения оперативных задач в настоящее время все чаще используются универсальные информационные системы, позволяющие управлять складскими процессами дистанционно: АИС «Наружная реклама: Склад», прикладной пакет «1С Торговля и склад», АИС «СБСОФТ – Торговля и склад», а также разрабатываются собственные WMS-системы и производится имитационное моделирование [3].

Использование даже несколькими участниками цепей поставок методов информационной логистики повышает эффективность всей цепочки. Например, информационные системы позволяют обеспечить бесперебойное снабжение необходимыми актуальными данными, а также с минимальными затратами осуществлять оформление заявок потребителями и их обработку. Информатизация процесса управления складом позволяет повысить конкурентные преимущества всей организации, создать систему взаимосвязанных бизнес-процессов между различными контрагентами, сформировать новые организационные формы взаимодействия – логистические звенья и цепи, а также предоставляет новые возможности для эффективного логистического управления складской деятельностью.

Однако при внедрении уже разработанных информационных решений часто возникают некоторые трудности.

Недостаточное развитие систем обработки и сбора информации, коммуникационных сетей и несостыковки в информационном взаимодействии участников цеп поставок.

Отсутствие необходимого для сбора, хранения и преобразования информации аппаратно-программного обеспечения, усложняет процесс управления и мониторинга.

Опасность при проектировании ИС на базе существующих решений необходимости сохранения традиционных процессов при невозможности значительных изменений в организации [4].

Разработка собственных информационных систем, учитывающих специфику существующих бизнес-процессов может способствовать выполнению этих требований, достичь роста эффективности. ИС в логистике позволяют обеспечить интеграцию информационных процессов, которые становятся взаимоувязанными и взаимодействующими через единую для всех контрагентов базу данных.

Строительство и оснащение современных складов необходимым оборудованием и техникой требует значительных капиталовложений. Ошибки, которые могут быть допущены при планировании, способны привести к невозможности эффективного использования склада и существенным финансовым потерям компании. Оптимизация и организация работы склада является не менее важной задачей: склад, некоторое время назад работавший эффективно, при повышении требований к нему может начать не справляться со своими функциями.

Одним из современных инструментов для решения задач при проектировании, организации и оптимизации работы складов является имитационное моделирование, которое заключается в разработке компьютерной модели и проведении на этой модели вычислительных экспериментов, что позволяет определить оптимальные параметры разрабатываемого или существующего склада. Используя имитационную модель, можно ещё на стадии проектирования или планирования определить эффективность структуры и бизнес-процессов склада или предлагаемых мер по его реорганизации [5].

В результате такого моделирования можно выбрать лучшую планировку складского помещения, внести необходимые изменения в проект, оптимизировать количество персонала и политики комплектования заказов, а также многое другое. На сегодняшний день лидирующим инструментом имитационного моделирования можно назвать AnyLogic.

Для эффективного функционирования и получения конкурентных преимуществ, необходимы не только использование информационных технологий и разработка собственных систем, но и глубокое понимание и внедрение принципов и инновационных методов логистики при организации управления и оптимизации складской деятельности.

Список использованных источников:

1. Роль информационных технологий в организации складской деятельности – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-informatsionnyh-tehnologiy-v-organizatsii-skladskoy-deyatelnosti>.
2. Роль информационных технологий в логистике – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://108-tonn.ru/main/info-center/rol-informatsionnyh-tehnologij-v-logistike/index.php>.
3. Использование информационных технологий и систем в управлении логистикой предприятия – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsionnyh-tehnologiy-i-sistem-v-upravlenii-logistikoy-predpriyatiya>.
4. Использование информационных технологий в управлении складскими процессами – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015016169>.
5. AnyLogic: организация и оптимизация работы склада – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/warehouse-operations/>.

BIG DATA В СОЗДАНИИ ЦЕННОСТИ ДЛЯ КЛИЕНТА

Пантюк Д.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Архипова Л.И. – к.э.н., доцент

Аннотация. Исследование освещает эволюцию Big Data, включая развитие технологий обработки данных и их приложение в различных сферах деятельности, включая маркетинг, где Big Data открывает новые возможности для повышения конкурентоспособности и создания инноваций – ценности для клиента. Показана роль Big Data в бизнес-аналитике, а также в прогнозировании и оптимизации бизнес-решений.

Ключевые слова. Маркетинг, Gartner Hype Cycle, Big Data, LTV, клиент, ценность, аналитика.

Big Data описывается как объемные, быстрорастущие наборы неструктурированных данных, которые требуют цифровых методов обработки для улучшения взаимодействия с клиентами, принятия решений и оптимизации бизнес-процессов. Только 17% компаний принимают решения на основе данных, хотя всем известны преимущества data-driven маркетинга.

Gartner Hype Cycle – это модель от аналитической компании Gartner, отражающая жизненный цикл технологий от первоначального энтузиазма к реальному применению. Этапы включают в себя начальный всплеск интереса, пик завышенных ожиданий, разочарование, осмысление и, наконец, широкое признание и использование. Модель позволяет понять, на каком этапе находится технология и спрогнозировать ее потенциал.

Big Data сейчас находится на этапе «Пика завышенных ожиданий» (рисунок 1), т.е. технология воспринимается как обладающая большим потенциалом и способностью радикально изменить маркетинг и бизнес-процессы. Это также указывает на то, что вокруг Big Data и сопутствующих AI технологий существует много оптимизма, возможно, превышающего их текущую практическую ценность. По данным Gartner Hype Cycle, эти технологии сейчас

находятся на переднем крае инноваций и их влияние уже ощущается в разработке, управлении знаниями и бизнес-процессах, что подтверждает их местоположение на этом этапе цикла. С точки зрения перспектив, ожидается, что в ближайшие 2-5 лет технологии будут широко приняты.

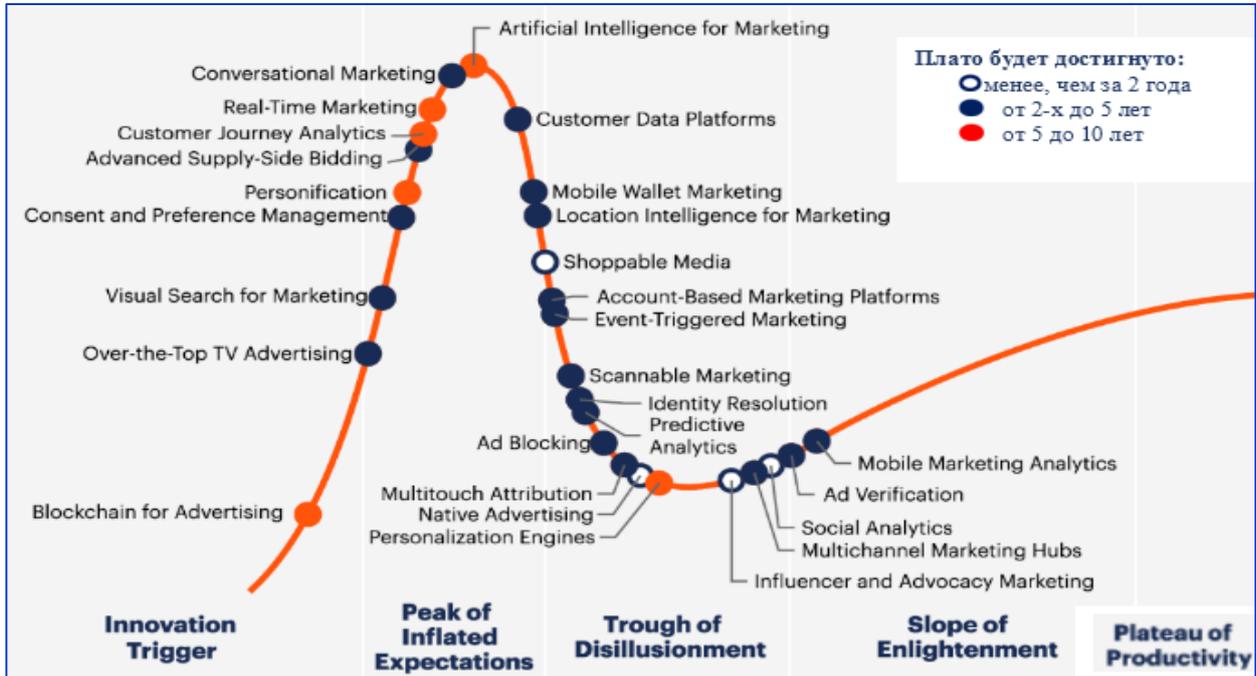


Рисунок 1 – Gartner Hype Cycle (2023 год)

После этапа «Пика завышенных ожиданий» в цикле Gartner Hype Cycle, Big Data и AI в маркетинге, скорее всего, перейдут в фазу «Ямы разочарования». Это период, когда первоначальный энтузиазм сталкивается с реальностью – трудностями внедрения, проблемами с качеством данных, сложностями интеграции и управления изменениями, которые не были очевидны при первых успешных проектах. На этом этапе многие из изначально обещанных преимуществ Big Data могут оказаться не столь легко достижимыми. Проблемы, с которыми сталкиваются организации, могут включать недостаток навыков, необходимых для работы с большими данными, сложности в управлении и обработке данных в больших масштабах, проблемы с защитой данных и приватностью, а также проблемы с интерпретацией и действиями на основе аналитики. Однако, «Яма разочарования» является естественной и важной фазой в развитии технологии, так как она стимулирует организации к переосмыслению своих подходов и к более рациональному и критическому взгляду на технологии. Компании, которые продолжают инвестировать в развитие своих возможностей Big Data и AI, исправят ошибки и найдут более выгодные способы применения данных технологий. В конечном итоге произойдет переход на следующую стадию – «Путь просвещения», которая характеризуется более глубоким и практическим пониманием их возможностей и ограничений.

Модель «Gartner Analytic Ascendancy Model» (рисунок 2) иллюстрирует, как углубление в аналитику данных увеличивает их ценность. Начиная с описательной аналитики, которая сообщает, что произошло, до предписывающей аналитики, определяющей, как это влияет на будущее, сложность и ценность данных растет. Это отражает тенденции развития Big Data, где организации стремятся переходить от простого сбора больших объемов данных к их анализу и использованию для прогнозирования и оптимизации бизнес-решений, таким образом получая конкурентное преимущество. Big Data эволюционирует, чтобы поддерживать более сложные формы аналитики, что согласуется с движением вверх по модели Gartner [1].

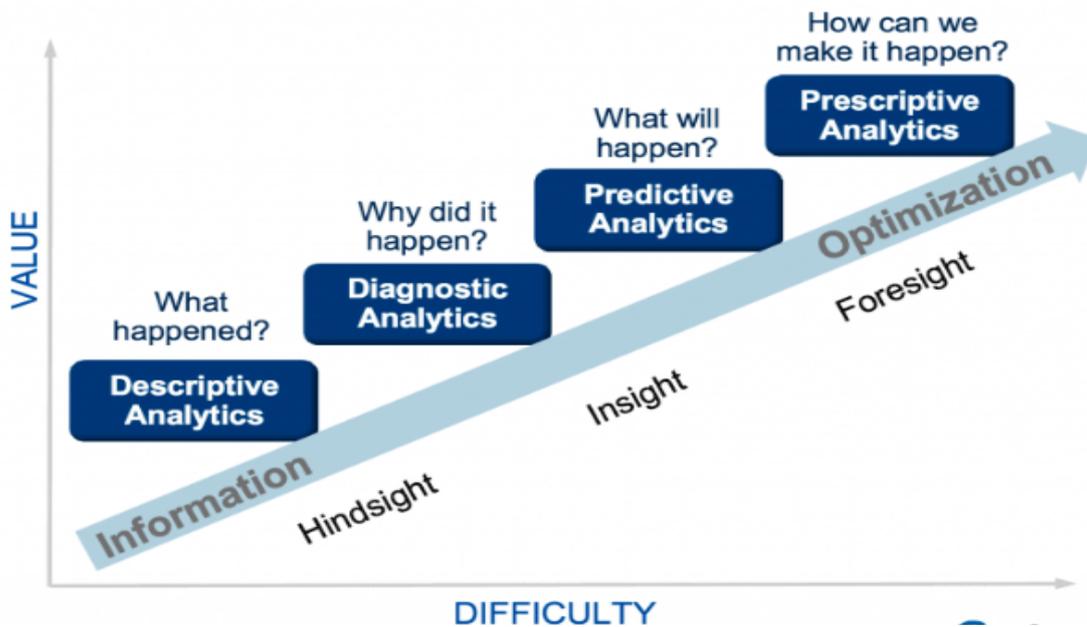


Рисунок 2 – Gartner Analytic Ascendancy Model

Современные исследования посвящены не только техническим аспектам Big Data, но и их приложениям в различных сферах, включая маркетинг, медицину, городское планирование и многие другие. В маркетинге особое внимание уделяется анализу поведения потребителей, персонализации предложений и оптимизации клиентского опыта.

Ценность для клиента описывается как восприятие соотношения цены и качества товара или услуги, а также дополнительных выгод, которые получает клиент. Теории ценности для клиента исследуют, как бизнес может увеличить эту воспринимаемую ценность через улучшение продукта, оптимизацию ценообразования и улучшение клиентского опыта. Big Data позволяет компаниям собирать, анализировать и использовать огромные объемы данных о поведении и предпочтениях клиентов. Это дает возможность создавать персонализированные маркетинговые кампании и предложения, которые гораздо эффективнее вовлекают клиентов и способствуют увеличению продаж и лояльности.

С помощью аналитики Big Data маркетологи могут точно измерять результаты своих кампаний, определять наиболее эффективные каналы и тактики, а также мгновенно корректировать стратегии для достижения лучших результатов. Анализ больших данных позволяет выявлять скрытые закономерности и тренды, что способствует более обоснованному принятию решений и оптимизации маркетинговых усилий.

Big Data обеспечивает более глубокое понимание поведения и ожиданий клиентов, что позволяет компаниям улучшать взаимодействие на каждом этапе покупательского пути. Анализ данных из различных точек контакта и каналов общения с клиентами помогает формировать более целостное представление о клиенте, оптимизируя обслуживание и усиливая положительный опыт взаимодействия. А системы CRM, интегрированные с Big Data, позволяют компаниям лучше понимать своих клиентов и эффективнее управлять взаимоотношениями с ними. 32% руководителей компаний фокусируются на удержании клиентов. Такой выбор вполне ожидаем, поскольку затраты на привлечение новых покупателей могут быть в 5-25 раз выше, чем на удержание уже имеющих. А анализ данных как раз и помогает выявлять предпочтения клиентов, прогнозировать их будущее поведение и идентифицировать потенциальные точки оттока.

Технологии машинного обучения и искусственного интеллекта, работающие на основе Big Data, позволяют предсказывать будущие тенденции рынка и поведение клиентов. Это дает компаниям преимущество, позволяя им адаптироваться к изменениям рынка и превосходить потребности клиентов, тем самым находя новые возможности для роста и развития.

Netflix является примером компании, которая эффективно использует прогностический анализ для определения потенциала успеха кинопроектов. Используя аналитику на базе

большого массива данных, Netflix выявляет ключевые характеристики, которые могут сделать фильм или сериал популярными среди аудитории. Применение прогностического анализа позволило Netflix разработать и выпустить сериал «House of Cards», который получил широкое признание и коммерческий успех. Выбор Кевина Спейси в качестве ведущего актера и Дэвида Финчера в качестве продюсера был обоснован их предыдущими успешными проектами, которые пользовались высокой оценкой среди подписчиков Netflix. Хотя прогностический анализ не может дать абсолютную гарантию успеха новой разработки, он значительно увеличивает вероятность ее принятия рынком [2].

Анализ больших данных также позволяет компаниям оптимизировать свою стратегию ценообразования, адаптируя цены в реальном времени в зависимости от спроса, конкурентной среды и поведения клиентов. Это способствует максимизации прибыли и улучшению конкурентоспособности на рынке. Благодаря аналитике Big Data, компании могут проводить гибкую ценовую политику, предлагая специальные скидки и акции для определенных сегментов клиентов или адаптируя цены в ответ на действия конкурентов. Это не только увеличивает объем продаж, но и способствует более тесной связи с клиентами, которые чувствуют, что компания относится к ним внимательно и предлагает выгодные условия.

Big Data также играет важную роль в повышении безопасности и управлении рисками. Анализ больших объемов данных помогает выявлять потенциальные угрозы и мошеннические действия, что особенно актуально в финансовой сфере и электронной коммерции. Компании могут использовать данные для разработки алгоритмов, которые автоматически определяют подозрительные транзакции и предотвращают утечки информации, тем самым защищая своих клиентов и собственный бизнес.

Также Big Data способствует инновациям и разработке новых продуктов и услуг. Анализ трендов и потребностей клиентов позволяет компаниям находить «Голубые океаны» – ниши, где отсутствуют конкуренты, но потребности клиентов не закрыты. Компании становятся способными быстро тестировать новые идеи и концепции, сокращая время и затраты на выход новых продуктов на рынок и повышая их шансы на успех.

В целом, Big Data трансформирует маркетинговые стратегии и операции, делая их более ориентированными на данные, что позволяет компаниям не только более эффективно взаимодействовать с клиентами и удовлетворять их потребности, но и оставаться в авангарде инноваций и развития рынка.

Использование Big Data в маркетинге крупными компаниями открыло новые горизонты для персонализации предложений, оптимизации кампаний и улучшения взаимодействия с клиентами. Например, Netflix использует Big Data для рекомендации фильмов и сериалов своим подписчикам на основе их предыдущих предпочтений и просмотров. Анализируя огромные объемы данных о поведении пользователей, Netflix может точно прогнозировать, какие новые шоу или фильмы будут популярны среди различных сегментов аудитории, что ведет к увеличению удовлетворенности клиентов и снижению оттока подписчиков.

Amazon применяет Big Data для оптимизации всей цепочки создания ценности – от управления запасами до персонализации предложений для конечных пользователей. Используя алгоритмы машинного обучения, Amazon анализирует покупательские привычки, историю поисковых запросов и отзывы клиентов для создания персонализированных рекомендаций продуктов, что повышает конверсию и удовлетворенность клиентов.

American Express использует Big Data для анализа транзакций и выявления потенциального мошенничества, а также для предсказания поведения клиентов и оптимизации предложений кредитных продуктов. Применение аналитических моделей позволяет компании предлагать индивидуализированные финансовые услуги, которые соответствуют потребностям клиентов и укрепляют их лояльность.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, использование Big Data предполагает также необходимость внимательного отношения к вопросам конфиденциальности и защиты данных клиентов. Успех в создании ценности для клиентов в значительной степени зависит от доверия между компанией и потребителями, поэтому обеспечение безопасности и прозрачности в обработке данных становится критически важным аспектом.

В заключение следует подчеркнуть, что Big Data является мощным инструментом при создании ценности для клиентов, позволяя компаниям предлагать более релевантные и персонализированные продукты и услуги. Правильное использование данных может

трансформировать взаимодействие с клиентами, повышая их удовлетворенность и лояльность, что, в свою очередь, способствует устойчивому росту и развитию бизнеса. В то же время, компаниям важно подходить к анализу данных с учетом этических соображений и норм защиты информации, чтобы поддерживать доверие клиентов и соответствовать регуляторным требованиям.

Список использованных источников:

1. Gartner (2023) "What's New in Artificial Intelligence From the 2023 Gartner Hype Cycle." Ссылка на ресурс: <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-artificial-intelligence-from-the-2023-gartner-hype-cycle> [Дата доступа 22.03.2024г.].
2. «Секрет «Карточного домика»: как большие данные помогают создавать успешные проекты». Ссылка на ресурс: <https://news.rambler.ru/other/42276222-sekret-kartochnogo-domika-kak-bolshie-dannye-pomogayut-sozdavat-uspeshnye-proekty/> [Дата доступа 22.03.2024г.].
3. Davenport, T.H. & Patil, D.J. Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century / T.H. Davenport, D.J. Patil. In: Harvard Business Review, October 2012.

КАРТОГРАФИЯ СПРОСА КАК ИНСТРУМЕНТ МИКРОСЕКМЕНТАЦИИ РЫНКА ПРОДУКЦИИ КОМПАНИИ

Панченя С.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

*Файзрахманов Ф.М. – д.ф.э., ст.
преподаватель*

Аннотация. Недооцененной проблемой на этапе формулирования целей маркетингового исследования является выбор перспективного источника роста для компании. Для построения эффективных коммуникаций следует не только выделять различные сегменты рынка, но и дифференцировать методы работы с ними. Картография спроса помогает визуализировать данные о спросе на продукцию на каждом сегменте и определять оптимальные стратегии для её продвижения. Наглядное представление анализа трендов и закономерностей в поведении потребителей позволяет более точно нацелить рекламные кампании, а также быстро адаптировать свою продукцию к меняющимся рыночным условиям.

Ключевые слова. Микросегментация, маркетинговая стратегия, картография спроса, сегмент рынка, комплекс маркетинга, кластерный анализ, метод Чекановского.

Маркетинговые исследования дают возможность компаниям получить глубокое понимание рынка, на котором они действуют, и их целевой аудитории. Исследования рынка позволяют изучить и спрогнозировать рыночную конъюнктуру, а анализ целевой аудитории помогает выявить ее потребности, предпочтения, поведенческие особенности и ожидания, что помогает компании разработать товары и услуги, соответствующие их требованиям. Однако, уже на этапе формулировки целей маркетингового исследования, направленного на разработку оптимальной маркетинговой стратегии, могут возникнуть определенные сложности, связанные с определением размера, динамики, тенденций, потенциальных возможностей и угроз на рынке, а также с описанием и выделением на нем перспективных сегментов.

Серьезной проблемой, которая многократно доказывала непропорциональность своего влияния на бизнес компаний, является определение источника роста для бренда, продукта или услуги на целевом сегменте рынка. Ошибка в этой сфере снижает потенциал роста и, как следствие, уровень рентабельности инвестиций в стратегическую бизнес-единицу, ответственную за их производство. Эта проблема изначально носит название «маркетинговой сегментации», но в настоящее время в качестве ее синонима в публикациях, в том числе и научных, посвященных практике современного маркетинга и менеджмента, все чаще применяется термин «картография спроса».

Общеизвестно, что, для построения более эффективного взаимодействия с потенциальными или существующими потребителями продукции компании, повышения эффективности ее маркетинговых усилий, необходимо разделять потребителей на определенные группы и дифференцировать методы работы с каждой из них. По мнению Теодора Левита, «Если Вы не мыслите сегментами, Вы не думаете вообще» [1]. Практика показывает, что компании, умеющие грамотно сегментировать обслуживаемый рынок, получают более существенные преимущества. Согласно исследованию международной компании Vain & Company, почти 4/5 опрошенных ею руководителей фирм сделали вывод о главенствующей роли сегментации при разработке маркетинговых стратегий, направленных на обеспечение роста прибыли [2].

Сейчас картография спроса определяется прежде всего как метод анализа и визуализации данных о спросе на продукцию, дающий возможность определить основные тренды и закономерности в поведении потребителей, выделить различные сегменты рынка и разработать компании оптимальные стратегии по всем составляющим ее комплекса маркетинга. С помощью картографии спроса можно получить достаточно целостное представление о том, как именно потребители делают свой выбор. Карта спроса (см. таблицу) отражает кто, когда, где, почему и как взаимодействует с брендом, дает информацию для того, чтобы в последующем графически интерпретировать полученные количественные и качественные показатели, выполнить прогноз динамики потребления продукции и популярности бренда на целевом сегменте рынка.

Таблица – Структура карты спроса

Карта спроса	Тип покупателя 1	Тип покупателя 2	Тип покупателя 3
Нужда/потребность (1)	Продукт А	Продукт С	Продукт В
Нужда/потребность (2)		Продукт В	Продукт С
Нужда/потребность (3)	Продукт В	Продукт С	

Французский маркетолог Ж.-Ж. Ламбен разбивает процесс сегментации на две ступени: макросегментирование и микросегментирование [3]. При этом в качестве макрокритериев используются такие критерии как географическое местоположение и организационные характеристики компаний, масштабы их деятельности, численность персонала и объем закупок. К критериям микросегментирования относятся особенности поведения отдельных лиц, вовлеченных в процесс закупки: восприимчивость к инновациям, лояльность, отношение к риску, особенности процесса принятия решения о покупке и др. Понятие «картография спроса» относится к процессу микросегментирования потребителей. В ходе ее выполнения для обработки и визуализации данных могут использоваться все классические виды кластерного анализа, а также метод Чекановского как один из современных методов иерархической кластеризации.

Кластерный анализ относится к методам многомерного статистического анализа. В начале его проведения следует определить цель анализа (например, выявить сегменты потребителей или конкурентов) и собрать данные о них. После выбора метода кластеризации, например, полной связи, проводится сам анализ как таковой. Результатом его является разбиение изучаемой совокупности объектов, в нашем случае всех потребителей (рынка) продукции на отдельные кластеры (сегменты рынка), элементы которых схожи по своим характеристикам. Полученные результаты интерпретируются и используются для выделения наиболее привлекательных, перспективных сегментов, для которых будут разработаны маркетинговые стратегии. К сожалению, реализуя эту процедуру, исследователи часто допускают следующую ошибку: характеристики, на основе которых проводится кластеризация, выбираются по принципу «доступней, проще, дешевле». Такой подход может поставить под сомнение целесообразность всего дальнейшего анализа, так как включение даже одной незначимой характеристики может привести к неадекватному разбиению на кластеры [4].

Метод Чекановского включает в себя пять основных этапов: формирование матрицы наблюдений, стандартизация признаков, расчет элементов матрицы расстояний и ее построение, построение неупорядоченной диаграммы Чекановского, последующее ее

упорядочение и получение сегментов рынка. Для построения матрицы наблюдений необходимо определить совокупность оцениваемых характеристик товара и выделить на их основе группы его пользователей. После этого по выбранной шкале оценивается значимость каждой из характеристик для каждой группы пользователей. По полученной матрице наблюдений вычисляется матрица «расстояний», каждый элемент которой представляет собой среднее расстояние между выделенными категориями потребителей. Далее выбирается шкала разрядов расхождений выбора потребителей (обычно выбирают три разряда – минимальный, максимальный и средний), при этом для каждого разряда вводится собственное обозначение (см. рисунок). Каждому элементу матрицы расстояний ставится в соответствие графическое обозначение по выбранной шкале.

В результате замены числовых значений на графические обозначения в соответствии с их принадлежностью определенному интервалу формируется неупорядоченная диаграмма Чекановского. Группа графических значков одного типа образует отдельный сегмент на диаграмме Чекановского. В случае, если таких групп не образуется, необходимо упорядочить диаграмму путем перестановки ее строк и столбцов. По упорядоченной диаграмме Чекановского определяются целевые сегменты рынка для данной продукции компании [5].



Рисунок – Шкала разрядов расхождений выбора потребителей

Таким образом, картография спроса является одним из эффективных инструментов микросегментации рынка продукции компании. Она позволяет компании разработать для выделенных на рынке перспективных сегментов оптимальные стратегии по всем составляющим комплекса маркетинга и занять более сильные позиции в конкурентной борьбе.

Список использованных источников:

1. Сегментация клиентов – все о сегментации рынка. – Режим доступа: <https://www.seeneco.com/ru/blog/zadachi-segmentatsii-klientov/>. [Электронный ресурс]. Дата доступа: 16.03.2024 г.
2. Demand Forecasting Consulting | Bain & Company. – Режим доступа: <https://www.bain.com/vector-digital/advanced-analytics/demand-forecasting/>. [Электронный ресурс]. Дата доступа: 03.03.2024 г.
3. Ламбен Ж.Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок / пер. с англ. под ред. В.Б. Колчанова. 2-е изд. СПб.: Питер, 2021. – 800 с.
4. Кластерный анализ в маркетинговых исследованиях: обзор и предпосылки применения. – Режим доступа: <https://analytera.ru/about/stati/klasternyy-analiz-v-marketingovykh-issledovaniyakh-obzor-i-predposylki-primeneniya/>. [Электронный ресурс]. Дата доступа: 16.03.2024 г.
5. Метод Чекановского. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9214947/page:28/>. [Электронный ресурс]. Дата доступа: 16.03.2024 г.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ ВВС И ПВО: ИННОВАЦИИ НА СЛУЖБЕ ЗАЩИТЫ

Дубяга Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники Минск, Республика Беларусь

Стогначев Р.В. – ст. преподаватель каф.
РЭТ ВВС и войск ПВО

Аннотация. Развитие современных технологий оказывает значительное влияние на обучение и подготовку специалистов в области радиоэлектронной техники для ВВС и войск ПВО. В данной работе рассматриваются инновационные подходы и технологии, применяемые в процессе обучения данной категории военнослужащих, с акцентом на их эффективность и практическое применение.

Обучение специалистов в области радиоэлектронной техники для ВВС и войск ПВО является краеугольным камнем эффективности и успешности операций в воздушном и противовоздушном пространстве. Рассмотрим текущее состояние обучения в этой области, включая методы, используемые учебные программы и структуры, а также основные проблемы, с которыми сталкиваются обучающиеся и преподаватели. Обучение в области радиоэлектроники для военных специалистов часто основывается на комбинации теоретических знаний и практических навыков. Теоретическая составляющая обычно включает в себя изучение принципов работы радиоэлектронной аппаратуры, основ электроники, радиотехники и связи. Практическая часть обычно включает в себя тренировки на симуляторах, выполнение лабораторных работ и участие в учебных миссиях.

В различных странах учебные программы в области радиоэлектронной техники для ВВС и ПВО могут различаться в зависимости от специфики задач, структуры вооруженных сил и доступных ресурсов. Однако, в большинстве случаев, учебные программы включают базовые курсы по радиоэлектронике, а также специализированные курсы, ориентированные на конкретные виды вооружения и системы [1].

Несмотря на значительные достижения в области обучения радиоэлектронной технике, существуют определенные проблемы, с которыми сталкиваются обучающиеся и преподаватели. К ним относятся ограниченный доступ к современным образовательным ресурсам, недостаточная актуализация учебных программ в соответствии с быстро меняющейся технологической средой и необходимость постоянного обновления квалификации преподавательского состава.

С развитием информационных технологий и появлением новых методов обучения открылись новые возможности для улучшения процесса обучения радиоэлектронной технике. Рассмотрим различные инновационные технологии, которые применяются в обучении специалистов ВВС и войск ПВО, с акцентом на их преимущества и потенциал для улучшения учебного процесса. Одной из самых перспективных инноваций в обучении радиоэлектронной технике является использование виртуальной реальности (VR). VR-технологии позволяют создавать иммерсивные среды, в которых обучающиеся могут взаимодействовать с трехмерными моделями радиоэлектронной аппаратуры и симулировать различные сценарии, включая отладку и обучение реальным ситуациям. Интерактивные симуляции представляют собой еще один эффективный инструмент обучения, который позволяет обучающимся проводить практические упражнения и эксперименты в виртуальной среде. С помощью таких симуляций обучающиеся могут изучать различные аспекты работы радиоэлектронной техники, а также осваивать навыки диагностики и устранения неисправностей.

Онлайн-курсы и электронные обучающие платформы становятся все более популярными среди обучающихся и преподавателей военных специальностей. Эти платформы предлагают широкий спектр курсов по радиоэлектронике, включая как базовые, так и специализированные темы, и обеспечивают возможность гибкого обучения в любом месте и в любое время.

Современные технологии информационной обработки, такие как машинное обучение и анализ данных, также находят применение в обучении радиоэлектронной технике. Эти технологии могут быть использованы для анализа больших объемов данных, полученных в

процессе эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры, а также для оптимизации учебных программ и адаптации курсов под индивидуальные потребности обучающихся.

Обучение в области радиоэлектронной техники для ВВС и войск ПВО играет ключевую роль в обеспечении высокой готовности и эффективности воздушной обороны. В ходе данного исследования были рассмотрены текущее состояние обучения, инновационные технологии и их применение в данной сфере.

Список использованных источников:

1. Бирюкова, Н. А. *Образование как фактор профессиональной мобильности выпускника университета. Пути повышения качества профессиональной подготовки студентов: материалы междунар. науч.-практ. конф. Минск, 22–23 апр. 2010 г. / редкол.: О. Л. Жук–Минск.*

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТАКТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Козлов А.Е.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Ли А.Е. – магистр военных наук, магистр
управления

Аннотация. В настоящее время быстрыми темпами растёт число разработок и исследований в сфере создания нового и более эффективного вооружения. Происходит стремительное развитие военной техники и боеприпасов. В связи со скачкообразной модернизацией всех видов боевых средств возникает необходимость обновления методов ведения войны, что в результате приводит к изменениям в тактике.

В силу динамичности, пространственности и маневренности боевых действий возникает необходимость постоянного повышения уровня тактической подготовки общевойсковых подразделений с учетом развития технологий и техники в ближайшее десятилетие.

Основные усилия в подготовке командиров тактического звена необходимо сосредоточить на выработке практических навыков и самостоятельности при управлении боем, особенно огнем, организации взаимодействия с соседями, артиллерией, авиацией и подразделениями других силовых ведомств [1-2].

Использование автоматизированных систем управления войсками в качестве моделирования боевых ситуаций, осуществления сбора и анализа данных о существующих и перспективных системах вооружения, оценки боевых возможностей вероятного противника существенно повысит качество вырабатываемых решений, ускорит постановку боевых задач, организацию взаимодействия и контроля.

На смену ближнему бою вследствие материально-технических преобразований приходит дальний «дистанционный» бой, который постепенно будет находить всё большее применение в вооружённых конфликтах.

В условиях пространственного размаха дальнего боя все большее развитие получают системы дистанционного поражения противника, такие как беспилотные летательные аппараты, баллистические ракеты, высокоточные системы и технологии. Усовершенствование данных систем предопределяет формирование новых способов защиты, расширение их функций. Создаются новые разведывательно-огневые системы, которые способны обнаруживать и уничтожать разведывательные компоненты противника, предупреждать и оповещать войска о применении противником того или иного оружия, что ощутимо повышает живучесть и защищенность войск.

Применение мощных средств поражения позволит в кратчайшие сроки наносить большие потери противнику и создавать бреши в его боевом построении, что приводит к увеличению роли подвижных форм боя. В будущем наиболее эффективные способы и методы ведения боевых действий будут определяться разнообразием тактических приёмов,

гибкостью построения боевых порядков, готовностью воинских формирований к высокоманевренным рейдам.

Все более весомую роль в системе боевых действий играет радиоэлектронная борьба. Достичь целей тактических действий невозможно без радиоэлектронного подавления систем управления противника, проведения мероприятий радиолокационной маскировки, имитации, дезинформации [3]. Дезорганизация систем управления войсками противника способна коренным образом изменить ход боевых действий.

Таким образом, в результате научно-военной революции появляются новые формы ведения боевых действий, которые можно охарактеризовать как объёмные, охватывающие все сферы вооружённой борьбы где электронное, экономическое, психологическое, информационное и силовое воздействия будут осуществляться с нарастающей интенсивностью во времени и пространстве, что позволит добиться решительных результатов в кратчайшие сроки лишая противника инициативы и свободы маневра [4].

Список использованных источников:

1. Бартошевич, А. В. Перспективы развития тактики и информационного обеспечения боевых действий / А. В. Бартошевич // «Наука – образованию, производству, экономике»: 8-я Международная научно-техническая конференция, посвященная 90-летию со дня основания БНТУ. Перспективы развития тактики, инженерного и технического обеспечения боевых действий, модернизация средств вооруженной борьбы: материалы 63-й научно-технической конференции, 27 апреля 2010 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2010. – С. 3-10.
2. Лепешко Г. В., Майборода А. В., Попов С. В. Тенденции развития способов ведения боевых действий войсковыми формированиями тактического уровня в ходе современных военных конфликтов. / Военная академия Республики Беларусь. // Вестник военной академии Республики Беларусь. – 2016. – №4. – С. 29–35.
3. Воробьев, И. Н. Тенденции развития тактики [Электронный ресурс] / И. Н. Воробьев, В. А. Киселев. – Режим доступа: <http://www.oboznik.ru/?p=41497> . – Дата доступа: 18.12.2023
4. Перспективы развития тактики и оперативного искусства форм и способов вооруженной борьбы по опыту минувших войн [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://csef.ru/ru/politica-i-geopolitica/348/perspektivy-razvitiya-taktiki-i-operativnogo-iskusstva-form-i-sposobov-vooruzhennoj-borby-po-opytu-minuvshih-vojn-7222> . – Дата доступа: 18.12.2023.

СОСТОЯНИЕ ЛИЧНОГО СОСТАВА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА БОЕСПОСОБНОСТЬ ВОЙСК

Лейбук Е.В., Павелко В.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Коношенко А.В., начальник кафедры ТиОП

Аннотация. В статье рассматривается вопрос влияния состояния личного состава на боеспособность войск

В публикациях последнего времени пристальное внимание уделялось изучению темы вооруженной борьбы нового поколения и бесконтактных войн, сущность которых сводится к нанесению ущерба экономике и группировкам войск противника разведывательно-ударными боевыми системами, основным средством поражения в которых станут высокоточные средства различного базирования.

В этих условиях приоритетным являлось стремление ограничить ближнее огневое противоборство за счет широкого применения средств дальнего огневого поражения из зон, вне досягаемости огневых средств противоборствующей стороны, одновременное поражение компонентов его группировки (боевого порядка) на всю глубину, избегание лобовых боевых

столкновений с обороняющимися войсками в хорошо укрепленных очагах сопротивления путем их блокирования частью сил и обхода главными силами и рядом других направлений.

Наметившаяся тенденция подтверждается статистическими данными об увеличении объема применяемых высокоточных средств поражения в войнах и вооруженных конфликтах последних десятилетий, а также проводимыми реорганизационными мероприятиями в ряде государств по сокращению сухопутных войск.

Вместе с тем, анализ последних военных конфликтов показал, что окончательно опровергнуты прогнозы отдельных военных теоретиков о снижении роли сухопутных войск в современных операциях. Более того, без проведения наземной фазы операции и применения сухопутной группировки войск (сил) в настоящее время не представляется возможным. Ведение боевых действий осуществляется в сочетании с применением высокоточных средств поражения в интересах повышения эффективности ведения боевых действий. Это, в свою очередь, подтверждается боевыми действиями, ведущимися в настоящее время.

Характерными чертами ряда вооруженных конфликтов является ведение активных, решительных контактных действий суть которых заключается в навязывании противоборствующей стороны своей воли, что должно позволить лишить его инициативы, свободы маневрирования, а в конечном итоге – к достижению цели военных действий, что наглядно подтверждается конфликтами последнего времени.

В ходе ранее проведенных исследований был осуществлен военно-исторический анализ применения войск (сил) в ходе войн XX столетия, в рамках которых использовались способы действий войск (сил) направленные, как на разгром и поражение группировок войск противоборствующей стороны, так и на их изнурение, где основным объектом воздействия является личный состав [1].

Семантика слова «изнурение» обозначает крайнее утомление, истощение, вследствие нарушения нормального функционирования организма, системы [2].

В данном случае, при рассмотрении группировки войск противника, речь идет об изменениях боевой способности войск, которая напрямую зависит от наличия и состояния личного состава, как основного показателя, характеризующего возможность реализации боевых возможностей формирований.

При этом, немаловажное значение должно уделяться необходимости снижения состояния личного состава, которое зависит от уровня его подготовленности, физиологического и морально-психологического состояния, оказывающих влияние непосредственно на укомплектованность подразделений.

Проблему влияния физиологического состояния личного состава на боеспособность войск исследовали в Военно-медицинской академии в ходе проведения тактических учений. В результате проведенных исследований было установлено, что боеспособность войск существенно снижается на вторые сутки. Так, у военнослужащих с низкими физиологическими показателями способность реализации боевого потенциала ВВСТ может снизиться к этому времени почти в два раза, и быть в пределах 60 % от начального уровня (рисунок 1), а у военнослужащих с высоким уровнем физиологического состояния боеспособность будет на уровне 80 – 90 % [3].

В дальнейшем пики падения состояния личного состава приходится на пятые и восьмые сутки. Несмотря на то, что исследование проблемы влияния физиологического состояния на боеспособность проводилось в ходе тактических учений их с большой долей вероятности можно учитывать и в ходе ведения боевых действий. Следует подчеркнуть, что физиологическое и морально-психологическое состояние личного состава зависят ряда факторов, к числу которых следует отнести: напряженность, динамичность боевых действий; степень взаимодействия (тактической взаимосвязи), уровень потерь (успешность ведения боевых действий); психологическое воздействие.

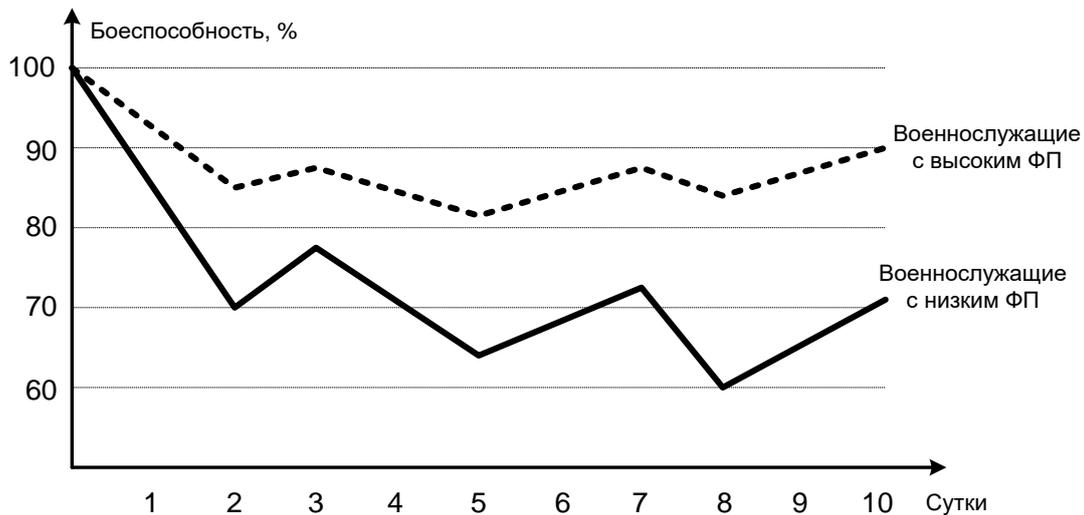


Рисунок 1 – Динамика изменения боееспособности личного состава в зависимости от функционального состояния

Установлено, что интенсивные боевые действия способствуют быстрому переутомлению военнослужащих, а кроме того воспринимаются ими как более опасные для жизни. В этих условиях особую актуальность приобретают такие способы действий как засады, налеты, диверсии, рейдовые действия, которые по сути и направлены на изнурение личного состава [1]. По оценке ряда военных специалистов, указанные способы вооруженной борьбы имеют целый ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными. Достаточно сказать, что значительно возрастает эффективность применяемого вооружения при реализации (проведении) указанных тактических способов.

Кроме того, на боееспособность войск оказывает влияние такой фактор как степень взаимодействия (тактической взаимосвязи) с другими воинскими частями (подразделениями). Изоляция подразделения приводит к существенному снижению боевых возможностей формирований. По мнению ряда экспертов, в случае нахождения подразделения в отрыве от главных сил в течении 48 часов приводит в большинстве случаев к утрате боееспособности наполовину [4].

Влияние боевой обстановки оказывает серьезное психологическое воздействие на военнослужащих, и как следствие, на их боееспособность. Постоянная угроза жизни, здоровью, изменение боевой обстановки, длительные нагрузки, нередко превышающие пределы человеческих возможностей, утрата боевых товарищей оказывают существенное воздействие на психику участников боевых действий.

С учетом этого, существенное внимание должно уделяться вопросу подготовки личного состава к ведению боевых действий, формированию необходимых психических качеств и состояний, что возможно в ходе проведения занятий по боевой подготовке, а также повседневной деятельности военнослужащих. От того, как она организована и осуществляется будет, в конечном итоге, зависеть психологическая готовность личного состава к выполнению боевых задач.

Следует отметить, что уровень состояния личного состава вообще и морально-психологической устойчивости, в частности, является наиболее важным фактором, который играет существенную роль в вооруженных конфликтах, что вызывает необходимость укрепления воинской дисциплины, законности и создания действенной системы психологической подготовки войск [5]. Более того авторы публикации указывают на то, что учет человеческого фактора в современном бою, по своему значению, находится по сути дела, на одном уровне с «физическими» составляющими войны, такими как поражающая способность и мобильность войск.

В заключение следует отметить, что в этих условиях особую актуальность приобретает принцип «Учить войска тому, что необходимо на войне», который собственно выражает обусловленность содержания обучения военнослужащих потребностям конкретных ситуаций боевой обстановки. Решение указанной задачи осуществляется на основании анализа применения войск (сил) в современных конфликтах в рамках практических занятий с военнослужащими.

Список использованных источников:

1. Любочко О.Н., Коношенко А.В. Ретроспективный анализ применения войск (сил) в интересах восстановления территориальной целостности государства // Наука и военная безопасность.– 2010 г. №4 С. 19-24
2. Ожегов, С.И. Словарь русского языка/С.И.Ожегов. – М.: Русский язык, 1986. – С. 594
3. Ваккаус, М.Ф. Сущность и механизм действия закономерностей вооруженной борьбы и их отражение в принципах оперативного искусства: Монография. – М.:ВАГШ, 2001. – Электронный ресурс
4. Влияние современного боя на психику воинов. Электронный ресурс http://armyrus.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=740 Дата доступа 12.04.2024.
5. Синявский В.К., Чубрик В.Г., Лабецкий С.М. Развитие тактически общевойскового боя в войнах и вооруженных конфликтах современности // Наука и военная безопасность.– 2011.–№1.–С.13-20

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММЫ CISCO PACKET TRACER В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ СВЯЗИ

Михно К.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Способ С.П. – ст. преподаватель кафедры
связи

Аннотация. Причины для внедрения в учебный процесс программы Cisco Packet Tracer которая представляет собой пакет программ для эмуляции работы компьютерных сетей, разработанный компанией Cisco. Пакет программ позволяет создавать визуальные модели сети, производить настройку элементов этой сети при помощи графического интерфейса и команд Cisco IOS.

История создания средства моделирования компьютерных сетей Cisco Packet Tracer относится к сентябрю 2000 года. Именно в этом году американская транснациональная компания в области высоких технологий Cisco Systems, разрабатывающая и продающая сетевое оборудование, предназначенное для крупных организаций и предприятий в сфере телекоммуникация, создает программу Cisco Packet Tracer, которая используется при изучении телекоммуникационных сетей и сетевого оборудования, так как данная программа позволяет наглядно отображать работу сети приведено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема образования инфокоммуникационной сети в программе Cisco Packet Tracer

К возможностям Cisco Packet Tracer можно отнести понятность и логичность графического интерфейса, который способствует лучшему пониманию организации компьютерной сети и принципов работы устройств. Одним из самых интересных преимуществ является возможность работать в режиме реального времени и возможность переходить в режим симуляции (Simulation), а также видеть перемещение пакетов от устройства к

устройству с замедление по времени. Помимо этого, Cisco Packet Tracer поддерживает две модели построения сетей: логическую и физическую. Логическую схему сети можно наложить на чертёж реального существующего здания или даже города. Кроме того, многоязычность интерфейса программы позволяет изучать программу сразу на нескольких языках. Наличие функций Activity Wizard позволяет сетевым инженерам создавать шаблоны сетей, сохранять их и использовать в дельнейшей работе [1].

К недостаткам Cisco Packet Tracer можно отнести отсутствие встроенного менеджера событий (Embedded Event Manager), который позволяет создавать сценарии для автоматизации работы устройств.

Программное решение Cisco Packet Tracer позволяет имитировать работу различных сетевых устройств: маршрутизаторов, коммутаторов, точек беспроводного доступа, персональных компьютеров, сетевых принтеров, IP-телефонов и много во другого . Работа с интерактивным симулятором дает весьма правдоподобное ощущение настройки реальной сети, состоящей из десятков или даже сотен устройств. Настройки, в свою очередь, зависят от характера устройств: одни можно настроить с помощью команд операционной системы Cisco IOS, другие – за счет графического веб-интерфейса, третьи – через командную строку операционной системы или графические меню.

Таким образом, опираясь на вышесказанное, можно сделать вывод: что несмотря на присущие незначительные недостатки данной среды, широкий круг возможностей данного продукта представляет функции моделирования, симуляции, визуализации, проектирования, что позволяет инженерам конфигурировать, отлаживать и строить локальную вычислительную сеть любой сложности. Исходя из этого перспектива внедрения данной программы в процесс обучения специалистов связи обуславливается возможностью подготовки высококлассных специалистов, даже в случаи отсутствия какого-либо оборудования или аппаратуры, что позволяет значительно снизить затраты и повысить эффективность, качество и скорость подготовки, как узкопрофильных, так и широкопрофильных специалистов войск связи.

Список использованных источников:

1. Cisco Packet Tracer / Минин, В. Е., Измайлов, К. Ф. // БелГУТ, 2016. – 104 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТАКТИКИ ОБЩЕВОЙСКОВОГО БОЯ

Яринский Б.А., Яринский Г.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Ларев В.В. – преподаватель кафедры ТиОП

Аннотация. В статье рассмотрены инновационные подходы к обучению тактике общевойскового боя, с акцентом на использовании виртуальной и дополненной реальности, симуляторов. Обсуждаются преимущества этих технологий, такие как улучшение реакции на стресс и развитие координации в команде, их вклад в повышение боевой готовности военнослужащих.

В современном мире инновации играют ключевую роль в развитии различных областей, включая военное дело. Изучение тактики общевойскового боя, будучи одной из важнейших составляющих военного искусства, также не остаётся в стороне от применения инновационных технологий. В данном докладе рассмотрим, как современные технологии влияют на изучение и совершенствование тактики общевойскового боя. Перспективы использования виртуальной и дополненной реальности в обучении тактике общевойскового боя уже сегодня очевидны. Эти технологии предоставляют уникальную возможность военнослужащим погрузиться в реалистичные тренировочные сценарии, имитирующие различные тактические ситуации на поле боя.

Виртуальная реальность, представляет собой компьютерную технологию, которая позволяет пользователю погрузиться в виртуальное пространство, в котором они могут

взаимодействовать с окружающей средой и выполнять различные действия с помощью специального оборудования, такого как VR-гарнитуры. Это позволяет симулировать реалистичные тренировочные сценарии, например, создание трёхмерных симуляций боевых ситуаций с высокой степенью реализма. Военнослужащие смогут находиться в виртуальной среде, которая точно воспроизводит условия реального боя: от ландшафта и погодных условий до видимости и звуковых эффектов. Это позволит тренироваться в различных сценариях, начиная от наступления и обороны до выполнения специальных задач.

Одной из основных перспектив VR и симуляторов в обучении тактике боя является возможность тренировки реакции на стрессовые ситуации. В виртуальной среде военнослужащие смогут столкнуться с реалистичными ситуациями, которые могут вызвать стресс и напряжение, такие как внезапные атаки или неожиданные изменения в условиях боя. Тренировка в таких условиях помогут улучшить реакцию на стресс и принятие решений в критических ситуациях.

Виртуальная реальность также способна развивать координации действий в команде. Военнослужащие смогут тренироваться совместно в виртуальной среде, выполняя различные тактические задачи и сценарии боя. Это поможет развить взаимодействие между членами команды, улучшить коммуникацию и согласованность действий, что является ключевым аспектом успешного выполнения боевых задач [1].

Рассмотрим следующее перспективное направление в развитии виртуальных технологий, такое как дополненная реальность (AR). Эта технология в реальном времени дополняет физический мир, каким мы его видим, цифровыми данными с помощью каких-либо устройств – планшетов, смартфонов или специальных оптических систем, напоминающие очки.

Интеграция дополненной реальности (AR), также как и технологии виртуальной реальности может открыть новые возможности для эффективного и интерактивного обучения военным специалистам. AR-технологии позволят создавать виртуальные тренировочные сценарии, в которых военнослужащие смогут симулировать различные тактические ситуации, адаптированные к реальным условиям боевых действий, а также могут быть дополнены виртуальными объектами и военными единицами на реальное окружение. Благодаря этому обучающиеся смогут испытать различные тактические стратегии, что позволит улучшить их навыки принятия решений и реакцию на изменяющиеся боевые условия.

AR-технологии предоставят уникальную возможность ученикам взаимодействовать с топографическими картами в реальном времени и в реальном масштабе. С их помощью обучающиеся смогут просматривать топографические карты и видеть 3D-модели местности, включая холмы, долины, реки и озёра, которые они представляют. Это поможет лучше понять географические особенности региона и соотношение между различными объектами на карте и реальными объектами в окружающей среде. Кроме того, AR позволит добавлять на карту интерактивные элементы, такие как маркеры, подсказки и анимации, что обогащает обучающий материал и делает его более понятным и интересным для учащихся. С использованием этой технологии также можно будет создавать учебные сценарии, в которых ученики смогут использовать топографические карты для практического обучения навыкам навигации, планирования маршрутов и определения точных местоположений. Также AR позволит интегрировать на карту дополнительные данные, такие как информация о климате, экологии и инфраструктуре, что обогатит обучающий процесс и поможет ученикам получить более полное представление о рассматриваемой территории [2].

Разработка специальных контроллеров для VR и AR в области обучения тактике ведения боя может значительно улучшить опыт обучения и эффективность тренировок. Данные контроллеры могут быть специально адаптированы для симуляции военного оборудования, такого как оружие, бинокли, карты и другие инструменты, используемые на поле боя. Они позволят военнослужащим более реалистично взаимодействовать с виртуальным или дополненным окружением, что способствует лучшему усвоению тактических навыков и повышению общей готовности к боевым действиям. Эти контроллеры могут также быть интегрированы с другими обучающими системами и программным обеспечением для создания более интенсивного и реалистичного опыта обучения. Один из способов использования VR устройств приведен на рисунке 1 [3].



Рисунок 1 – Наглядный пример использования VR оборудования в целях изучения тактики ведения общевойскового боя

Использование виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) в обучении тактике общевойскового боя представляет собой инновационный подход, который обещает революционизировать процесс подготовки военнослужащих. Виртуальные тренировки позволяют проводить множество повторений тактических сценариев без необходимости затрат на реальные ресурсы, такие как патроны, техника и оборудование. Это позволит сократить затраты на обучение и увеличить количество тренировочных часов, что в свою очередь приводит к более высокому уровню подготовки военнослужащих.

Однако, несмотря на многочисленные преимущества, использование виртуальной реальности и симуляторов также сопряжено с определенными недостатками. Высокие затраты на оборудование и разработку могут стать серьезным препятствием для внедрения этих технологий в широком масштабе. Кроме того, ограниченность в реализации реальных факторов, таких как физическая усталость и стресс, может снизить эффективность обучения. Наконец, существует риск отделения обучающихся от реальности и недостаточной эмоциональной нагрузки, что может уменьшить их мотивацию и вовлеченность в учебный процесс.

Таким образом, несмотря на некоторые недостатки, преимущества использования виртуальной и дополненной реальности в обучении тактике общевойскового боя являются очевидными. Внедрение этих технологий в систему образования Вооруженных Сил Республики Беларусь может значительно улучшить процесс подготовки военнослужащих и обеспечить более высокий уровень боевой готовности.

Список использованных источников:

- 1 Для чего военные используют технологии AR/VR. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/lanit/articles/554596/> – Дата доступа :11.04.2024
2. Новый уровень обучения перспективные формы обучения курсантов с использованием средств виртуальной реальности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-uroven-obucheniya-perspektivnye-formy-obucheniya-kursantov-s-ispolzovaniem-sredstv-virtualnoy-realnosti> – Дата доступа :11.04.2024
3. Военное дело. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://imgithub.ru/7-v-voennom-dele> – Дата доступа:11.04.2024

ПРОБЛЕМА ЧИПИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКА: ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНАЯ УГРОЗА ИЛИ «СВЕТЛОЕ БУДУЩЕЕ» ПОСТЧЕЛОВЕКА?

Асиненко А.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Малыхина Г.И. – канд. философских наук,
зав. каф. философии

Аннотация. Представлены виды имплантов, существующих на сегодняшний день, а также проблемы и преимущества чипизации. Также описано одно из возможных направлений глобальной чипизации с указанием преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: чипизация, проблема, имплант.

Введение

Тема имплантации чипов не так давно стала интересовать простых людей все больше и больше. Это связано с началом чипизации в других странах и новыми разработками, которые улучшают и упрощают нашу с вами жизнь.

Чипизация. Электронные имплантаты полностью связаны с нашей обычной повседневной жизнью. Происходит это потому, что они значительно упрощают и улучшают жизнь человека. Кто-то может бояться этого, а кто-то, наоборот, жив сейчас только благодаря имплантированному чипу. Кто-то считает это началом «электронного концлагеря», а кого-то «вживляют» в цифровой миропорядок прямо сейчас. Это касается не только инвалидов, но и здоровых людей. Также считается, что чипизация поможет в достижении большей безопасности в мире, повышении качества медицинских услуг, упрощении поиска преступников и нарушителей порядка.

Основная часть

«Электронные имплантаты» (лат. *plantatio* – пересадка) – электронные приборы, вживленные в тело биологического существа (человека, животного)» [1]. Ученые составили список из 11 имплантатов, которые в ближайшем будущем могут оказаться в теле каждого человека:

1. «*Имплантируемые смартфоны*». Группа исследователей экспериментирует со встроенными датчиками, которые превращают человеческие кости в живые колонки. Другие работают над глазами имплантатами, которые позволяют фотографировать видимое изображение и передавать его в любое локальное хранилище, например, в тот же самый *RFID*-чип.

2. «*Лечащие чипы*». Уже сегодня есть пациенты, которые используют имплантированные устройства, работающие совместно с мобильным приложением для того, чтобы контролировать течение болезни или даже ее лечить. Например, бионическая поджелудочная железа, которая проходит тестирование в Бостонском университете США имеет микро-сенсор на имплантированной в тело иглке, который передает на смартфон данные об уровне сахара в крови. А компания *Stimwave Technologies* разработала крошечное устройство-нейростимулятор для снятия болей в спине и ногах. Оно представляет собой беспроводной имплантат со встроенным чипом и электродами. Он вводится в организм с помощью обычной иглы и используется для нейростимуляции необходимых зон.

3. «*Роботы в кровеносных сосудах*». Разработчики из бостонского *Brigham and Women's Hospital* разработали компьютерный чип-убийцу рака, который может «жить» в крови пациента. Это так называемый микрофлюидный чип, покрытый длинными нитями ДНК, которые абсорбируют злокачественные раковые клетки.

4. «*Электронные таблетки с обратной связью*». Имплантаты могут коммуницировать не только с вашим смартфоном, они могут даже напрямую «общаться» с вашим врачом. В частности, британская исследовательская фирма разрабатывает электронные пилюли со встроенным микропроцессором, который может отправлять сообщения врачу непосредственно из вашего тела. Эти миниатюрные устройства передают врачу «внутреннюю информацию», которая позволяет врачу убедиться, что вы правильно используете прописанные им медикаменты и они дают именно тот эффект, который необходим.

5. «*Встроенный контроль рождаемости имени Билла Гейтса*». Это миниатюрный, встроенный в тело чип, который генерирует небольшие количества контрацептивного гормона внутри женского тела и может работать до 16 лет без перерыва. Имплантация не более болезненная, чем нанесение татуировки. Кроме того, по мнению разработчиков, «возможность включить или выключить устройство – это очень удобный инструмент для тех, кто планирует состав своей семьи».

6. «*Интерфейс мозг-компьютер*». Исследователи из компании *BrainGate* при Университете Брауна в США занимаются именно этой задачей. Как сказано у них на сайте, «используя массив электродов размером с таблетку аспирина, имплантированный в мозг, наши ученые смогли показать, что сигналы нейронов могут быть в реальном времени декодированы компьютером и использованы для управления различными устройствами», то есть человек с данным имплантом сможет использовать мысли как инструменты для использования ПК и Интернета.

7. «*Имплант для парализованных*». Этот имплантат содержит не только электроды, но и особые каналы, позволяющие передавать к нейронам химические стимуляторы. При этом используют технологию мягких электродов. Создается гибкая полимерная основа для имплантата, сами же электроды сделаны из силиконово-платиновых наночастиц.

8. «*Умная пыль*». При ее использовании врачи смогут осуществлять различные действия в теле человека без необходимости его разрезания – доставлять нужные лекарства к нужным органам, проводить внутрисполостные операции, исследовать внутренние органы, диагностировать и многое другое.

9. «*Бионическое зрение*». Это небольшое устройство напоминает видеокамеру, объектив которой расположен на специальных очках, а изображение передается с помощью имплантируемого устройства через зрительный нерв прямо в мозг.

10. «*Растворимые батареи питания*». Одной из проблем технологий имплантации является замена питания в устройстве, которое находится в теле человека. В случае, если человек не может сам подключить прибор в розетку, или не может его извлечь, чтобы заменить батарею, исследователи лаборатории Драпера в Кембриджском университете разработали биоразлагаемую батарею. Она способна генерировать энергию внутри тела, передавать ее беспроводным способом, если это необходимо, а затем просто растворяться и исчезать. Другие исследователи пытаются понять, как использовать вырабатываемую телом глюкозу для генерирования энергии.

11. «*Умные татуировки*». Исследователи Иллинойского университета разработали имплантируемую под кожу сетку из компьютерных волокон, которые тоньше человеческого волоса и могут осуществлять мониторинг внутренних процессов тела с поверхности кожи. Компания с несколько странным названием *Dangerous Things* разработала *NFC*-чип, который имплантируется в палец с помощью простого процесса, похожего на нанесение татуировки, позволяющего разблокировать устройства или вводить код, просто указывая на нужный гаджет пальцем. Специалисты Северо-восточного университета в США разработали систему в виде «татуировки» со встроенными наносенсорами, которая предназначена для контроля уровня кислорода в крови у пациентов с анемией. Ряд компаний занимается разработкой сенсоров в виде временной татуировки, т.е. тонкой пленки, приклеиваемой на кожу человека [2].

Разработчики полагают, что со временем гражданское общество, скорее всего, трансформируется в электронное общество, в силу чего глобальная чипизация населения – лишь вопрос времени.

В плане информационной безопасности одним из «плюсов» такой трансформации, по их мнению, могло бы стать создание системы дистанционного контроля над преступностью с помощью программы, которая будет базироваться на микрочипе глобального позиционирования (*GPS*), имплантированного в тело (фиксированного на поверхности тела) человека. Предложенная система может быть развернута на национальном, региональном и глобальном уровнях. Доктринально структура дистанционного контроля над преступностью (ДКП) состоит из 5-ти подсистем: «Антитерроризм», «Антикриминал», «Антинаркотизм», «Антирецидив» и «Поиск», предназначенных для выполнения функций, суть которых отражена в их названии.

С помощью этих подсистем возможно идентифицировать и отслеживать в режиме онлайн точное местонахождение человека: перемещающего наркотики, взрывчатые

вещества, химическое, биологическое, радиационное оружие массового поражения; совершившего преступления в условиях неочевидности; скрывающегося от следствия и суда, находящегося в розыске; сбежавшего из места предварительного заключения или колонии и т.д.

Учитывая, что чип будет оснащен датчиком местоположения своего носителя, он также может стать средством дистанционного поиска пропавших без вести или похищенных лиц; идентификации неопознанного трупа или лиц, страдающих амнезией; обнаружения людей, оказавшихся под завалами в результате техногенных аварий или стихийных бедствий; поиска пропавших или сбежавших детей и т.п.

Система дистанционного контроля за преступностью, по мнению ее сторонников, несет в себе чисто экономическую выгоду для общества. В частности, учитывая мультимедийную составляющую микрочипа и объем его памяти, запуск этой системы избавит от необходимости изготавливать и выдавать миллиарды паспортов, удостоверений личности, водительских удостоверений и т.д. В то же время, наряду с перечисленными выше положительными качествами, концепция системы *PREP* также содержит целый ряд вопросов и проблем юридического, морального и религиозного характера. Перечислим некоторые из них:

«Ахиллесова пята» предлагаемого проекта видится в том, что его реализация противоречит не только моральным и религиозным ценностям, но и фундаментальным правам и свободам человека.

Проект предполагает имплантацию микрочипа (смарт-метки, штрих-коды и т.д.) под кожную ткань человека или на поверхность его тела, что может изменить внешность человека.

Против чипизации возражают правозащитники, которые считают, что этот механизм станет идеальным инструментом в руках государства для тотального контроля как над обществом, так и над личностью. В частности, по их мнению, если чипирование окажется полезным в демократическом обществе, то этого нельзя сказать, если нити управления такой системой окажутся в руках тирана или иной единоличной формы правления.

Религиозные конфессии также выступают против вживления чипа в организм человека. Например, Православная церковь выступает не только против чипизации населения, но и против штрих-кодов на потребительских товарах.

Существующие технологии не гарантируют стопроцентной защиты микрочипов от различного рода технологических сбоев и вирусов, их удаленного отключения, а также несанкционированного доступа к ним.

Уязвимость проекта проявляется также в отсутствии репрезентативных исследований влияния чипа на здоровье человека.

Нет достоверных исследований влияния радиочастотного излучения, которое будет охватывать обширные территории по всему миру со спутников и ретрансляторов системы *PREP*, на экологию нашей планеты. Между тем известно, что радиочастотное излучение искажает геомагнитное поле Земли, что приводит к сбою биоритмов, так сказать, внутреннего «компыаса» некоторых представителей фауны и флоры [3].

В завершение разберем подробнее несколько этических аспектов чипизации:

1. Возможность введения усиленной борьбы с преступностью с помощью чипов и дистанционного управления, как идея, привлекательна, но большинство ученых считают, что перевоспитать преступников практически невозможно. В настоящее время преимущества чипирования преступников недостаточно изучены, поэтому его эффективность остается под вопросом.

2. Что касается стимуляции мозга и влияния на сознание, то в настоящее время достаточно хорошо изучена корреляция между чипированием мозга и памятью. Этот метод также используется для лечения некоторых заболеваний. Однако в настоящее время мы можем говорить о допустимости введения чипов пациентам, которые смогут улучшить свое физическое здоровье с помощью чипа, но имплантация чипов в мозг здоровых людей является незаконной. Наука действительно открывает перед нами многочисленные возможности, но внедрение этих возможностей допустимо только после многих лет изучения всех возможных побочных эффектов.

3. Чипирование и контроль над людьми. Проблема контроля с помощью чипов содержит очевидные экзистенциальные риски. В настоящее время похожая система контроля

осуществляется путем сбора данных о человеке в социальных сетях, поисковых запросах, перемещениях и т.д. Чипирование позволит значительно расширить контроль, чем способно деформировать экзистенциальный опыт личности.

4. Чипирование и свобода выбора. Многих волнует вопрос: «Согласятся ли люди на всеобщее чипирование, если в нем так много недостатков?» Ответ кроется в термине «глобальное». Мы не можем точно предсказать, когда будет объявлено о глобальной чипизации, как и не можем замедлить развитие науки. Но мы можем рассуждать о тенденциях и настаивать на этической экспертизе данных технологий. Чипирование опасно повторением опыта «евгеники», когда в стремлении создать «идеального человека» открыто нарушались права и свободы отдельных лиц. Поэтому внедрение чипирования требует постоянного междисциплинарного контроля со стороны гуманитариев, правозащитников и специалистов по биоэтике.

Список использованных источников:

1. Электронные имплантаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sinonim.org/t/%D1%87%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8F>. – Дата доступа: 21.03.2024.
2. 11 имплантируемых устройств, которые скоро будут у вас в теле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ferra.ru/review/health/mHealthImplants.htm#1._%D0%98%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%84%D0%BE%D0%BD%D1%8B. – Дата доступа: 21.03.2024.
3. Чипизация и глобальный контроль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://philosophystorm.org/chipizatsiya-i-globalnyi-kontrol>. – Дата доступа: 22.03.2024.

ФИЛОСОФИЯ ЗВУКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ЗАПОМИНАЮЩЕЙСЯ МЕЛОДИИ

Васютин А.Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Шепетюк В.В. – канд. философ. наук, доцент

Аннотация. Цель работы – изучить влияние мелодии на эмоциональное состояние слушателя и определить основные причины ее запоминаемости человеком. В работе исследованы и экспериментально проверены некоторые факторы, позволяющие мелодии вызывать определенные эмоции и чувства. Рассмотрен ряд способов создания запоминающейся мелодии. В результате проведенной работы написана небольшая мелодия с применением полученной в ходе исследования информации. Составлен список рекомендаций для создания запоминающейся мелодии, сделаны выводы, касающиеся философских аспектов восприятия человеком звуковой гармонии.

Ключевые слова. Мелодия, философия мелодии, запоминающаяся мелодия, настроение, музыка, чувства, эмоции, музыкальные интервалы, звуковые последовательности.

Каждый день мы слышим в окружающем нас мире различные звуки, мелодии, развлекаем себя прослушиванием музыки или игрой на музыкальном инструменте. Но почему-то не все мелодии нам нравятся. Внимательно послушав музыкальную композицию, она вызывает у нас некоторые чувства, которые при ее создании заложил автор. Какими приемами пользуются композиторы, чтобы вызвать у слушателя необходимые эмоции? Как мелодия влияет на настроение человека? Почему одни мелодии запоминаются, а другие нет, и как сделать их яркими и выразительными? Попробуем ответить на эти вопросы.

Еще в древности вопрос сочетания звуков, дающих гармоничное сочетание, привлекал внимание первых философов. В проявлениях такой гармонии они видели источник мудрости и путь к развитию человека. Так, например, Пифагор, указывал на наличие устойчивой закономерности и пропорции в различных вариантах длины струн музыкальных

инструментов, силы их натяжения и звуков, которые могут быть названы приятными и завораживающими [1].

Интересное или приятное для восприятия человека сочетание звуков можно назвать музыкой. В свою очередь в основе музыки лежит определенная мелодия, как ее ключевая идея. Иными словами, мелодия – это одногласно выраженная музыкальная мысль (по И.В. Способину) [2]. Мелодия способна передавать тончайшие оттенки чувств и настроений. Сегодня музыку можно услышать не только на концертах, специализированных музыкальных площадках, но и в магазинах, торговых центрах, спортивных комплексах. И для каждой преследуемой цели существует специально созданная музыка определенного стиля. Она также способна вдохновлять на создание чего-то нового и прекрасного [3].

Разберемся, с помощью чего музыка может влиять на настроение человека. Темп, ритм, частота звука, тональность, содержание, интервалы между нотами – все эти факторы влияют на эмоциональное состояние слушателя.

Чем быстрее темп композиции, тем чаще звуковая вибрация проходит через тело и поступает в мозг, возникает чувство эйфории и подъема, ощущение воодушевления и бодрствования. Если мелодия еще и нравится, то поднимается уровень дофамина, который и влияет на настроение человека. Соответственно, если темп спокойный, медленный, то организм успокаивает нервную систему, наступает расслабление. Уровень кортизола в крови начинает падать и состояние стресса начинает проходить. Не спроста некоторые люди слушают легкую расслабляющую музыку до или во время сна.

Частота звука тоже может сильно повлиять на чувства, передаваемые с помощью мелодии слушателю. К примеру, низкочастотные звуки вызывают чувства устойчивости или некоего фундамента, высокочастотные – легкости и воздушности. Однако среди области слышимых человеком частот есть и не очень приятные, и даже противно звучащие частоты, которые могут сильно помешать в получении необходимых эмоций.

Мелодии могут быть сыграны разными музыкальными инструментами. Человеческий голос – это тоже инструмент. В песнях есть вокальная мелодия, которая сочетается с текстом. Его содержание тоже сильно влияет на эмоциональную атмосферу песни.

Есть много различных видов ладов и тональностей в музыке, но в данном случае, для простоты объяснения, остановимся на двух всем известных – натуральный мажор и натуральный минор. Наверное, все знают, что мажор – это радость, торжественность, а минор – грусть, печаль. Та тональность, в которой написана мелодия, может сильно влиять на настроение, которое с помощью нее передается. Однако это не означает, что в минорной тональности не получится написать веселую мелодию.

Расстояние между высотами двух звуков называют музыкальным интервалом. Мелодия состоит из интервалов. Правильное и уместное их использование позволяет вложить в мелодию практически любые чувства. У каждого интервала есть свое название и звучание, которое можно с чем-то ассоциировать [4]. В таблице 1 мной представлены основные виды музыкальных интервалов и описание их звучания.

Как уже было упомянуто ранее, с помощью комбинаций из музыкальных интервалов (а также ритма и темпа), их соединения в музыкальные фразы и складывается мелодия. К примеру, мелодию «В лесу родилась елочка» Л.К. Бекмана большинство узнает с первых нескольких нот – первым интервалом в мелодии является большая секста, которая и запомнилась многим слушателям.

Приведем еще несколько примеров использования музыкальных интервалов с целью передачи необходимых эмоций. Сыграем на пианино ноту «Си», а затем ноту «До». На рисунке 1 представлена запись нот в музыкальной программе.

Полученная мелодическая фраза из двух нот звучит резко и напряженно. Интервал между сыгранными нотами равен 1 полутону (малая секунда).

На рисунке 2 в музыкальной программе записана и сыграна нота «До», а после нее нота «Фа».

Получено торжественное, бодрое, гордое звучание (как фанфары). Этот музыкальный интервал равен 5 полутонам (чистая кварта). Вот так, с помощью правильного использования и сочетания музыкальных интервалов, можно передавать различные чувства и эмоции.

Таблица 1 – Основные виды музыкальных интервалов и описание их звучания.

Название	Величина	Описание звучания
----------	----------	-------------------

интервала	интервала	
Прима (чистая)	0 тонов	Устойчивое, качающее, уверенное
Малая секунда	0,5 тона (1 полутон)	Драматичное, резкое, напряженное
Большая секунда	1 тон	Напряженное, натянутое, немного драматичное
Малая терция	1,5 тона	Теплое, нежное, эмоциональное
Большая терция	2 тона	Яркое, мягкое, теплое, оптимистичное
Кварта (чистая)	2,5 тона	Торжественное, гордое, устойчивое, призывающее
Квинта (чистая)	3,5 тона	Холодное, открытое, гармоничное, устойчивое
Малая секста	4 тона	Мягкое, нежное, умиротворенное, широкое, певучее
Большая секста	4,5 тона	Мягкое, теплое, оптимистичное, объемное, уверенное
Малая септима	5 тонов	Мягкий диссонанс, таинственное, эмоциональное
Большая септима	5,5 тонов	Резкое, острое, широкое, яркое, энергичное
Октава (чистая)	6 тонов	Устойчивое, завершенное, объемное



Рисунок 1 – Мелодическая фраза из нот «Си» и «До», записанная в музыкальной программе

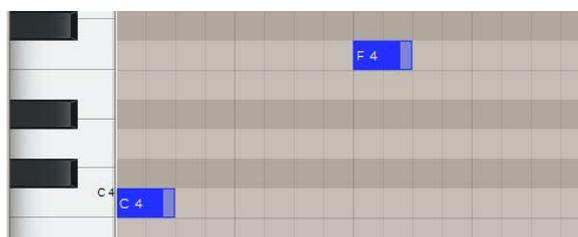


Рисунок 2 – Мелодическая фраза из нот «До» и «Фа», записанная в музыкальной программе

Теперь разберемся, почему одни мелодии сильно запоминаются, а другие не очень. Согласно исследованиям, по меньшей мере около 90% людей раз в неделю страдают из-за того, что к ним привязалась мелодия (один и тот же мотив все время проигрывается в голове). Можно выделить несколько причин, почему это происходит.

Первой причиной является простота мелодии, четкий ритм и рифма (в песнях). Чем проще мелодия, тем быстрее она запоминается слушателю и некоторое время не выходит из головы.

Второй причиной является повторяемость определенных фраз или элементов в мелодии. Если несколько раз произнести одно и то же слово или сыграть одну и ту же музыкальную фразу, то она может сильно запомниться человеку.

Еще одной причиной, из-за которой мелодии запоминаются, является прослушивание музыки в фоне. Если прислушиваться к чему-то внимательно, мозг распознает, нравится ему это или нет. Однако, если музыка играет фоном, и мы особо не вслушиваемся в то, что играет, на подкорку пишется все без разбора, а потом еще долго «аукается» нам, влияя и на наши мысли, и на наши чувства [5].

Теперь, разобравшись в причинах запоминаемости мелодий, можно составить несколько рекомендаций, как написать запоминающуюся мелодию. Они собраны мной и представлены на рисунке 3.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ЗАПОМИНАЮЩЕЙСЯ МЕЛОДИИ



Рисунок 3 – Рекомендации по созданию запоминающейся мелодии

Применим полученную в ходе исследования информацию на практике: попробуем написать небольшую мелодию. Представим сценарий для передачи настроения мелодии: наступили долгожданные каникулы или отпуск, на улице по-настоящему теплая летняя погода, у нас веселое настроение, хочется посидеть на пляже, походить по горячему песку, покататься в море, забыть о всех заботах и расслабиться, мы радостные и счастливые. Попробуем передать эту историю слушателю с помощью мелодии (воспользуемся описанием звучания музыкальных интервалов, будем также придерживаться некоторых факторов влияния мелодии на настроение слушателя и способов сделать ее запоминающейся, рассмотренных ранее). На рисунке 4 представлена моя версия мелодии, записанная в музыкальной программе.



Рисунок 4 – Созданная мелодия, записанная в музыкальной программе

Чтобы мелодия звучала еще интереснее и объемнее, можно добавить интервалы к нотам, чтобы получить гармоническое звучание. Получившаяся мелодия представлена на рисунке 5.

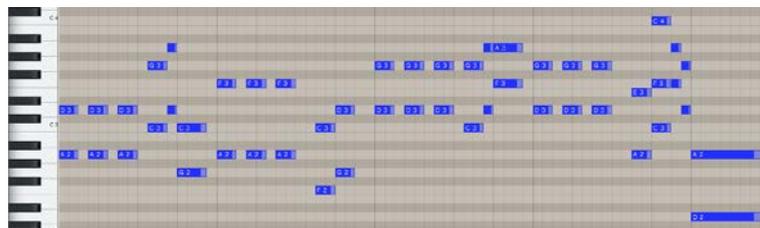


Рисунок 5 – Усложненная версия мелодии (гармоническое звучание), записанная в музыкальной программе

В созданной мелодии мной использовались соответствующие музыкальные интервалы. Чтобы передать нужное настроение по сценарию, также использовалась запоминающаяся ритмика, повторы. Мелодия написана в темпе 90 ударов в минуту в тональности «Ре минор». На мой взгляд, для этой мелодии хорошо подходит тембр синтезатора или пианино, и она хорошо запоминается и интересно звучит. Нотная запись созданной мелодии представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Нотная запись созданной мелодии

Таким образом, зная факторы и критерии, влияющие на запоминаемость мелодии, настроение, которое она вызывает у слушателя, можно создавать интересные и очень эмоциональные звуковые сочетания. Анализ всего спектра факторов, влияющих на написание мелодических основ будущих музыкальных композиций, можно было бы даже выделить в новый подраздел междисциплинарных исследований и назвать его философией звуковых последовательностей или философией мелодии. В сочетании с другими музыкальными дисциплинами такое направление исследований могло бы стать актуальным и востребованным элементом современной музыкальной культуры, которое позволило бы создавать необычайно красивую и волнующую музыку. На наглядном примере некоторые из указанных факторов были нами проверены. Также были составлены рекомендации, как сделать мелодию запоминающейся. В дальнейшем можно дополнительно исследовать вопросы, как работает гармония вместе с мелодией, по какому принципу строятся аккордовые последовательности в музыке, контрапункты, партии инструментов. С помощью этих знаний можно создавать музыку на любое настроение и вкус слушателя, чтобы развить уровень его эстетической культуры, привнести гармонию с помощью выразительных средств музыки в нашу повседневную жизнь.

Список использованных источников:

1. Бобылева, Н.В. Пифагорейская проблематика в философии музыки // Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова, 2006. – №2. – С.3-6.
2. Мелодия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belcanto.ru/melodia.html>. – Дата доступа: 17.03.2024.
3. Влияние музыки на настроение и эмоциональное состояние. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sunmag.me/psychology/vliyanie-muzyki-na-nastroenie-i-emotsionalnoe-sostoyanie.html>. – Дата доступа: 17.03.2024.
4. Интервалы в музыке: 25 основных видов интервалов на каждый день. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://samesound.ru/write/78466-music-intervals-lesson#perfect-fourth>. – Дата доступа: 17.03.2024.
5. Почему к нам «прилипают» песни и мелодии? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.psychologies.ru/articles/pochemu-k-nam-prilipayut-pesni-i-melodii/>. – Дата доступа: 17.03.2024.

Ў+++. МОВА ПРАГРАМАВАННЯ З БЕЛАРУСКАЙ ЛЕКСІКАЙ

Бурбоўскі Ягор

*Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі,
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь*

Албут А.А. – старшы выкладчык

Мэта даследавання – паказаць важнасць стварэння мовы праграмавання з беларускай лексікай, а таксама распрацаваць і прывесці прыклад такой мовы, што наглядна пакажа магчымасць яе стварэння. Закранаецца праблема вывучэння наяўных моў праграмавання. У выніку ўстаноўлена: беларускую мову праграмавання сапраўды можна стварыць, што дазволіць праграмістам пазбегнуць акрэсленых распаўсюджаных праблем.

Для вялікай колькасці людзей праграмаванне з'яўляецца чымсьці даволі складаным. І сапраўды, каб стаць праграмістам, патрэбна вывучыць асновы працы камп'ютара, сінтаксіс абранай мовы, розныя патэрны і мноства тэхналогій. Але на ўсім працягу вучобы і работы ёсць яшчэ адна вялікая складанасць: англійская мова. Яна зараз выкарыстоўваецца як аснова для стварэння любой з моў праграмавання. Аператары, функцыі і пераменныя заўсёды

пішуцца менавіта на англійскай мове, ствараючы праблемы для тых, хто нарадзіўся за межамі ЗША і Еўропы.

У кожнага праграміста бывае такая праблема, што пры выкарыстанні якой-небудзь бібліятэкі прыходзіцца доўга шукаць неабходную функцыю, перабіраючы ў галаве розныя словы. У найгоршым выпадку ў ход ідзе анлайн-перакладчык, што робіць пошук яшчэ больш доўгім і стамляльным. Яшчэ адзін распаўсюджаны «прыём» праграмавання – запісваць лацінскім алфавітам звычайныя словы сваёй мовы. А паколькі існуюць розныя правілы транслітарацыі лацінкай, то кожны запісвае словы па-рознаму, а ў выніку атрымліваецца хаос.

Відавочна, што гэтая праблема не з'яўляецца невырашальнай. Ужо даўно існуе магчымасць кампіляцыі праграмавага кода ў кадаванні UTF-8. Гэта значыць, што імёны карыстальніцкіх функцый і пераменных магчыма запісваць не англійскім алфавітам, а, напрыклад, беларускім. Але ўсё яшчэ застаюцца неперакладзенымі стандартная бібліятэка мовы і яе апэратары. У канцы 20 ст. праблему паспрабавалі вырашыць у Расіі: там распрацавалі мову «Кумір» цалкам на рускай мове. Гэтая мова стала асноўнай для вывучэння ў шэрагу навучальных устаноў, але ніякага сур'ёзнага праграмавага забеспячэння на гэтай мове не ствараецца. Яна несумяшчальна з такімі папулярнымі экасістэмамі, як C++, Java, C#. Канкурэнцыя з мовамі, пад якія напісаны мільёны бібліятэк, немагчыма.

Такім чынам, наша мэта – выкарыстоўваць беларускую мову як мову апэратараў і стандартнай бібліятэкі, а яшчэ зрабіць распрацоўку часткай папулярнай экасістэмы. Ці магчыма гэта? Адказ на гэтае пытанне быў атрыманы падчас эксперыментаў з C++. З дапамогай дырэктывы `#define` і апэратара `using` можна стварыць карту адпаведнасцей паміж англійскімі і беларускімі словамі, а затым пісаць код на беларускай мове [1]. Тэхналагічна гэта не з'яўляецца мовай праграмавання, але гэта вельмі прасты і стабільны шлях з вельмі добрым вынікам.

Была зроблена спроба распрацаваць бібліятэку, якая будзе з'яўляцца вялікай картай адпаведнасцей і якую можна падключыць да любога праекта на C++, каб пісаць па-беларуску. Стандартная бібліятэка C++ вельмі вялікая, таму ўзята абмежаванне ў выглядзе шэрага самых папулярных функцый для дэманстрацыі працаздольнасці такога падыходу.

Для пачатку былі распрацаваны адпаведнасці для самых распаўсюджаных тыпаў даных. Яны павінны быць кароткімі і зразумелымі, таму мэтазгодна звярнуцца да скарачэння слоў. Адначасова гэта вырашыла праблему склонаў: калі пакінуць канчаткі, код будзе складана чытаць. Вось што атрымалася: **цэл** = *int*; **пуст** = *void*; **сімв** = *char*; **дроб4** = *float*; **дроб8** = *double*; **доўг** = *long*; **бяззнак** = *unsigned*; **логіка** = *bool*.

Затым былі распрацаваны адпаведнасці для ключавых слоў і апэратараў з выкарыстаннем тых жа прынцыпаў: **клас** = *class*; **пералік** = *enum*; **структ** = *struct*; **прыраўн** = *typedef*; **публіч** = *public*; **прыват** = *private*; **абарон** = *protected*; **стат** = *static*; **канст** = *const*; **праўда** = *true*; **хлусня** = *false*; **выбар** = *switch*; **шлях** = *case*; **калі** = *if*; **інакш** = *else*; **злом** = *break*; **працяг** = *continue*; **пераход** = *goto*; **спроба** = *try*; **няўдача** = *catch*; **ёсць** = *throw*; **вярнуць** = *return*; **стварыць** = *new*; **выдаліць** = *delete*; **пакуль** = *while*; **для** = *for*; **аўта** = *auto*. Працэс стварэння адпаведнасцей магчыма працягнуць далей. І ў выніку любы код можна будзе цалкам напісаць на беларускай мове.

Закранутая тэма сведчыць аб тым, што мова праграмавання, якая грунтуецца на беларускай мове, з'яўляецца важнай і цалкам дасягальнай мэтай, якая можа зрабіць уваход у праграмаванне больш лёгкім і прыемным для розных катэгорый насельніцтва.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Microsoft Learn [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/cpp/preprocessor/hash-define-directive-c-cpp?view=msvc-170>. – Дата доступу: 04.02.2024.

ТРАНСЛІТАРАЦЫЯ ЗБОРНІКА НАРОДНЫХ ПЕСЕНЬ ЯНА ЧАЧОТА

Падгайскі А.А.

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі,
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь

Наўроцкая І.В. – старшы выкладчык

Падкрэсліваецца значэнне народных песень, сабраных Янам Чачотам, для беларускай нацыяльнай культуры, у тым ліку для дыялекталогіі. Прадстаўлена аўтарская праграма, якая дазваляе транслітараваць запісы Янана Чачота, зробленыя лацінкай, у кірыліцу. Апісваюцца адрозненні лацінкі, выкарыстанай у зборніку народных песень, ад традыцыйнай лацінкі, якая прапануецца канвертарамі на разнастайных беларускамоўных старонках у сеціве.

Дасканалае вывучэнне сялянскай культуры Беларусі распачалося з XIX ст. Дагэтуль ў пісьмовых крыніцах існавалі толькі агульныя звесткі аб побыце, звычаях, гаспадарчых занятках беларускіх сялян, але аднаму з асноўных элементаў культуры – фальклору – фактычна не аддавалі належнай ўвагі [1]. Беларускія народныя песні і казкі стагоддзямі жылі толькі ў вусным народным слове і захоўвалі сваю аўтэнтычнасць.

З XIX стагоддзя пад уплывам рамантызму асобныя польскія даследчыкі звярнулі ўвагу на культуру беларускіх сялян [1]. Мноства фальклорных тэкстаў падчас сваіх вандровак занатаваў Ян Баршчэўскі, але большая частка яго твораў запісана на польскай мове (да нас дайшлі толькі тры творы Баршчэўскага на беларускай мове). Да народнай творчасці звяртаўся і У.Сыракомля, аднак яго літаратурная спадчына таксама амаль цалкам польскамоўная [2]. Такім чынам, значнай часткай літаратуры XIX ст. з'яўлялася польскамоўная беларуская літаратура, у якой сродкам перадачы думак з'яўлялася польская мова, але яе ідэйным зместам былі сюжэты беларускага сялянскага фальклору.

Больш істотную беларускамоўную спадчыну пакінуў пасля сябе паэт і этнограф Ян Чачот. Я.Чачот быў філаматам, блізкім сябрам Адама Міцкевіча. Ён пачаў пісаць у 1818 г. і з самага пачатку ў аснову яго творчасці былі пакладзены фальклорныя сюжэты. Паводле У. Ігнатоўскага, “гэты чалавек шчыра любіў беларускага мужыка, і цікавіўся ўсім тым, што мела нейкую датычнасць да жыцця беларускай вёскі” [3].

Акрамя напісання ўласных твораў [4], Ян Чачот актыўна збіраў народныя песні. Каля 1000 сялянскіх песень было выдадзена ў 6-ці зборніках [2]. Паводле А.Крывіцкага, сабраныя Янам Чачотам творы фальклору ўяўляюць не толькі агульную культурную каштоўнасць, але і вельмі цікавыя для мовазнаўцаў, паколькі ў іх адлюстраваныя два тыпы беларускіх гаворак: гаворкі Падзвіння (паўночна-ўсходні дыялект) і гаворка Панямоння (паўночна-заходні дыялект) [5].

Аб'ектам нашага даследвання з'яўляецца зборнік 1846 г. «Piosnki wiesniacze znad Niemna i Dzwiny, niektore przyslowia i idiotyzmy w mowie slawiano-krewickiej, z postrzezeniami nad nia uczonymi» [6]. У ім змешчана 99 народных песень на мове сялян Панямоння і Падзвіння, якую Чачот называе “славяна-крывіцкай”. Акрамя песень, у зборніку змешчана адна песня ўласнага сачынення “Для мілых мужычкоў”, “слоўнік выразаў крывіцкіх” з тлумачэннямі да зместу песень, ідыяматызмы (адметныя “крывіцкія” словы і выразы), таксама прыведзены аўтарскія заўвагі, спіс “крывіцкіх” прыказак і прымавак. Песні класіфікаваны па каляндарных святах (вясноваыя, купальныя, калядныя, жніўныя, вясельныя, розныя). У некаторых песнях змешчаны зноскі, у якіх Чачот тлумачыць значэнне слоў ці расказвае пра нейкі абрад, апісаны ў дадзенай песні.

Зборнік Чачота уяўляе асаблівую цікавасць, бо гэта, фактычна, самы першы выданы зборнік беларускіх народных песень, і ўвогуле самы першы зборнік беларускага фальклору. Па ім можна прасачыць аўтэнтычную культуру беларускіх сялян, на якую яшчэ істотна не паўплывалі культуры іншых народаў. Аналізуючы ідэйны змест народнай творчасці, можна глыбей зразумець псіхалогію беларускага селяніна, зрабіць высновы аб гісторычным мінулым беларускага народа і яго культуры, якая ў сваёй аснове з'яўляецца сялянскай.

Акрэслім прынцып апрацоўкі тэксту для транслітарацыі лацінкі Чачота ў беларускую кірыліцу. Для гэтага была складзена праграма на мове праграмавання Python з выкарыстаннем знешняй бібліятэкі Transliterator. Праграма даступная для спампавання па спасылцы [7].

Транслітарацыя адбываецца ў 3 этапы. Першы – падрыхтоўка тэксту для транслітарацыі, калі выдаляюцца націскныя літары “ĀāĒēŌōŪūŸŹŹŹ” і замяняюцца на звычайныя літары без дыякрытычных знакаў. Далей асобныя літары ці групы з літар ў лацінцы Чачота замяняюцца на адпаведныя аналагі ў беларускай кірыліцы. На апошнім этапе дзеяслоўныя постфіксы “sie” і “sia”, якія ў арыгінальным тэксце пішуцца асобна, злучаюцца з дзеясловамі.

За галоўны этап транслітарацыі адказны клас “PolishToBelarussian”. У ім змяшчаюцца два слоўнікі: першы адказвае за замену асобных літар (напр. “ż” – “ж”, “w”-“в”) (гл. Лістынг 1), другі – за замену груп літар на асобныя літары (напр. “cz”-“ч”, “ja”-“я”), ці асобныя літары на групы літар (напрыклад, “ć”-“ць”) (гл. Лістынг 2). Наяўнасцю двух слоўнікаў тлумачыцца асаблівасць работы знешняй бібліятэкі, з дапамогай якой праводзілася транслітарацыя.

Лістынг 1:

aąbcdeęfghijklmnoóprstuúúvwyzżAĄBCĆDEĘFGHIJKLŁMNŃOÓPQRSŚTUÛVWYZŻŻ
 аабцдээфггійклмноопкрстуўўввызжААБЦДДЕЕФГГІЙКЛЛМННООПКРССТУЎВВЫЗЗЖ

Лістынг 2:

"ś" : "сь", "ń" : "нь", "ie" : "е", "ia" : "я", "iu" : "ю", "io" : "ё", "je" : "е", "ja" : "я", "ju" : "ю", "jo" : "ё",
 "Je" : "Е", "Ja" : "Я", "Ju" : "Ю", "Jo" : "Ё", "ch" : "х", "cz" : "ч", "rz" : "ж", "sz" : "ш", "Ch" : "Х", "Cz" : "Ч",
 "Rz" : "Ж", "Sz" : "Ш", "x" : "кс", "X" : "Кс", "z" : "ж", "Z" : "Ж", "le" : "ле", "la" : "ля", "lo" : "лэ", "lu" : "лю",
 "li" : "лі", "l" : "ль", "Le" : "Ле", "La" : "Ля", "Lo" : "Лё", "Lu" : "Лю", "Li" : "Лі", "le" : "лэ", "la" : "ла", "lo" : "ло",
 "lu" : "лу", "Łe" : "Лэ", "Ła" : "Ла", "Ło" : "Ло", "Łu" : "Лу", "ź" : "зь", "Ź" : "Зь" "ć" : "ць".

У табліцы 1 прывядзём параўнанне арыгінальнага і транслітараванага тэкстаў.

Табліца 1– Параўнанне арыгінальнага тэксту і транслітарацыі

Ciomnaja noczka Kupalaczka, Na more wutki kupali sia, Na bierażoczku suszyli sia. Nasza Nastulka zатуżyła sia Szto jajē dary nie pradziōnyje, Choć pradzionyje, nie Źwiwānyje; Choć Źwiwanyje, nie snōwanyje; Choć snōwanyje, nie wytykānyje; Choć wytykānyje, nie bialōnyje, Choć bialōnyje, nie dzielōnyje, Tamū siamū pa łokciku Swajmū miłamū nia miēruczy.	Цёмная ночка Купалачка, На морэ вуткі купаліся, На беражочку сушыліся. Наша Настулька затужылася, Што яе дары не прадзёные, Хоць прадзёные, не зьвіваные; Хоць зьвіваные, не снованые; Хоць снованые, не вытыканые; Хоць вытыканые, не бялёные, Хоць бялёные, не дзелёные, Таму сямю па локціку, Свайму міламу ня меручы
Oj za lesom, lesom, za białym bierzom Ani miesiac świecić, ani słońco hraje. Tam maładzieniec kōnika siedłaje; Kōnika siedłaje, ciałeńko Źzdychaje. Uziāū Karalōūnu, da nie swajū rōūniu. Pa dwarē chodzić, kluczykami dzwonić; U chatku Źwojdzie, Źsia družyna Źstanie, I szapki Źnimaje: Siać, siać Karalōūna Z nami chłopami; pij, pij Karalōūna, Piwo, wodku z nami. Czarawiczkom tupnie, Adstupī sie głupnie! Czarawiczkom braźnie, adstupī sie blaźnie!	Ой за лесом, лесом, за белым берозом Ані месяц сьвеціць, ані слонцо грае. Там маладзенец коніка седлае; Коніка седляе, цяжэнько ўздыхае Узяў Каралёўну, да не сваю роўню. Па дварэ ходзіць, ключыкамі дзвоніць; У хатку ўвойдзе, ўся дружына ўстане, І шапкі зьнімае: Сяць, сяць Каралёўна З намі хлопамі; пій, пій Каралёўна, Піво, водку з намі. Чаравічком тупне, Адступіся глупне! Чаравічком бразьне, адступіся блазьне!

Звернем увагу на асаблівасці лацінкі Я.Чачота. Па сутнасці, лацінка, якой былі запісаны народныя песні, уяўляе сабой фанетычны запіс беларускай мовы па правілах польскай арфаграфіі. Гэта можна ўбачыць па характэрных для польскай мовы літарах і злучэнняў літар: “cz” у якасці “ч”, “ch” у якасці “х”. Да таго ж дзеяслоўныя постфіксы “sie” і “sia” пішуцца асобна ад астатняй часткі слова, што характэрна і для сучаснай польскай мовы. Аднак значэнне некаторых літар у запісах песень адрозніваецца ад класічнай польскай трактоўкі і адпавядае беларускаму вымаўленню, напрыклад, літара “ř”, якая ў сучаснай польскай мове вымаўляецца

як англійскі “w”, у дадзеным зборніку вызначае непалаталізаваны “л”. Літара “ś” ужываецца ў якасці “ць”, у сучаснай польскай мове гэтая літара вызначае мяккі гук “ч”. Літара «h» азначае фрыкатыўны “г”, у сучаснай польскай мове гэтая гук “х”. Цікава, што для перадачы адметнага для беларускай мовы гука “ў” Чачот выкарыстоўваў літару “ù”, якая не прадстаўлена ў польскай лацінскай графіцы.

Разгледзім адрозненні лацінкі Я. Чачота ад класічнай лацінкі беларускай мовы. Для гэтага зробім транслітарацыю арыгінальнага тэксту з дапамогай нашай праграмы і транслітаруем атрыманы тэкст на кірыліцы ў беларускую лацінку з дапамогай канвертара лацінкі [8]. Для зручнасці параўнання размесцім у табліцы 2 лацінку, выкарыстаную Я.Чачотам, побач з лацінкай, якую мы артымалі ў выніку канвертацыі.

Табліца 2 – параўнанне арыгінальнага тэксту і транслітарацыі ў лацінку і кірыліцу

арыгінал	класічная лацінка	кірыліца
Da pajeździesz paničyku ženici sie;	Da pajeździeš paničyku ženicisia;	Да паедзеш панічыку жэніціся;
Nie staū kōnika pad kalīnoju	Nie staū konika pad kalinoju,	Не стаў коніка пад каліною,
Bo kalina dziērewo	Bo kalina dzierevo	Бо каліна дзерэво
nieszcząśliwoje.	nieščąśliwoje.	нешчасьлівое.
Wiesnoju kalinu dzieūkiē łomieć,	Viesnoju kalinu dzieūkie łomieć,	Весною каліну дзеўке ломець

Як можна ўбачыць, абедзве лацінкі падобныя перадачай галосных гукаў, але істотна адрозніваюцца ў перадачы зычных літар: першая перадае іх на польскі манер (“cz”, “sz”), другая – з выкарыстаннем дыякрытычных знакаў (“č”, “š”).

Адзначым, што Чачот запісваў сялянскі “славяна-крывіцкі” говар чыста фанетычна, таму пасля транслітарацыі некаторыя словы ў кірылічным запісе не супадаюць з унармаваным напісаннем. Аднак такая фіксацыя ўяўляе нават большую цікавасць для даследчыкаў дыялектнай фанетыкі. Так, напрыклад, можна адзначыць, што ў першай частцы зборніка пераважае дзеяслоўны постфікс “-се”, у другой – “-ся”.

Беларускі фальклор у сваёй ранняй форме грае важную ролю ў вывучэнні беларускага этнагенезу, нацыянальнай гісторыі і менталітэту. Ідэйны змест сялянскай творчасці дапамагае зразумець, чым жыў беларускі сялянін, якія ён меў пачуцці, мроі, меркаванні аб тых ці іншых аспектах рэчаіснасці. Па народных песнях можна аналізаваць і знаходзіць пэўныя архетыпы герояў ці адметных персанажаў, якія існавалі ў светаўспрыманні беларусаў некалькі стагоддзяў таму і параўноўваць іх з вобразамі іншых славянскіх народаў. Тым самым можна вылучаць адметнасці сялянскай культуры на тэрыторыі сучаснай Беларусі, якая з’яўляецца асновай для сучаснай беларускай нацыянальнай культуры.

Усё пералічанае вышэй стымулюе папулярываваць народную беларускую творчасць. Напрыклад, на народныя песні, з якіх нам вядомы толькі тэкст, можна накласці музыку. Транслітарацыя першых пісьмовых запісаў беларускага фальклору садзейнічае гэтаму, бо значна палягчае ўспрыманне твораў і робіць іх больш прыгоднымі для шырокага выдання і выкарыстання. Прыведзены ў дадзенай рабоце праграмы сродак транслітарацыі [7] дазваляе аўтаматызаваць і значна паскорыць гэты працэс.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Аўсейчык, У. Я. Гісторыя вывучэння народнай культуры беларускага падзвіння / Аўсейчык, У.Я. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия А. Гуманитарные науки. – 2019. – № 1. – с. 43-54
2. Штэйнер, І. Ф. Гісторыя беларускай літаратуры XIX стагоддзя : вучэбны дапаможнік / І. Ф. Штэйнер, А. В. Брадзіхіна ; М-ва адукацыі Рэспублікі Беларусь, Гомельскі дзярж. ун-т імя Ф. Скарыны. – Гомель : ГДУ імя Ф. Скарыны, 2021. – С. 129, 137
3. Вікікрыніцы: Кароткі нарыс нацыянальна-культурнага адраджэння Беларусі. [Электронны рэсурс] – Рэжым доступу: https://be.wikisource.org/w/index.php?title=Кароткі_нарыс_нацыянальна-культурнага_адраджэння_Беларусі&oldid=181904. – Дата доступу: 30.04.2024
4. Чачот Я. Наваградскі замак: Творы. [Электронны рэсурс] – Рэжым доступу: https://knihi.com/Jan_Cacot/Navahradski_zamak.html – Дата доступу: 30.04.2024

5. Крывіцкі А. А. Ян Чачот, першыя нататкі пра беларускія гаворкі // Дыялекталогія беларускай мовы / А. А. Крывіцкі. – Мн.: Выш. шк., 2003. – С. 50–52. – 294 с.
6. Вікікрынцы: Piosnki wieśniacze (1837–1846) [Электронны рэсурс] :- Рэжым доступу: [https://be.wikisource.org/wiki/Piosnki_wieśniacze_\(1837-1846\)/6](https://be.wikisource.org/wiki/Piosnki_wieśniacze_(1837-1846)/6). – Дата доступу: 30.03.2024
7. Github.com: czaczot-transliterator [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://github.com/artemious3/czaczot-transliterator>. – Дата доступу: 11.04.2024
8. Slounik.org: Канвертар лацінкі. [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://slounik.org/lat>. – Дата доступу: 30.04.2024.

РОЛЯ ЛІЧБАВЫХ ТЭХНАЛОГІЙ У РАЗВІЦЦІ БЕЛАРУСКАЙ МОВЫ

Шылкоўскі У. А., Марзэў В. К.

Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь

Пятрова Н. Я. – к.філал.н., дацэнт

У рабоце разглядаецца ўплыў лічбавых тэхналогій на развіццё беларускай мовы. Вызначаецца, што такое лічбавыя тэхналогіі, лічбавыя адукацыйныя рэсурсы і корпусная лінгвістыка. Звяртаецца ўвага на спосабы захавання літаратурнай спадчыны праз інтэрнэт-прасторы. Робяцца высновы аб вартасцях інтэрнэт-сервісаў у сучасным жыцці.

У апошнія дзесяцігоддзі адбыўся значны прагрэс у галіне інфармацыйных тэхналогій, які прывёў да пашыранага пераходу ад аналагавых тэхналогій да лічбавых. Гэты працэс, вядомы як "лічбавая рэвалюцыя", пачаўся ў 1980-х гг. і працягваецца да сённяшняга дня. У выніку гэтага пераходу вылічальная тэхніка стала даступнай для шырокай аўдыторыі, што прывяло да яе актыўнага выкарыстання ва ўсіх сферах жыцця, уключаючы гуманітарныя навукі.

Родная мова адыгрывае вялікую ролю ў фарміраванні асобы і нацыянальнай ідэнтычнасці кожнага чалавека. Беларуская мова, нягледзячы на ўсе цяжкасці, перажытыя беларускай нацыяй, захавалася і працягвае развівацца. У гэтым вялікая заслуга нашых продкаў, якія бераглі і перадавалі мову з пакалення ў пакаленне. Сучаснае равіццё беларускай мовы ў многім адбываецца дзякуючы лічбавым тэхналогіям. Інтэрнэт адкрывае вялікія магчымасці для вывучэння і папулярнага беларускай мовы. Ствараюцца анлайн-курсы і мабільныя дадаткі, якія дазваляюць вывучаць беларускую мову ў зручны для карыстальніка час. Працуюць беларускамоўныя сайты, дзе можна знайсці кнігі, артыкулы, відэа і падкасты. У сацыяльных сетках ёсць суполкі, якія аб'ядноўваюць людзей, што размаўляюць на беларускай мове.

Спачатку вызначым, што такое лічбавыя тэхналогіі і як яны звязаны з развіццём мовы. Лічбавыя тэхналогіі – гэта тэхналогіі, якія дазваляюць ствараць, захоўваць, апрацоўваць і распаўсюджваць дадзеныя ў электронным выглядзе з выкарыстаннем камп'ютара і камп'ютарных сетак [1]. Несумненнай вартасцю такіх рэсурсаў з'яўляецца тое, што захаванне інфармацыі ў лічбавых сістэмах прасцейшае, чым у аналагавых. Перашкодаўстойлівасць лічбавых сістэм дазваляе захоўваць і здабываць дадзеныя без страт і пашкоджання. У аналагавай сістэме стварэнне і знос можа пагоршыць запісаную інфармацыю. У лічбавай жа, да таго часу, пакуль агульныя перашкоды не перавышаюць пэўнага ўзроўню, інфармацыя можа быць адноўлена цалкам дакладна.

Да асноўных тыпаў лічбавых тэхналогій, прыдатных для гуманітарнай сферы, звычайна адносяць разнастайныя мабільныя дадаткі, адукацыйныя інтэрнэт-платформы (напрыклад, Moodle), электронныя слоўнікі ці перакладчыкі. Таксама назавем наступныя рэсурсы: 1) «разумныя памочнікі» (Siri ад Apple, Echo ад Amazon і інш.); 2) саманавучальныя сістэмы высокаінтэлектуальнага профілю (Wolfram Alpha ад Wolfram Research і інш.); 3) гульнявыя саманавучальныя штучнаінтэлектуальныя сістэмы (GoogleAlphaGo і інш.); 4) адукацыйныя штучнаінтэлектуальныя сістэмы (AIED і інш.); анлайн-курсы (Coursera, UdaCity і інш.); сродкі дыстанцыйнай ацэнкі (Duolingo, ProctoredU і інш.); інфармацыйныя памочнікі (AutoTutor і інш.); MIAK – мультымедычныя інтэрактыўныя адукацыйныя курсы (TeachPro і інш.) [2, с. 382]. Усе гэтыя тэхналогіі падыходзяць як да вывучэння замежных моў, так і роднай мовы, напрыклад, рускай ці беларускай. Аднак роля лічбавых інфармацыйных тэхналогій у вывучэнні і папулярнага беларускай мовы можа быць як станоўчай, так і адмоўнай.

Звернем увагу на такі факт, што прысутнасць той ці іншай нацыянальнай мовы ў інтэрнэт-прасторы сёння становіцца галоўным фактарам яе захавання ў эпоху глабалізацыі і міжнароднай інтэграцыі. У даследаванні венгерскага лінгвіста Андраша Карная «Лічбавая смерць моў», апублікаваным некалькі гадоў таму, сказана пра тое, што толькі чатыры працэнты з усіх вядомых жывых моў у свеце прадстаўлены ў інтэрнэце. Гэтыя мовы ён дзеліць на тры групы: вельмі шырока прадстаўленыя, дастаткова шырока прадстаўленыя і вельмі мала прадстаўленыя. Беларуская мова, паводле Карная, адносіцца да другой групы. Гэта значыць, што беларускамоўнага кантэнту ў сетцы інтэрнэт шмат і ён інтэнсіўна папаўняецца. Бо інтэрнэт-прастора – гэта не толькі афіцыйныя парталы, але і блогі, сацыяльныя сеткі. Гэта добра, што беларускамоўныя матэрыялы разнапланавыя, і мова сацыяльных сетак жывая і запатрабаваная. Але кантэнт павінен папаўняцца не толькі стыхійна, але і мэтанакіравана, каб гэта былі змястоўныя, інфарматыўныя тэксты і матэрыялы [3].

Яшчэ адзін з крытэрыяў Карная – узровень прадстаўленасці ў інтэрнэт-прасторы і наяўнасць «Вікіпедыі» на нацыянальнай мове [4]. У апошнім наша мова ледзь не наперадзе ўсіх: мы маем два варыянты «Вікіпедыі», у афіцыйным правапісе і на «тарашкевіцы». Беларуская Вікіпедыя па колькасці артыкулаў увайшла ў дзясятку найбуйнейшых сярод славянскіх Вікіпедыяў [5]. Ёсць вялікі віртуальны кнігазбор «Беларуская палічка» (knihi.com), самы вялікі збор беларускамоўнай літаратуры ў інтэрнэце. Праект заснаваны ў 1996 годзе, і, здаецца, з таго часу яго дызайн не надта змяніўся, што, аднак, не перашкаджае яму быць крутой бібліятэкай, дзе можна знайсці ўсё: ад класікі да сучаснасці, а таксама перакладаў замежнай літаратуры на беларускую мову. Гэты рэсурс таксама адыгрывае вельмі важную ролю як у вывучэнні беларускай мовы, так і ў прадстаўленні нашай кріны і мовы ў свеце.

Беларуская мова шырока прадстаўлена і ў сацыяльных сетках. З аднаго боку, для развіцця мовы гэта добра, бо з'яўляюцца новыя словы, новы інтэрнэт-слэнг, уласцівы найперш моладзі, з іншага боку, лічбавыя тэхналогіі адмоўна ўплываюць на развіццё мовы, нярэдка напісанне наўмысна скажаецца, разбураюцца нормы правапісу і маўлення. Тым не менш, адмовіцца ад новых тэхналогій пры выкарыстанні і вывучэнні беларускай мовы нельга, паколькі інтэрнэт і камп'ютар даюць вялікія магчымасці ў любой навуковай галіне, у тым ліку і ў лінгвістыцы. Напрыклад, перакладчыкі і мовазнаўцы выкарыстоўваюць анлайн-пляцоўкі для перакладу велізарных тэкстаў з адной мовы на іншыя. Але ў такіх інструментаў ёсць мінус: яны перадаюць толькі інфармацыю, аднак не багацце мовы. Часам асабныя шматзначныя словы перакладаюцца няправільна, а таксама не ўлічваюцца граматычныя нормы. Што датычыцца беларускай мовы, анлайн-перакладчыкі робяць машынны тэкст, які паўтарае рускі сінтаксіс. Таму такія тэксты не могуць абысціся без апрацоўкі філолага. Карыстаючыся такімі рэсурсамі, трэба валодаць навыкамі рэдагавання камп'ютарных перакладаў [6, с. 124].

Важную ролю ў развіцці і папулярнасці беларускай мовы мае прэстыжнасць яе сярод маладога пакалення. Нам здаецца, што моладзь значна больш стала цікавіцца роднай мовай, у тым ліку і дзякуючы віртуальнай прасторы, дзе па-беларуску можна свабодна камунікаваць і знаходзіць патрэбную інфармацыю, што ў сваю чаргу ўплывае на пашырэнне мовы ў жывых зносінах. Асобна варта адзначыць установы адукацыі, дзе часцей за ўсё дзеці і моладзь сутыкаюцца з мовай. У сучасных дзіцячых садках і школах для навучання ўсё часцей выкарыстоўваюцца лічбавыя тэхналогіі, такія як камп'ютары і мультымедыя. Яны патрэбныя для тлумачэння новага матэрыялу, камбінаванай будовы, паўтарэння, кантрольных работ і інш.

Лічбавыя адукацыйныя рэсурсы – гэта камп'ютарныя сродкі навучання, што ўяўляюць сабою віртуальную нагляднасць, гук у лічбавай форме, якія неабходны для арганізацыі адукацыйнага працэсу.

Вызначым наступныя віды лічбавых адукацыйных рэсурсаў:

- сімвальныя (разнастайныя знакі, сімвалы, тэксты, графікі, QR-кады);
- вобразныя аб'екты (фотаздымкі і малюнкi);
- аўдыёінфармацыя (аўдыёзапісы, музыка, песні);
- відэааб'екты (разнастайныя анімацыі, відэасюжэты, фільмы);
- аб'екты “віртуальнай рэальнасці” (праграмаваныя трэнажоры, інтэрактыўныя мадэлі, канструктары) [7].

Усе пералічаныя электронныя адукацыйныя рэсурсы асобна ці камбінавана дазваляюць спалучаць віртуальны і рэальны кампаненты навучання, перадаваць веды і непасрэдна, і апасродкавана. Усе іх можна выкарыстаць у вывучэнні беларускай мовы.

Развіццё лічбавых тэхналогій забяспечвае ўсё большыя магчымасці для дыстанцыйнага навучання, робячы адукацыю даступнай у любы час. Найбольш вядомыя і прыдатныя авалодання беларускай мовай ці павышэння культуры беларускага маўлення такія электронныя курсы, як «Моваведа», «Мова Нанова», «uTalk».

У віртуальнай прасторы моладзь цікавіцца не толькі адукацыйнымі праектамі. Вось, напрыклад, на партале say.by можна знайсці ўстановы і арганізацыі, дзе з вамі будуць размаўляць па-беларуску. Аўтары гэтага сайта вырашылі паставіць высокія тэхналогіі на службу развіцця менавіта не віртуальнай, а жывой беларускай мовы ў непасрэднай міжасабовай камунікацыі. Ідэя праекта «Мова побач»т – пазначыць на карце краіны месцы, куды можна прыйсці і размаўляць па-беларуску і без праблем атрымаць абслугоўванне на беларускай мове. Сайт карыстаецца папулярнасцю: мяркуючы па каментарыях, зацікаўленыя людзі наведваюць указаныя на ім месцы, пакідаюць пасля свае меркаванні. Таксама існуе мабільны дадатак. Спампаваўшы яго на смартфон, карыстальнік хутка можа знайсці беларускамоўны аб'ект паблізу ад свайго месцазнаходжання. Таксама ў дадатку ёсць прафесійна агучаныя беларускамоўныя размоўнікі, якія дапамогуць не памыліцца ў падборы слоў і вымаўленні карыстальніку [8]. Заўважым, што гэты цікавы і карысны праект падрыхтаваны пры дапамозе Інстытута мовазнаўства Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі.

Мы лічым, што развіццё лічбавых тэхналогій шырока закранула ўсё сферы чалавечага жыцця. Гэта дало моцную падтрымку для навуковай дзейнасці даследчыкаў і навукоўцаў, у тым ліку і ў галіне беларускага мовазнаўства і літаратуразнаўства, найперш у корпуснай лінгвістыцы.

Корпусная лінгвістыка – раздзел камп'ютарнай лінгвістыкі, які займаецца распрацоўкай агульных прынцыпаў пабудовы і выкарыстання лінгвістычных корпусаў (корпусаў тэкстаў) з ужываннем камп'ютарных тэхналогій. Пад назвай лінгвістычны, ці моўны, корпус тэкстаў разумеецца вялікі, прадстаўлены ў электронным выглядзе, уніфікаваны, структураваны, размечаны, філалагічна кампетэнтны масіў моўных дадзеных, які выкарыстоўваецца для рашэння канкрэтных лінгвістычных задач. У паняцце «корпус тэкстаў» таксама ўваходзіць сістэма кіравання тэкставымі і лінгвістычнымі дадзенымі, якую называюць корпусным менеджарам (ці корпус-менеджарам) (англ. *corpus manager*). Гэта спецыялізаваная пошукавая сістэма, у склад якой уваходзяць праграмныя сродкі для пошуку дадзеных у корпусе, атрымання статыстычнай інфармацыі і вынікаў для карыстальніка ў зручнай форме [9]. Адзін з такіх праектаў – Беларускі N-корпус, які ўключае не толькі корпус тэкстаў, але і анлайн-праверку правапісу тэксту, біблічны корпус, электронны слоўнік Насовіча і многае іншае. Модуль праверкі арфаграфіі, распрацаваны групай N-корпуса, таксама ўключаны ў склад Microsoft Office 2016 і LibreOffice (пачынаючы з версіі 7.1.6) [10]. З 10 ліпеня 2023 года пры падтрымцы Лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення АІПІ НАН Беларусі быў запушчаны фанетычны канвертар і сінтэзатар маўлення. Гэта значныя падзеі ў развіцці беларускага мовазнаўства і беларускай мовы наогул.

Такім чынам, лічбавыя тэхналогіі ў развіцці беларускай мовы маюць у большай ступені вельмі значнае і станоўчае ўздзеянне: яны дапамагаюць у яе вывучэнні, садзейнічаюць развіццю, даюць прастору для камунікацыі зацікаўленых і адкрываюць вялікія магчымасці у творчай дзейнасці для тых, хто цікавіцца беларускай мовай ці размаўляе на ёй. Таксама лічбавыя тэхналогіі дапамагаюць не толькі вырашаць задачы засваення моўных з'яў, навучання прадукцыйнаму маўленню на беларускай мове, але перш за ўсё садзейнічаюць авалоданню багаццем нацыянальнай культуры, развіццю патрыятызму, станаўленню маральных асобасных якасцей, фарміраванню эстэтычнай культуры і т. п., а таксама развіццю памяці, мыслення, увагі і іншых псіхічных працэсаў людзей рознага ўзросту, прафесіі незалежна ад іх тэрытарыяльнай прыналежнасці.

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Егорова, М. А. Цифровые технологии (в праве) // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал [Электронный ресурс] / М. А. Егорова. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/tsifrovye-tehnologii-v-prave-a80897?v=7820004>. – Дата доступа: 26.11.2023.
2. Петрова, Н. Е. Использование интеллектуальных технологий в обучении русскому языку как иностранному в вузе / Н. Е. Петрова // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2023): сб. статей IV Международной научно-практической

- конференции, Москва, 16 – 17 ноября 2023 г. / Под ред. В.В. Рубцова, М.Г. Сороковой, Н.П. Радчиковой. – Москва: ФГБОУ ВО МГППУ, 2023. – С. 381–389.
3. Белорусский язык жив... в интернете [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hvali.by/beloruskiy-yazyik-zhiv-v-internete/?ysclid=lpfv5bazfj934601497>. – Дата доступа: 26.11.2023.
 4. Белорусский язык жив... в интернете [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hvali.by/beloruskiy-yazyik-zhiv-v-internete/?ysclid=lpfv5bazfj934601497>. – Дата доступа: 26.11.2023.
 5. List of Wikipedias [Электронный ресурс] // Вікіпедыя. – Режим доступа: https://meta.wikimedia.org/wiki/List_of_Wikipedias. – Дата доступа: 27.11.2023.
 6. Албут, А. А. Беларуская мова (прафесійная лексіка): вучэб.-метад. дапаможнік. У 3 ч. Ч. 1 : Агульная звестка пра мову / А. А. Албут, Н. Я. Пятрова. – Мінск : БДУІР, 2023. – 138 с.
 7. Жуковіч, М. В. Лічбавыя адукацыйныя рэсурсы і інфармацыйна-камунікатыўныя тэхналогіі ў працэсе выкладання беларускай мовы і літаратуры ў 5-11 класах агульнай сярэдняй школы [Электронный ресурс] / М. В. Жуковіч. – Режим доступа: <https://present5.com/lichbavyya-adukacyjnyya-resursy-i-infarmacyjna-kamunikatyўnyya-texnologii-ў-pracese/?ysclid=lpb3g3gnqz807854873>. – Дата доступа: 27.11.2023.
 8. Мова анлайн. Ці дапамагаюць нам новыя інфармацыйныя тэхналогіі гаварыць і пісаць па-беларуску? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zviazda.by/be/news/20200218/1582042480-mova-anlayn-ci-dapamagaуuc-nam-novyya-infarmacyunyya-tehnologii-gavarуc-i>. – Дата доступа: 26.11.2023.
 9. Корпусная лінгвістыка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/12_113167_korpusnaya-lingvistika.html?ysclid=lpin6jm3le698356696. – Дата доступа: 28.11.2023.
 10. Проверка беларускай арфаграфіі даступная і ў новых версіях MS Office [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nastaunik.info/node/13991>. – Дата доступа: 28.11.2023.

СИГНАТУРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ И ЭНТРОПИЙНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ ПРОГРАММ

Блинов В.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
Минск, Республика Беларусь*

Савенко А.Г. – м.т.н., старший
преподаватель кафедры ИСиТ

Аннотация. В работе представлено разработанное программное средство сигнатурного сканирования и энтропийного анализа исполняемых файлов программ. Энтропийный анализ выполняется по формуле Клода Шеннона. Разработанное программное средство позволяет наглядно визуализировать результаты своей работы, а также содержит встроенный редактор баз правил, позволяющий как использовать готовые существующие правила, так и создавать и редактировать собственные правила выполнения энтропийного анализа.

Ключевые слова: сигнатурное сканирование, энтропийный анализ, исполняемый файл, вредоносные программы, кибербезопасность.

Необходимость идентификации объектов возникает при решении многих прикладных задач, в частности, задачи выявления вредоносного программного обеспечения (ПО). Получить нужный результат можно сравнивая структуру файла с известными подозрительными программами. В ряде задач, возникающих при использовании современных информационных технологий, требуется сравнение файлов или их частей. К таким задачам относятся, например, классификация, обнаружение незаконного использования данных, поиск дублирующихся участков программного кода. Также получение информации о компиляторе

(которым было скопировано исследуемое программное обеспечение), упаковке, системе лицензирования (протекторе). К одной из важных практических задач, для решения которой может проводиться сравнение файлов, относится автоматическое обнаружение вредоносного ПО и получение дополнительной информации о ПО для дальнейшего анализа. Современной компьютерной вирусологии известно множество вредоносных программ, каждая из которых представляет собой незначительную модификацию одного и того же исполняемого кода. Это значительно усложняет работу антивирусных программ, основанных на сигнатурном анализе: фактически необходимо проанализировать каждую из модификаций.

Классификации вредоносных программ на семейства, каждое из которых содержит похожие файлы, представляющие собой модификации одного и того же кода, значительно облегчают борьбу с вирусами, так как позволяет для установления факта принадлежности программы какому-либо семейству проводить анализ, используя только один или небольшое число представителей этого семейства. Такая идентификация может быть выполнена на основе автоматического сравнения файлов и обнаружения среди них похожих [1].

Для решения задачи сигнатурного сканирования и энтропийного анализа исполняемых файлов программ было спроектировано и разработано программное средство «dSign».

К основным функционалом разработанного программного является:

- сигнатурное сканирование файла;
- расчет энтропии файла;
- построение гистограммы эмпирической плотности распределения;
- просмотр совпадающих правил;
- редактирование содержимого базы правил;
- просмотр содержимого базы правил;
- просмотр лога (окна вывода);
- проверка программы и базы правил на наличие обновлений.

Сигнатура представляет собой уникальную для каждого ПО последовательность байт, которая однозначно идентифицирует определенную программу. Сигнатура сама по себе не несёт никакого смысла и может вызвать недоумение, встретившись в коде программы без соответствующего контекста или комментария, при этом попытка изменить его на другое, даже близкое по значению, может привести к абсолютно непредсказуемым последствиям. В UNIX-подобных операционных системах тип файла обычно определяется по сигнатуре файла, вне зависимости от расширения его названия.

Разработанное программное средство «dSign» имеет возможность расчёта энтропии файла по формуле Клода Шеннона и вывод данных, которые использовались при расчете в таблицу. Любой компьютерный файл, как известно, состоит из байтов. Байт может принимать значения от 0 до 255. Информационная энтропия – это статистический параметр, который показывает вероятность встречаемости определённых байтов в файле [2].

Формула Клода Шеннона для расчета энтропии исполняемого файла выглядит следующим образом:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \times \log_2 p_i$$

где p_i – вероятность наступления i -го исхода.

Энтропия бывает:
термодинамическая;
алгоритмическая;
информационная;
дифференциальная;
топологическая [3].

Построение гистограммы эмпирической плотности распределения является одним из этапов энтропийного анализа. Гистограмма эмпирической плотности распределения строится следующим образом. По оси X (оси абсцисс) будут показаны значения байта (0 - 255), по оси Y (оси ординат) будет показана его частота по отношению к загруженному исполняемому файлу. Примеры гистограммы эмпирической плотности распределения представлены на рисунках 1 и 2.

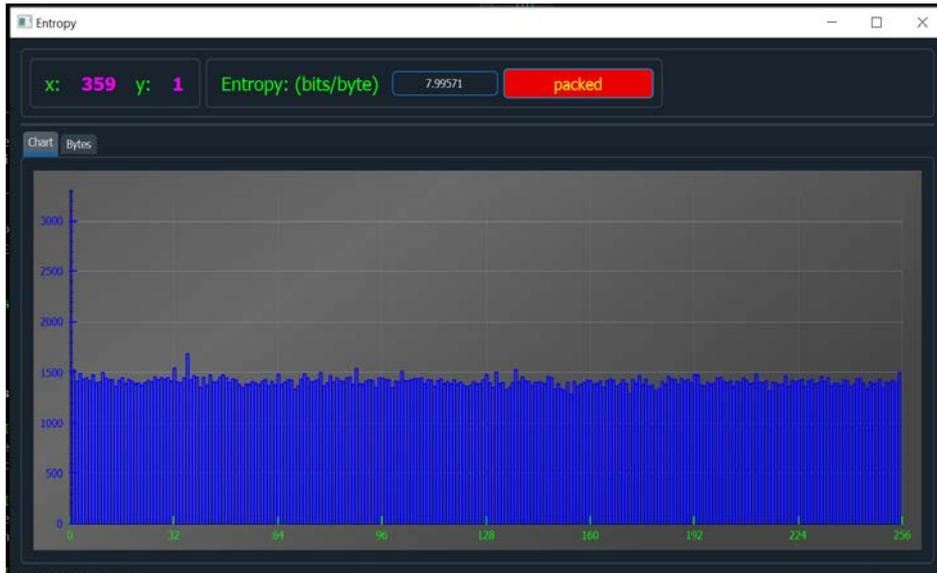


Рисунок 1 – Гистограмма эмпирической плотности распределения для упакованного файла

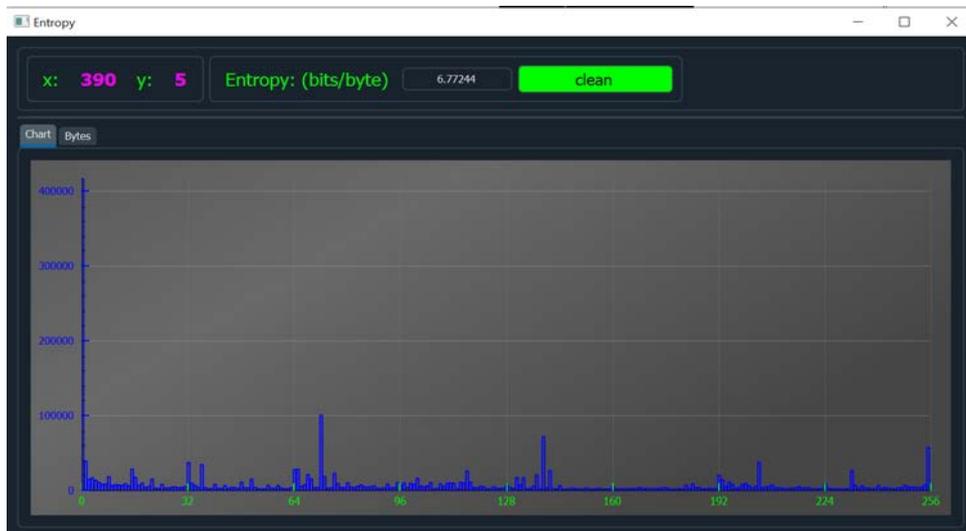


Рисунок 2 – Гистограмма эмпирической плотности распределения для не упакованного файла

Пример отображения рассчитанной энтропии и данных, используемых при её расчёте представлен на рисунке 3.

Редактор базы правил для энтропийного анализа поддерживает синтаксис популярного инструмента с открытым кодом YARA. Каждое новое правило в YARA начинается в ключевого слова «rule» и затем следует идентификатор правила. Идентификаторы правил должны соответствовать тем же лексическим конвенциям, как в языке программирования C, они могут содержать любой символ английского алфавита и символ подчеркивания «_», но первый символ не может быть цифрой. Идентификаторы правил устойчивы к регистру и не могут превышать длину в 128 символов.

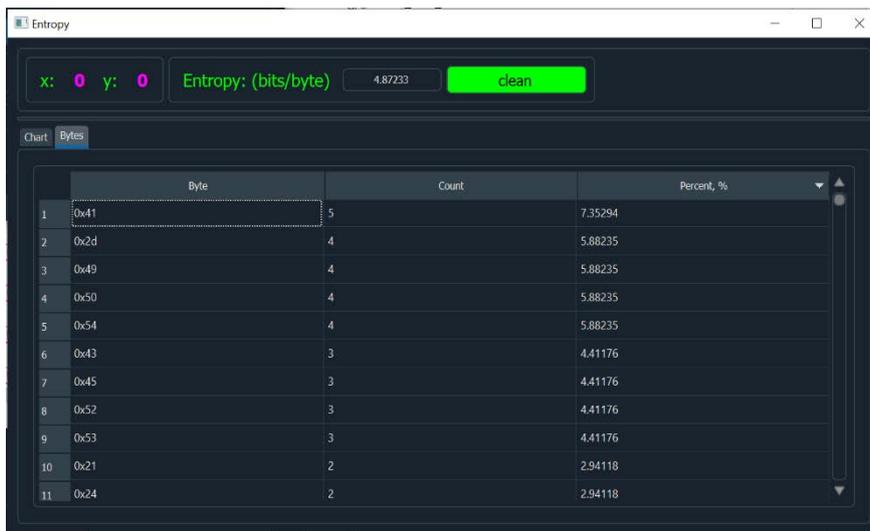


Рисунок 3 – Просмотр рассчитанной энтропии и данных использующихся при её расчете

Правила обычно состоят из двух секций: определение строк (сигнатур) «strings» и условия «condition». Секция с определением строк может отсутствовать, если правило не зависит от какой-либо строки, но секция условий требуется всегда. Секция определения строк – это место, где определяются строки(сигнатуры), от которых зависит правило и являются его частью. Каждая строка имеет идентификатор включающий в себя символ «\$» за которым следует последовательность из букв английского алфавита и символа подчеркивания «_», данные идентификаторы могут быть использованы в секции условия «condition» для ссылки на соответствующую строку. Строки могут быть определены в текстовой или шестнадцатеричной форме.

Текстовые строки берутся в двойные кавычки, как в языке программирования C. Шестнадцатеричные строки берутся в фигурные скобки, они состоят из последовательности шестнадцатеричных чисел, которые могут появляться последовательно или разделяться пробелами. Десятичные цифры не допускаются в шестнадцатеричных строках.

Секция условий «condition», которая содержит логику правила. Секция условий «condition» должна хранить логическое выражение, указывающее, при каких обстоятельствах файл или процесс удовлетворяет правилу. Обычно условие ссылается на идентификаторы строк, ранее определенных в секции «strings», в таком случае строковый идентификатор действует как логическая переменная, которая принимает значение true, если строка была найдена в памяти файла или процесса и false, если это не так [4].

В качестве тестового примера использовался сканнер и загруженный в него файл (в данном случае EICAR файл). Правило, определяющее EICAR файл, представлено на рисунке 4:

```

rule eicar_av_test {
  strings:
    $eicar_regex = /^X5O!P%@AP[4\|PZX54(P^\|)7CC)7}\|SEICAR-
STANDARD-ANTIVIRUS-TEST-FILE!\$H\+H\*\$s*$/
  condition:
    all of them
}

rule eicar_substring_test {
  meta:
    description = "Standard AV test, checking for an EICAR substring"

  strings:
    $eicar_substring = "$EICAR-STANDARD-ANTIVIRUS-TEST-FILE!"

  condition:
    all of them
}

```

Рисунок 4 – Правило для определения EICAR файла

Пример редактирования правила в синтаксисе YARA представлен на рисунке 5.

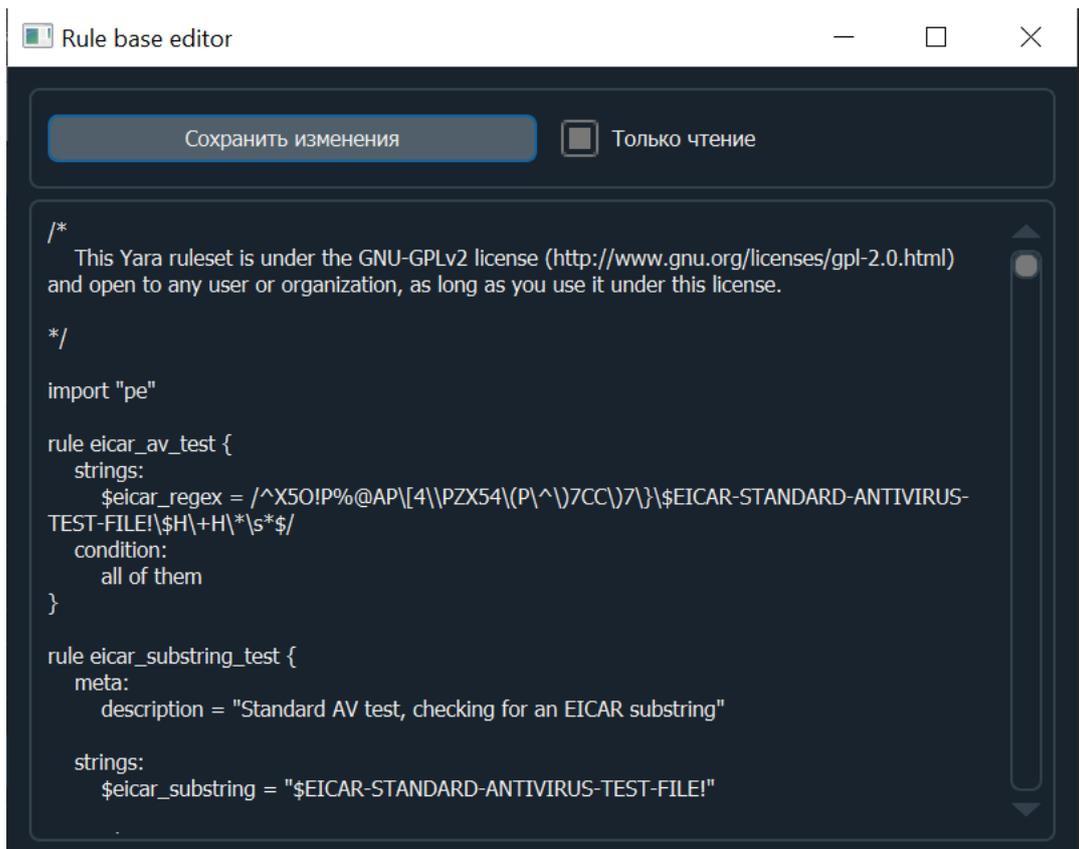


Рисунок 5 – Просмотр содержимого базы правил и возможность редактирования

Сигнатурное и энтропийное сканирование исполняемого файла выполняется параллельно в разных потоках.

При разработки программного средства «dSign» для анализа исполняемых файлов использовался язык программирования C++ с использованием Qt framework. Для работы с правилами dSign использует возможности YARA framework. Построение гистограммы осуществляется с помощью вспомогательного виджета QCustomPlot.

Основное преимущество разработанного программного средства заключается в том, что программа по сравнению с аналогами проста в использовании, имеет возможность редактирования базы правил прямо из программы, имеет современный и удобный интерфейс, визуализирует построение гистограммы эмпирической плотности распределения.

Список использованных источников:

1. Идентификация типа файла на основе структурного анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/v/identifikatsiya-tipa-fayla-na-osnove-strukturnogo-analiza>
2. Что такое энтропия файла. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://soltau.ru/index.php/themes/kompyutery-i-programmy/item/467-cto-takoe-entropiya-fajla>.
3. Введение в понятие энтропии и ее многоликость. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/post/305794/>.
4. Writing YARA rules. [Electronic resource]. – Mode of access : <https://yara.readthedocs.io/en/stable/writingrules.html>.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПАТТЕРНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ MAGENTO 2

Грищенко Э.А., Потоцкий Д.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
Минск, Республика Беларусь

Потоцкий Д.С. – ассистент кафедры ИСиТ

Аннотация. В данной статье описывается использование основных паттернов проектирования при создании программного модуля составления отчетности коммерческой деятельности для платформы Magento 2. В работе также рассматривается модульная архитектура, файловая структура модуля, а также паттерн проектирования – внедрение зависимостей. Статья содержит примеры конфигурации для демонстрации функциональных возможностей менеджера объектов Magento 2.

Ключевые слова: Magento, программный модуль, электронная коммерция, паттерны проектирования, объектно-ориентированное программирование.

Введение

Паттерны проектирования являются проверенными стандартами в области разработки программного обеспечения. Они помогают улучшить структуру кода, делая его более читаемым и понятным для разработчиков. В сфере электронной коммерции соблюдение паттернов проектирования особенно важно, так как интернет-магазины часто имеют сложные структуры и требуют высокой производительности и безопасности.

Соблюдение методологии паттернов проектирования позволяет сократить время разработки и снизить затраты на поддержку системы в будущем. Кроме того, использование паттернов уменьшает риск возникновения проблем и повышает качество программного обеспечения.

Паттерн проектирования – это решение для часто встречающейся в разработке программного обеспечения проблемы, которое может быть использовано повторно для улучшения качества и эффективности программ. Паттерны проектирования помогают разработчикам создавать гибкие, структурированные и легко изменяемые системы, а также сокращают время разработки за счет повторного использования решений.

История паттернов проектирования началась в 70-х годах прошлого века с публикации книги Кристофера Александера «A Pattern Language», в которой были представлены понятия паттернов в архитектуре. Затем в 1994 году Эрих Гамма, Ричард Хелм, Ральф Джонсон и Джон Влассидес издали книгу «Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software», в которой описали 23 паттерна проектирования для объектно-ориентированных систем.

Основная часть. Программный модуль составления отчетности коммерческой деятельности разработан исключительно под платформу электронной коммерции Magento 2, в связи с этим кодовая база программных модулей должна полноценно соблюдать требования и рекомендации платформы. Magento 2 в своей основе кастомизации имеет модульную архитектуру.

Модуль – это логическая группа, то есть каталог, содержащий блоки, контроллеры, помощники и модели, связанные с определенной бизнес-функцией. В соответствии со стремлением Magento к оптимальной модульности модуль инкапсулирует одну функцию и имеет минимальные зависимости от других модулей.

Модули предоставляют бизнес-функции с вспомогательной логикой. Они имеют свой жизненный цикл, который позволяет их устанавливать, удалять и отключать. С точки зрения как пользователей, так и разработчиков расширений, модули являются центральной единицей организации архитектуры Magento 2. Каждый модуль образует логическую группу, состоящую из блоков, хелперов, контроллеров и моделей (PHP и XML файлов). Каждая такая группа является независимой. Таким образом, модульный подход приводит к тому, что

каждый модуль обладает своими уникальными свойствами и особенностями и минимально зависит от других модулей, а его отключение не влияет на работу других модулей.

Платформа Magento 2 предоставляет набор базовой логики: код PHP, библиотеки, ключевые классы, интерфейсы и методы, которые наследуются модулями и другими компонентами.

Для понимания общей архитектуры на рисунке 1 приведена структура файлов модуля и далее опишем назначение основных директорий.



Рисунок 1 – Файловая структура модуля для платформы Magento 2

Файловая структура модуля для платформы Magento 2 обладает высокой степенью организации и стандартизации. Эта структура не только обеспечивает четкое разделение функциональных компонентов, но и создает удобные точки взаимодействия между ними, что существенно упрощает процесс разработки, поддержки и масштабирования приложений.

Файл `registration.php` играет ключевую роль в процессе регистрации модуля в системе Magento 2, обеспечивая его корректную интеграцию и функционирование.

В папке `etc` находятся различные файлы конфигурации модуля в формате XML. Эти файлы определяют важные аспекты модуля, такие как внедрение зависимостей, пути для контроллеров и многое другое.

Папка `Api` содержит интерфейсы моделей и интерфейсы моделей данных, обеспечивая разработчикам безопасное и удобное взаимодействие с методами и свойствами моделей.

`Blocks` – это хранилище вью-моделей, которые служат прослойкой между данными и представлением в архитектурном паттерне MVVM. Они играют важную роль в разделении логики и представления.

`Controller` отвечает за обработку веб-запросов. Структура URL-запроса определяется стандартно и состоит из нескольких сегментов, включая `frontName` из файла `etc/routes.xml`, путь к файлу контроллера и его класс.

`Cron` содержит скрипты для планировщика задач, такие как проверка брошенных корзин и рассылка уведомлений.

`Helper` служит для хранения классов-помощников, хотя их использование рекомендуется минимизировать в силу их анти-паттерна.

Директория `i18n` содержит файлы перевода в формате `.CSV` для различных локалей.

`Model` – это пространство хранения моделей, отвечающих за работу с данными и бизнес-логику.

`Observer` предназначен для хранения событий, позволяющих изменять поведение кода до, во время и после его выполнения.

Наконец, `Plugin` используется для изменения поведения публичных методов, обеспечивая безопасное взаимодействие с архитектурой Magento 2.

В папке `view` хранятся все статические файлы модуля, включая JavaScript, CSS, HTML и изображения. Эти файлы определяют внешний вид и поведение модуля в пользовательском интерфейсе.

Также в рамках статьи хотелось бы подробно рассмотреть основной паттерн проектирования в процессе создания программных модулей для платформы Magento 2, а именно - Dependency Injection (Внедрение зависимостей).

Создание объектов является одной из самых сложных операций в рамках объектно-ориентированного программирования [1], классы могут иметь множество зависимостей, зависимости могут иметь свои зависимости и так далее.

Внедрение зависимостей (англ. Dependency injection, DI) – процесс предоставления внешней зависимости программному компоненту. Является специфичной формой «инверсии управления» (англ. Inversion of control, IoC), когда она применяется к управлению зависимостями. В полном соответствии с принципом единственной ответственности объект отдаёт заботу о построении требуемых ему зависимостей внешнему, специально предназначенному для этого общему механизму.

Таким механизмом в платформе Magento 2 является специальный класс ObjectManager. Благодаря менеджеру объектов, в процессе программирования разработчику вообще не стоит задумываться над созданием объектов, а лишь при необходимости настраивать некоторые конфигурации создаваемых объектов.

XML-тег «preference» – используется для сопоставления реализации(класса) и абстракции(интерфейс), когда сигнатура конструктора класса запрашивает объект через его интерфейс. Диспетчер объектов использует эти сопоставления, чтобы определить, какова реализация по умолчанию для этого класса в определенной области [2]. Это используется для соблюдения так называемых Service Contracts в Magento 2. Контракт службы включает в себя интерфейсы данных, которые сохраняют целостность данных, и интерфейсы служб, которые скрывают детали бизнес-логики от запрашивающих службы, таких как контроллеры, веб-службы и другие модули. Таким образом мы определяем не прямые и легко заменяемые зависимости.

Благодаря тегу virtualType можно создавать «виртуальные» типы, не затрагивая PHP код. Виртуальный тип позволяет изменять аргументы конкретной внедряемой зависимости и изменять поведение определенного класса. Это позволяет вам использовать настроенный класс, не затрагивая другие классы, зависящие от оригинала.

Тег type – описывает образ жизни объекта и способы его создания, в некотором виде представляет собой дополнительный помощник для менеджера объектов.

Внедрение зависимостей – это шаблон проектирования, который позволяет объекту А объявлять свои зависимости от внешнего объекта В, который предоставляет эти зависимости. Зависимости, объявленные А, обычно представляют собой интерфейсы классов, а зависимости, предоставляемые В, представляют собой конкретные реализации этих интерфейсов.

Это позволяет ослабить связанность кода, поскольку объекту А больше не нужно заниматься инициализацией собственных зависимостей. Объект В решает, какие реализации предоставить объекту А, на основе конфигурации или желаемого поведения.

Заключение

Программный код Magento 2 представляет собой сложную систему, в основе которой лежит более десятка паттернов проектирования. Эти паттерны являются обязательными для соблюдения разработчиками, и это не просто формальное требование, а ключевой элемент для создания высококачественного и эффективного кода. Соблюдение паттернов обеспечивает лаконичность, грамотность и надежность программного продукта. В то время как структура каталогов, хоть и может показаться простой на первый взгляд, на самом деле играет ключевую роль в организации кода. Она предоставляет разработчикам удобные места для размещения различных компонентов модуля, начиная от интерфейсов и моделей, заканчивая контроллерами и статическими файлами. Благодаря этой структуре поддержка и развитие модуля становятся более простыми и прозрачными.

Список использованных источников:

1. Зандстра, М. PHP 8 объекты, шаблоны и методики программирования, 6-е издание / М. Зандстра.: Apress, 2021. – 860 с.
2. Документация Magento 2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://developer.adobe.com/commerce/docs/>. – Дата доступа: 10.02.2024.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Нарвойш П. Ю.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, зав.
кафедрой ИСиТ

Аннотация. В работе исследуется проблема анализа функционального состояния головного мозга и выявляются перспективные направления разработок в этой области с использованием результатов электроэнцефалографии. Предлагается проектное решение программного средства для мониторинга и анализа электроэнцефалографии с использованием алгоритмов машинного обучения. Описаны исходные данные для обработки и варианты их использования. Представлены результаты экспериментов по преобразованию исходных данных в изображения. Рассмотрены варианты подходов к обучению моделей машинного обучения и пути дальнейшей модернизации.

Ключевые слова: электроэнцефалография, ЭЭГ, спектрограмма, машинное обучение, ML.NET, нейронная сеть, сверточная нейронная сеть, трансферное обучение, головной мозг.

Введение

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – неинвазивный метод исследования функционального состояния головного мозга путём регистрации его биоэлектрической активности. Регистрация ЭЭГ производится при помощи электроэнцефалографа через специальные электроды [1]. Для записи ЭЭГ может использоваться бумажная лента или сигнал может преобразовываться с помощью АЦП и записываться в файл. Врачи используют электроэнцефалографию у пациентов в критическом состоянии, чтобы обнаружить судороги и другие виды мозговой активности, которые могут вызвать повреждения головного мозга.

В большинстве случаев мониторинг ЭЭГ основан на ручном анализе, что занимает много времени, а также на точность результатов анализа может влиять человеческий фактор. Возможность автоматического анализа ЭЭГ позволила бы существенно ускорить процесс и повысить точность классификации ЭЭГ. Автоматический анализ ЭЭГ с применениями алгоритмов машинного обучения может помочь врачам быстрее и точнее выявлять судороги и другие виды опасной мозговой активности. Окончательную ответственность за постановку диагноза на основе проведенного анализа несет врач, однако автоматический анализ и интерпретация данных в виде рекомендательных систем может существенно помочь и повысить уровень диагностики заболеваний.

Основная часть

В процессе создания программного средства для автоматического анализа ЭЭГ с применениями алгоритмов машинного обучения необходимо подготовить набор данных для обучения. В большинстве случаев исходные данные для обучения размечены, т.е. содержат пары «входящие данные – метка», собранные из различных источников. Далее данные необходимо подготовить и, опционально, обработать. И только затем выполняется обучение модели. Данный этап происходит итерационно – пробуются различные модели, перебираются гиперпараметры, сравниваются значения выбранной метрики и выбирается лучшая комбинация. Благодаря обучению на тренировочном наборе данных модель впоследствии сможет анализировать незнакомые ей данные и предсказывать результат с определенной точностью. Также программное средство предусматривает графическую визуализацию полученных данных и вывод результатов анализа.

Для проведения компьютерного эксперимента и программной реализации алгоритмов используется язык программирования C#, платформа .NET и её библиотека по работе с алгоритмами машинного обучения ML.NET. Библиотека ML.NET от компании Microsoft позволяет обучать модели, разработанные на платформе .NET, а также позволяет

использовать уже предварительно обученные модели из других платформ, что уменьшает количество ограничений, накладываемых выбором только одной платформы.

В качестве исходных данных для программного средства были выбраны заранее размеченные группой экспертов ЭЭГ данные, содержащие в себе шесть паттернов опасной мозговой активности: судороги (SZ), генерализованные периодические разряды (GPD), латерализованные периодические разряды (LPD), латерализованная ритмическая дельта-активность (LRDA), генерализованная ритмическая дельта-активность (GRDA) или «другое» [2].

Исходные данные для программного средства могут быть представлены в виде электроэнцефалограммы, которая является электрическим сигналом, полученным с электродов за определенный промежуток времени. Для лучшего визуального восприятия ЭЭГ человеком, а также для обучения модели классификации мозговой активности, электроэнцефалограмму можно преобразовать в спектрограмму – график со временем по оси абсцисс, частотой по оси ординат и мощностью в виде цвета [3]. Пример спектрограммы и электроэнцефалограммы представлен на рисунке 1.

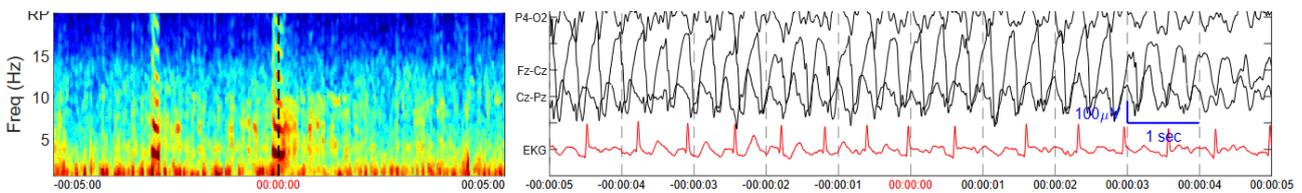


Рисунок 1 – Спектрограмма ЭЭГ (слева) и электроэнцефалограмма (справа) [2]

Спектральный анализ ЭЭГ – метод математической обработки, направленный на количественную характеристику частотных диапазонов. Любая волна на электроэнцефалограмме имеет два количественных параметра: период ее от пика до пика, выраженные во времени (величина, обратная периоду – частота волны, Гц) и амплитуда волны. Спектр ЭЭГ может быть отображен через амплитуду, и тогда это – амплитудный спектр. Другим вариантом, более наглядным, является спектр мощности, где за мощность принято считать квадрат амплитуды волны, привязанный к временному отрезку, в котором выполнено измерение, – эпохе анализа [4].

Спектральный состав позволяет количественно оценить соотношение активности различных диапазонов частот. Одной из причин широкого применения спектрального метода анализа является то, что спектральные характеристики ЭЭГ поддаются математической и статистической обработке и потенциально могут дать эффективные методы анализа ЭЭГ, которые невозможно получить при традиционных методиках. Математическая основа спектрального анализа – преобразование Фурье [4].

В качестве задачи для машинного обучения была выбрана задача классификации изображений, которая прогнозирует распределение изображений по нескольким классам (категориям). Входные данные – это набор помеченных примеров. Результатом работы алгоритма классификации изображений является классификатор, который можно использовать для прогнозирования класса новых изображений. В нашем случае входными данными будут являться спектрограммы ЭЭГ, помеченные одним из шести паттернов мозговой активности. В соответствии с расположением электродов выделяют четыре области получения сигналов, что позволяет создавать четыре спектрограммы на каждую запись ЭЭГ.

Данные спектрограммы для удобства хранения, а также для удобства обучения модели могут быть объединены в одно изображение, состоящее из четырех частей. Таким образом каждая запись сигнала ЭЭГ может быть представлена в виде изображения. Для преобразования исходных сигналов ЭЭГ в спектрограммы была использована библиотека с открытым исходным кодом Spectrogram [5].

Одно из полученных изображений представлено на рисунке 2.

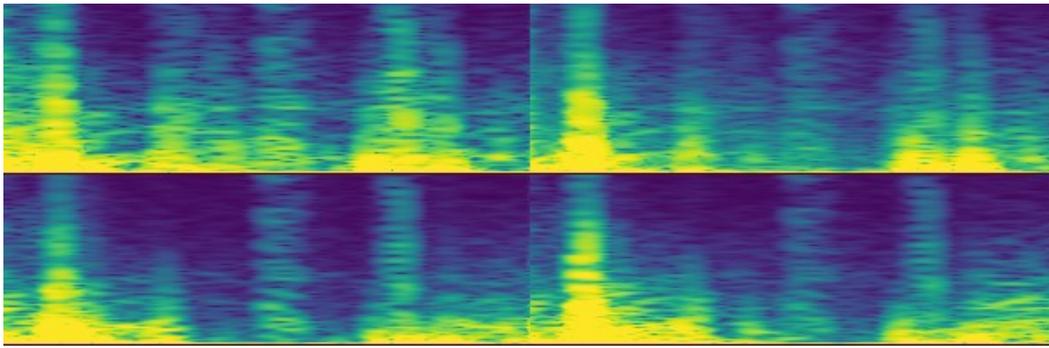


Рисунок 2 – Полученная спектрограмма

Существует множество подходов для классификации изображений. В качестве начальной точки была выбрана сверточная нейронная сеть. Название архитектура сети получила из-за наличия операции свертки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) свёртки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. В состав сверточной нейронной сети входит несколько слоев. Слои – это строительные блоки нейронных сетей. Каждый слой состоит из набора нейронов и выполняет определенные преобразования входных данных. Весы – это параметры, которые сеть использует для принятия решений. Вначале значения весов задаются в случайном порядке, но в процессе они корректируются по мере обучения модели на основе полученных данных [6].

Модели классификации изображений имеют множество параметров. Обучение их с нуля требует большого количества размеченных обучающих данных и больших вычислительных мощностей. Трансферное обучение – это метод, позволяющий сократить большую часть этого, используя часть модели, которая уже была обучена для выполнения связанной задачи, и повторно применяя ее в новой модели. Для этого можно зафиксировать веса, полученные в результате обучения модели на большом наборе разнообразных изображений, что позволит модели сохранить все результаты обучения. Затем, опционально, удаляются последние слои модели, так как в большинстве случаев они отвечают за решение конкретных задач. Следующим этапом в модель внедряются новые слои, которые помогут модели адаптироваться к специализированному характеру новой задачи [6].

ML.NET API классификации изображений позволяет загружать предварительно обученную модель TensorFlow и выбирать гиперпараметры для дообучения модели. В их число входит количество эпох (сколько раз алгоритм обучения будет обрабатывать весь набор обучающих данных), размер пакета (определяет количество выборок, которые необходимо обработать перед обновлением внутренних параметров модели), коэффициент скорости обучения и другие. Выбор правильных значений гиперпараметров важен для эффективности и точности модели. Однако нет оптимальных или стандартных значений гиперпараметров, при соблюдении которых модель выдает наилучший результат. Чтобы найти оптимальный набор гиперпараметров, необходимо экспериментировать.

В качестве начальной точки выбрана предварительно обученная модель архитектуры ResnetV2101, количество эпох выбрано равным 12, размер пакета равным 10 и коэффициент скорости обучения равным 0,01. На данный момент ML.NET API классификации изображений поддерживает обучение на данных, маркированных одним классом, поэтому исходными изображениями для обучения модели были выбраны спектрограммы, где эксперты полностью сошлись во мнении и отнесли сигнал ЭЭГ только к одному классу. На рисунке 3 можно увидеть итоговое количество изображений каждого класса, которые будут участвовать в обучении.



Рисунок 3 – Распределение данных по классам

Балансировку данных можно проводить несколькими способами и планируется произвести во время улучшения модели для разрабатываемого программного средства. В результате обучения модели и проверки ее на тестовых данных была получена матрица несоответствий (или же матрица ошибок), представленная на рисунке 4.

Предсказание \ Реальность	GPD	GRDA	LPD	LRDA	Other	Seizure	Полнота
GPD	403	31	72	22	19	25	572 70.45% 29.55%
GRDA	35	1394	48	288	129	77	1971 70.73% 29.27%
LPD	26	106	645	63	53	28	921 70.03% 29.97%
LRDA	10	505	74	363	97	38	1087 33.39% 66.61%
Other	35	230	141	123	754	251	1534 49.15% 50.85%
Seizure	236	271	302	276	299	2539	3923 64.72% 35.28%
Точность	745 54.09% 45.91%	2537 54.95% 45.05%	1282 50.31% 49.69%	1135 31.98% 68.02%	1351 55.81% 44.19%	2958 85.84% 14.16%	6098 / 10008 60.93% 39.07%

Рисунок 4 – Матрица несоответствий

Из матрицы несоответствий можно увидеть результаты предсказания модели на тестовых данных, метки которых известны. Значения зеленого цвета на главной диагонали показывают количество правильно определенных классов. Каждая строка является ожидаемым, то есть реальным значением, в то время как столбцы являются предсказаниями модели. Точность – соотношение количества правильно предсказанных классификатором объектов класса ко всем объектам, которые классификатор отнес к данному классу. Полнота же позволяет понять, какую долю объектов класса из всех объектов класса классификатор предсказал верно. Также значение в нижнем правом углу позволяет определить общую точность полученной модели.

Улучшить производительность модели можно несколькими способами. Самым простым способом является увеличение количества данных для обучения. Также можно дополнять уже имеющиеся данные путем применения к ним различных преобразований, таких как поворот, сдвиг, обрезка. Эксперименты с гиперпараметрами модели также могут потенциально повысить ее производительность.

Заключение

Благодаря дополнительному обучению на тренировочном наборе модель впоследствии сможет анализировать незнакомые ей данные и определять паттерны мозговой активности с заданной точностью. Для прикладного использования анализа результатов ЭЭГ необходимо создать удобный пользовательский интерфейс, который позволит оперативно загружать

новые данные для анализа, получать их графическое представление в виде электроэнцефалограмм и спектрограмм, а также классифицировать новые данные на основе предварительно обученной модели. Таким образом, программное средство позволит просматривать сырые данные ЭЭГ, визуализировать их, а также давать рекомендации на основе обученной модели для классификации паттернов опасной мозговой активности.

В перспективе программное средство будет улучшено, путем повышения качества обработки данных на всех этапах. На этапе получения спектрограмм планируется эксперимент с параметрами, которые используются для получения изображения (разрешение изображения, яркость, количество данных, используемых для быстрого преобразования Фурье). Также планируется подобрать решение для балансировки классов в наборе данных, используемых для обучения модели. Улучшение самой модели предполагает подбор гиперпараметров, что возможно только опытным путем и требует дополнительного времени на эксперименты.

Список использованных источников:

1. Егорова, И. С. Электроэнцефалография / И. С. Егорова. – М.: Медицина, 1973. – 296 с.
2. HMS - Harmful Brain Activity Classification . Kaggle. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://kaggle.com/competitions/hms-harmful-brain-activity-classification>.
3. Marcus C. Ng, Jin Jing, M. Brandon Westover (2022) A Primer on EEG Spectrograms. Journal of Clinical Neurophysiology 39(3) : р 177-183. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000736.
4. Спектральный анализ ЭЭГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cmi.to/спектральный-анализ/>.
5. Spectrogram [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/swharden/Spectrogram>.
6. Что такое трансферное обучение? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/transfer-learning/>

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА СОТРУДНИКА ПРОФСОЮЗНОГО КОМИТЕТА

Сыцевич М.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Институт информационных технологий, Минск, Республика Беларусь

Власова Г. А. – канд. техн. наук, доцент
кафедры ИСиТ

Аннотация. Разработанное веб-приложение позволяет автоматизировать основные операции, связанные с деятельностью профсоюзного комитета: вести учет и обработку информации о сотрудниках организации, оформлять заявления, создавать и редактировать протоколы заседаний, хранить и получать доступ к документам, формировать отчеты. Программа свободна от недостатков существующих аналогов, имеет интуитивно понятный интерфейс и учитывает особенности законодательства Республики Беларусь.

Ключевые слова: Автоматизация, профсоюзный комитет, пользователь, сотрудники, защита данных.

Введение

В современном мире все больше предприятий стремятся автоматизировать свои рабочие процессы, чтобы повысить производительность и эффективность труда сотрудников. Профсоюзный комитет является важной частью организации, он защищает права и интересы работников. Тем не менее, многие операции, необходимые профсоюзным комитетам, выполняются вручную и на бумажных носителях, что может значительно замедлить и усложнить процесс работы [1].

Внедрение системы автоматизации значительно сократит время, необходимое для выполнения повседневных задач, повысит производительность сотрудников профсоюзного комитета и улучшит работу организации в целом.

Основная часть

Проанализировав существующие аналоги (UnionWare, модуль для 1С «Профсоюзная деятельность» и Цифровой профсоюз) было выявлено, что они дороги, требуют обучения пользователей и не учитывают особенности законодательства Республики Беларусь. Эти факторы значительно ограничивают область применения подобных продуктов.

Разработанное веб-приложение автоматизации рабочего места сотрудника профсоюзного комитета позволяет:

- хранить данные о сотрудниках с возможностью добавления, редактирования и удаления информации о сотрудниках, а также хранить необходимые данные для деятельности профсоюзного комитета;

- оформлять заявления с возможностью оформления новых заявлений сотрудниками с обозначением типа заявления, вносить изменения в уже существующие заявления;

- управлять протоколами заседаний: создавать и редактировать протоколы заседаний профсоюзного комитета, вести учет данных, содержащихся в протоколах;

- осуществлять поиск сотрудников и формировать отчеты с возможностью поиска необходимого сотрудника по различным параметрам, формированием отчетов по различным параметрам с возможностью экспорта данных в форматы PDF, Excel, Word;

- формировать отчеты о пенсионерах и несовершеннолетних детях с предоставлением отчета о пенсионерах, состоящих в профсоюзном комитете, для возможности их вознаграждения; с формированием отчета о несовершеннолетних детях сотрудников, не достигших 14 лет;

- формировать пользовательские запросы с возможностью пользователя формировать собственные запросы при наличии соответствующих прав доступа.

Для реализации представленного функционала использованы современные технологии, такие как язык программирования: Java, библиотека Thymeleaf, фреймворк Java SpringBoot, среда разработки IntelliJ IDEA и СУБД MySQL.

Входными данными для работы веб-приложения выступают сведения о сотрудниках, предусмотренные типовым положением [2], такие как: Ф.И.О сотрудников; номер телефона; общественные организации, в которых состоят сотрудники; основания для предоставления материальной помощи; Ф.И.О детей сотрудников; должности сотрудников; заявления сотрудников; типы заявлений; основания для предоставления материальных выплат.

Выходными данными приложения являются протоколы заседаний и различные формы отчетов (о составе пенсионеров; о детях сотрудников, не достигших 14 лет и другие отчеты, составляемые администратором системы по средствам запроса пользователей). Приложение имеет возможность экспортировать данные в Excel, Word.

Система имеет две роли пользователей: Администратор и Секретарь. Диаграммы вариантов использования приложения пользователями представлены на рисунках 1 и 2.

Веб-приложение можно разделить на несколько частей, в зависимости от разных сочетаний его основных составляющих: Backend (бэкенд или серверная часть приложения) и Frontend (фронтенд или клиентская часть приложения).

Backend работает на удаленном компьютере, который может находиться где угодно. Он написан на языке программирования Java. Если создавать приложение используя только серверную часть, то в результате любых переходов между разделами, отправок форм, обновления данных, сервером будет генерироваться новый HTML-файл и страница в браузере будет перезагружаться.

Frontend выполняется в браузере пользователя. Приложение может состоять только из клиентской части, если не требуется хранить данные пользователя дольше одной сессии. Это могут быть, например, фоторедакторы или простые игры. В данном случае такой вариант не подошел.

Веб-приложение построено на архитектуре «Клиент – Сервер». Используя стандартный протокол HTTPS, клиент получает данные от сервера путем запросов. Для запросов обычно используют методы GET, если необходимо получить данные, и POST, если требуется изменить данные.

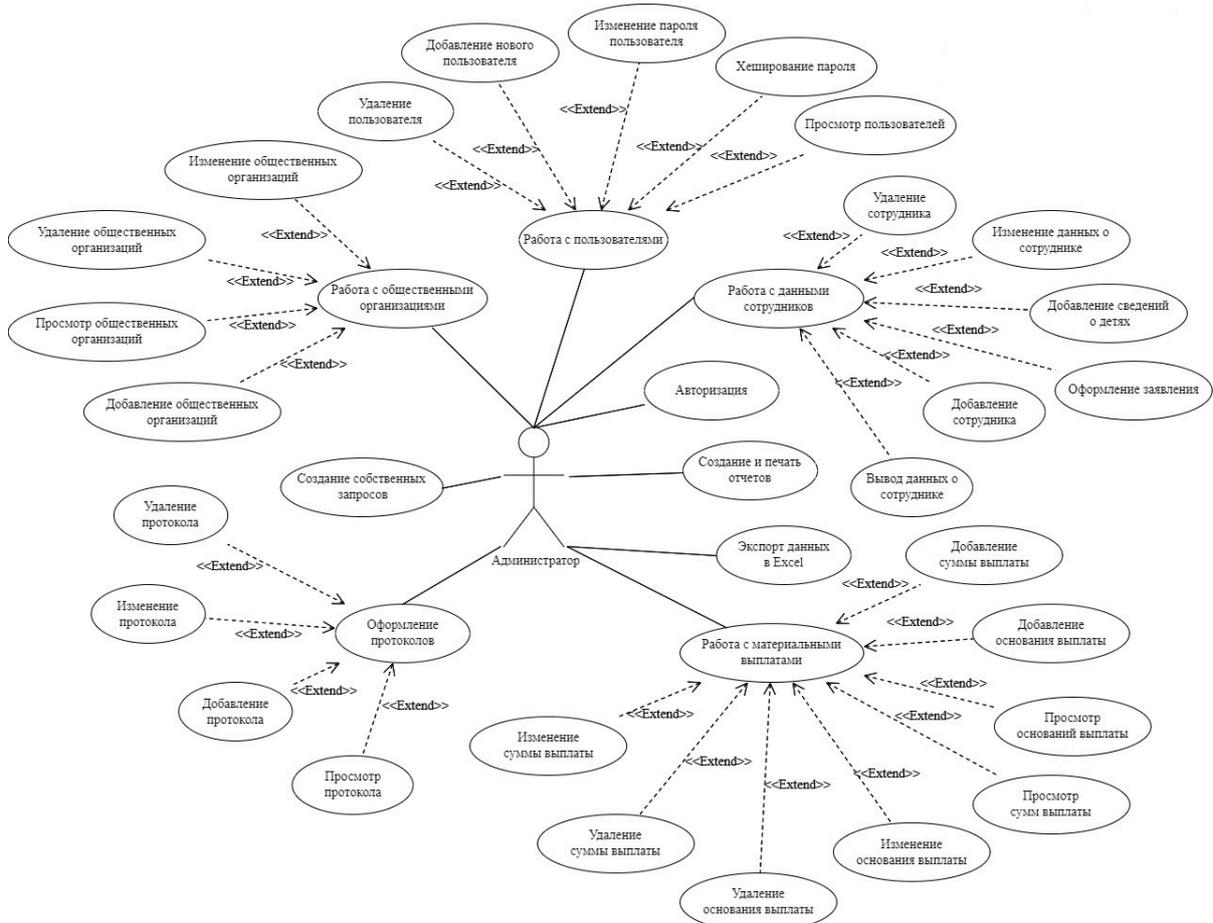


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования приложения пользователем с ролью «Администратор»

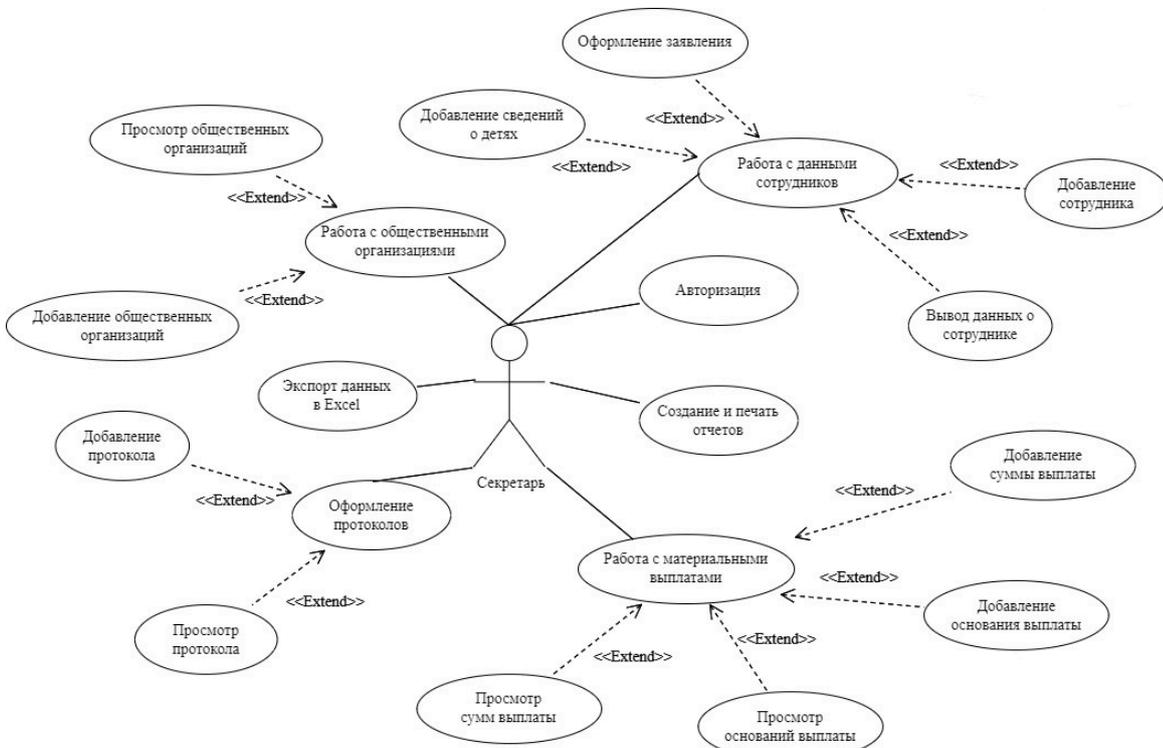


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования приложения пользователем с ролью «Секретарь»

Для хранения данных на стороне сервера создана база данных (БД), физическая модель которой представлена на рисунке 3.

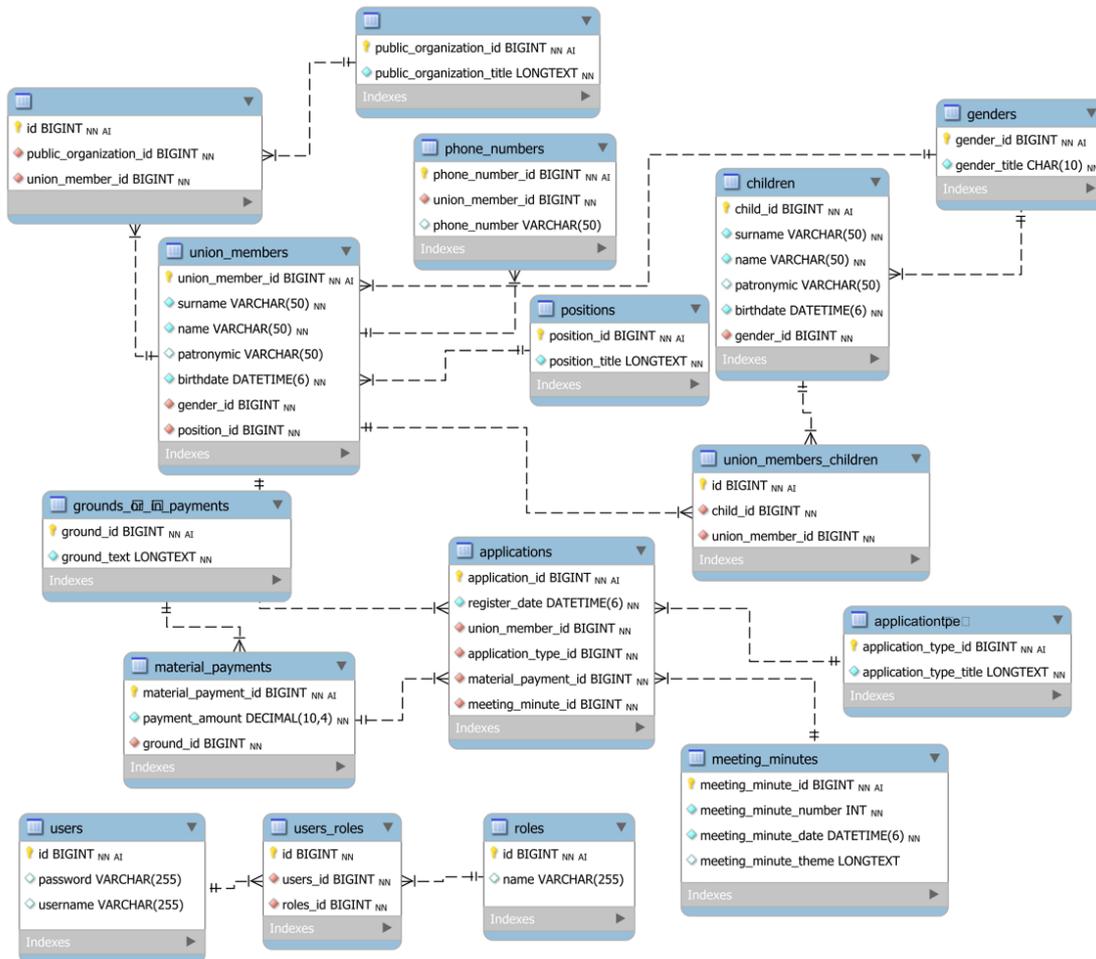


Рисунок 3 – Физическая модель базы данных

Основными сущностями БД являются:

- члены профсоюза – основная сущность БД, включающая основную информацию о работниках, состоящих в профсоюзе;
- заявления – отражает заявления, подаваемые членами профсоюза;
- тип заявлений – показывает различные типы заявлений;
- протоколы заседаний – хранит в себе информацию о составленных протоколах;
- материальная помощь (МП) – отображает материальную помощь, выданную члену профсоюза на каком-либо основании;
- основания МП – отображает основания для выдачи материальной помощи;
- дети – сущность, определяющая детей членов профсоюза;
- общественные организации – общественные организации, в которых состоят члены профсоюза;
- телефоны – отображает номера телефонов сотрудников;
- должности – отображает занимаемую должность на рабочем месте члена профсоюза;
- гендер – сущность, хранящая пол членов профсоюза и детей членов профсоюза.

В БД предусмотрена возможность хранения информации о пользователях, для разграничения уровней доступа к данным.

Основными сущностями будут являться: пользователи – хранит данные о пользователе, его логин, пароль и принадлежность к уровню доступа; типы пользователя – хранит типы пользователей для разграничения уровней доступа к информации.

В веб-приложении реализована возможность экспорта данных в Excel.

Алгоритм экспорта данных в Excel можно представить следующим образом:

начало (получение запроса на экспорт данных в Excel);

подготовка данных (извлечение данных, которые должны быть экспортированы из таблицы веб-браузера клиента; преобразование данных в нужный формат для экспорта в Excel);

создание файла Excel (использование библиотеки для работы с Excel для создания нового файла; создание листа в файле и установка заголовков столбцов);

заполнение данных в файле Excel (циклический проход по списку данных, с записью их в ячейки соответствующих столбцов; применение форматирования ячеек);

сохранение файла (сохранение файла, используя заданный пользователем путь и имя файла; отправка файла пользователю для скачивания);

обработка возможных ошибок (обработка возможных ошибок, таких как невозможность создания файла, открытие несуществующего файла и т.д.; оповещение пользователя о возникновении ошибки и предоставление дополнительной информации для исправления проблемы);

конец (завершение обработки запроса).

Веб-приложение разработано с учетом требований Закона Республики Беларусь от 7 мая 2021 г. № 99-З «О защите персональных данных» [3] и Приказа Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 66 «О мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 9 декабря 2019 г. № 449» [4].

Веб-приложение определяется 4-им классом типовых информационных систем, для достижения безопасности данных которого разработана система защиты информации, включающая в себя: верификацию и подтверждение доступа; использование хеширования паролей с добавлением «соли»; управление доступом и привилегиями для разных ролей пользователей; обезличивание персональных данных; ведение журналов событий.

Заключение

Таким образом, автоматизация рутинных задач и учет информации о сотрудниках позволяют сотрудникам комитета сосредоточиться на более важных и стратегических задачах. Веб-приложение легко масштабируется и может быть интегрировано с другими программными продуктами и системами [5], что обуславливает актуальность разработки данного веб-приложения.

Список использованных источников:

1. Типовое положение о первичной профсоюзной организации (профсоюзном комитете) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minsk.1prof.by/kcfinder/upload/files/Типовое_положение_о_первичной_профсоюзной_организации.pdf. – Дата доступа: 03.12.2023.
2. Сыцевич, М. Н. Веб-приложение «Организация работы первичной профсоюзной организации» / М. Н. Сыцевич // Успешен тот, кто творит: XVI открытая международная науч.-практ. конф. учащихся и преподавателей учреждений среднего специального и высшего образования: сб. науч. тр. В 2 ч. / отв. ред. С. В. Маркина, И. В. Корнилович. – Б.: Филиал БрГТУ Политехнический колледж, 2023. – С. 79–80.
3. Закон Республики Беларусь от 7 мая 2021 г. № 99-З «О защите персональных данных» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=h12100099>. – Дата доступа: 03.12.2023.
4. Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 66 «О мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь от 9 декабря 2019 г. № 449» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.oac.gov.by/public/content/files/files/law/prikaz-oac/2020%20-%2066.pdf>. – Дата доступа: 03.12.2023.
5. Рационализаторское предложение: Введение базы данных электронного профучета и связанного с ним документооборота на базе первичной профсоюзной организации работников УО «Брестский государственный колледж связи», М. Н. Сыцевич [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mpt.gov.by/ru/racionalizatorskie-predlozheniya-uo-brestskiy-gosudarstvennyy-kolledzh-svyazi>. – Дата доступа: 03.12.2023.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО «SERVICE STATION» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Табанец М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
Минск, Республика Беларусь

Кунцевич О.Ю. – канд. педагог. наук, доцент
кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы автоматизации работы станции технического обслуживания, представлен пример окна пользовательского интерфейса приложения, обоснован выбор средств разработки, перечислены достоинства и недостатки применения разработки. Разработанное программное средство предназначено для оптимизации работы станции технического обслуживания, ведения учета различной статистической информации. Реализована возможность хранения информации в единой базе данных, ее последующее использование множеством конечных пользователей. Разработка проводилась на языке программирования C# с использованием системы для построения клиентских приложений Windows Presentation Foundation (WPF). В качестве среды разработки использовалась Microsoft Visual Studio.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, автоматизация.

Введение

В настоящее время автомобильный рынок является наиболее востребованным и постоянно расширяется. Соответственно расширяется и рынок сопутствующих товаров и услуг, а значит растет и конкуренция. Между фирмами идет борьба за клиентов.

Целью данного проекта является разработка программного средства Service Station для автоматизации работы станции технического обслуживания.

Задачи, способствующие достижению цели: провести анализ существующих аналогичных программных средств; разработать комфортный, интуитивно понятный рабочий интерфейс, ориентированный пользователей с различным техническим уровнем подготовки; создать многоролевою систему доступа к данным; осуществить управление базой данных для станции технического обслуживания; разработать алгоритмы работы программного средства и выполнить их программную реализацию; произвести тестирование ПС; реализовать внутрипрограммный справочник для простоты освоения ПС даже необученных пользователей.

В качестве объекта исследований выступает станция технического обслуживания.

Автоматизация работы станции технического обслуживания с использованием программных средств позволяет управлять заказами, планировать работу персонала, вести учет и хранение клиентской информации и др. и в целом повышать экономические показатели организации и успешности предприятия в целом.

Основная часть

Перед началом разработки был проведен анализ предметной области и рассмотрены конкурирующие системы автоматизации (таблица 1). Целью рассмотрения аналогов было устранение выявленных недостатков в собственной разработке.

Далее были определены возможности разрабатываемого ПС и его основные функции:

- сопоставление списков (сотрудников, активных клиентов, поступивших запчастей от клиентов, транспортных средств клиентов и др.);
- добавление, редактирование и удаление данных из таблиц;
- изучение журнала действий; выполнение запросов из программного средства в базу данных;
- отслеживание и редактирование рейтинга персонала; экспорт данных в Microsoft Excel; редактирование пароля от аккаунта, изображения от аккаунта;
- изучение информации из внутрипрограммной справки и возможность поиска необходимых данных в таблицах.

Таблица 1 – Аналоги разрабатываемого программного средства [1-3]

Менеджер СТО	ТурбоСервис	Control365
ограниченные возможности в демоверсии; нагроможденный дизайн интерфейса.	отсутствие бесплатной версии; устаревший дизайн интерфейса.	платная версия, имеется демоверсия на 7 дней; необходимо постоянное подключение к сети.

В качестве среды разработки программного средства выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio, языка разработки – C#, системы управления базами данных – Microsoft SQL Server и интегрированная среда Server Management Studio [4-6].

Одним из важнейших предпроектных этапов разработки программного обеспечения является этап системного анализа и моделирования соответствующей предметной области. Для этого была построена контекстная диаграмма IDEF0 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма A-0 в нотации IDEF0

При запуске программного средства необходимо авторизоваться в системе при помощи логина и пароля. При успешной авторизации пользователь переходит в главное меню, которое позволяет переходить на остальные модули программного средства.

В программном средстве имеются основные и вспомогательные (вторичные) формы.

К основным формам относятся: клиенты, запчасти, транспортные средства, сотрудники, заказы, услуги, пользователи. К вспомогательным формам относятся: форма авторизации, главное меню, форма изменения пароля и изображения, справка, завершённые заказы, журнал действий, форма выполнения SQL запросов.

В основных формах (рисунок 2) пользователь может осуществлять сопоставление данных из таблиц, добавление данных в таблицы, редактирование данных из таблиц, удаление данных из таблиц, поиск данных в таблицах, а также экспорт данных в Microsoft Excel.

Для возможности выполнения действий с данными пользователь должен иметь соответствующие роли в программном средстве, выданные администратором системы.

На вспомогательных формах пользователь может выполнять действия, которые позволяют ему взаимодействовать с второстепенными данными системы.

Для этого пользователь должен иметь доступ к основным формам, которые связаны с второстепенной формой.

Название	Описание	Состояние	Цена	ID Владельца
Транзистор	Транзистор VM-30	Новое	30.50	1
Двигатель	Двигатель V12	Б/У	100.00	2
Тормоза	Тормоза MK-ULTRA	Новое	75.35	3
Глушитель	Глушитель VD-40	Новое	15.00	4
Подвеска	Подвеска KZ-32	Новое	20.65	5
Фильтр	Фильтр FRESH-NOVA	Новое	5.85	6
Кондиционер	Кондиционер FRESH-AIR-480	Б/У	30.25	7
Двигатель	Двигатель V16	Новое	300.00	8
Аккумулятор	Аккумулятор SUPER-ENERGY	Новое	75.45	9
Гидроусилитель	Гидроусилитель MG-85	Новое	25.00	10

Рисунок 2 – Форма «Запчасти»

При детальном рассмотрении данной формы можно увидеть следующее: кнопки регулирования состояния формы (свернуть, развернуть, закрыть), список запчастей, кнопка «Добавить» (для добавления новой запчасти), кнопка «Изменить» (для изменения параметров у существующей запчасти), кнопка «Удалить» (позволяет удалить запчасть), кнопка «Обновить» (позволяет обновить состояние формы), кнопка «Подробнее» (для расширенного поиска данных), кнопка со значком Microsoft Excel (для экспорта данных из таблицы в MS Excel).

Каждая из основных форм ПК имеет схожий дизайн интерфейса и отличается лишь колонками в списке и окнами добавления и изменения, что в свою очередь позволяет достаточно быстро пользователю адаптироваться к интерфейсу программного средства.

Для описания механизмов работы модулей программы были разработаны, в частности, алгоритм обработки данных, алгоритм работы программного средства, диаграмма деятельности, база данных и др.

В результате проверки работоспособности ПК были протестированы функции манипуляции с данными, навигация по пунктам главного меню и иные действия. В частности, были протестированы следующие функции: добавление клиента, добавление запчасти, добавление транспортного средства, экспорт данных в Microsoft Excel, удаление клиента.

После тестирования собранные и найденные ошибки в работе программного средства были успешно устранены.

Заключение

Разработанное программное средство позволит каждому из пользователей системы иметь доступ к тем или иным данным и действиям системы. Администраторы системы могут выдавать необходимые роли пользователям через разработанный графический интерфейс с обозначениями прав доступа.

Основные уникальные возможности программного средства, отличающие его от аналогов, заключаются в гибкой настройке прав доступа, доступности и простоте использования, современном дизайне, высокой скорости работы и отсутствии обязательных платежей.

Программное средство находится в работоспособном состоянии и готово к эксплуатации. Имеется возможность дальнейшей модернизации программного средства в зависимости от нужд и потребностей организации.

Список использованных источников:

1. Система учета заказов и клиентов автосервиса Менеджер СТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://manager100.com.ua/ru/index.html>.
2. TurboService: программа для автоматизации и учета в автосервисе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://turboservice.ru>.
3. Control365: онлайн программа для автомойки шиномонтажа и автосервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://control365.ru>.
4. Документация по Visual Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/windows/?view=vs-2022&preserve-view=true>.
5. Документация по С# [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/>.
6. Техническая документация по SQL Server [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/sql-server/?view=sql-server-ver16>.

КОНСТРУКЦИИ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГОФРИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ

Гладинов А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Богуш В.А. – доктор физико-математических наук, профессор

Аннотация. В докладе приведены результаты исследования взаимодействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с тонкопленочными экранами в виде гофрированной металлизированной полимерной пленки. Эти результаты включают в себя закономерности изменения значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения таких экранов в зависимости от высоты гофра.

Ключевые слова: экранирование электромагнитного излучения, отражение, передача.

Введение

Электромагнитное излучение (ЭМИ) повсеместно окружает человека во всех сферах его деятельности и оказывает влияние как на него самого, так и на окружающие его на работе и в быту изделия электронной техники (ИЭТ). Основные области применения электромагнитных экранов приведены на рисунке 1 [1].

Перспективным направлением защиты от ЭМИ является совершенствование конструкций и технологии изготовления экранов ЭМИ. Кроме того, для повышения эффективности экранирования необходимы исследования и поиск новых материалов, конструкций и технологий их изготовления. Применение полимерных материалов в качестве основы для экранов ЭМИ позволит снизить их массу, тем самым расширит возможности их использования при защите от ЭМИ.



Рисунок 1 – Основные области применения электромагнитных экранов

Основная часть

Для изготовления экранов ЭМИ была выбрана многослойная пленка на полиэтиленовой основе Kotar IZOFOLIX [2]. Данная пленка имеет толщину 105 мкм и представляет многослойную структуру, на один из внутренних слоев которой нанесена металлизация Al толщиной 150 нм. Общий вид пленки приведен на рисунке 2.

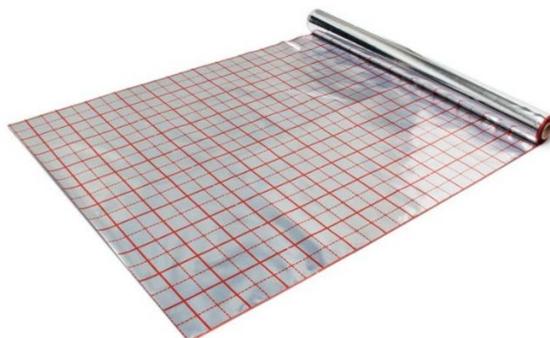


Рисунок 2 – Общий вид пленки Kotar IZOFOLIX

Экраны ЭМИ изготавливались путем гофрирования указанной пленки, которое заключалось в складывании ее в виде «гармошки» с разной высотой. Для исследований были выбраны высоты гофра, равные 30, 60 и 90 мм, обусловленные кратностью длине электромагнитной волны в гигагерцовом диапазоне частотных измерений. Размеры экранов составляли 300×400 мм. Схема электромагнитных экранов с высотой гофров 30 и 60 мм и углом при вершине 25° представлена на рисунке 3.

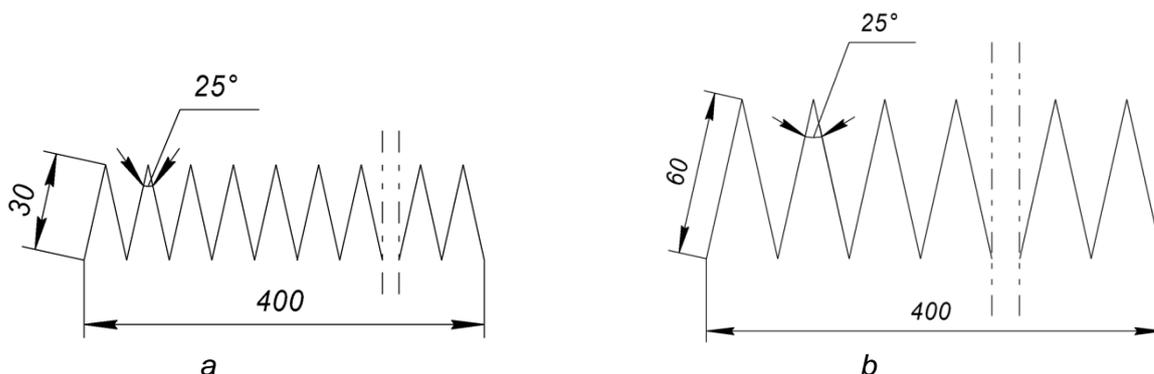


Рисунок 3 – Схема гофрированного электромагнитного экрана с высотой (а – 30 мм, b – 60 мм)

Измерение значений коэффициентов отражения и передачи изготовленных экранов ЭМИ проводилось в диапазоне частот 2,0...17 ГГц. При исследованиях использовался измерительный модуль коэффициентов передачи и отражения SNA 0.01–18. Все измерения проводились в 2 этапа. На первом этапе проводилась калибровка установки для измерений в заданном диапазоне частот. На втором этапе выполнялись измерения коэффициентов отражения и передачи.

По результатам проведенных измерений без использования металлического отражателя установлено, что в диапазоне частот от 2...17 ГГц (рисунок 4), значения коэффициентов отражения ЭМИ экрана (с высотой гофра 30 мм изменяется в диапазоне значений от – 0,3 дБ до – 7 дБ, для гофра высотой 60 мм — в диапазоне от – 0,1 дБ до – 14 дБ и для гофра высотой 90 мм — в диапазоне от – 0,5 дБ до – 14 дБ. При этом наблюдается характерное резонансное увеличение коэффициента отражения в диапазоне частот 5...8 ГГц, а также 11...14 ГГц при всех высотах гофр.

По результатам проведенных измерений с использованием металлического отражателя установлено, что в диапазоне частот от 2...17 ГГц (рисунок 5) значения коэффициентов отражения экранов с высотой гофра 30 мм изменяется в пределах от – 0,1 дБ до 11 дБ, а экранов с высотой гофра 60 и 90 мм – соответственно в пределах от – 0,1 до – 12 дБ и от – 1

до -16 дБ. Также наблюдается увеличение коэффициента отражения в диапазонах частот $3...5$ ГГц, $7...9$ ГГц и $13...16$ ГГц.

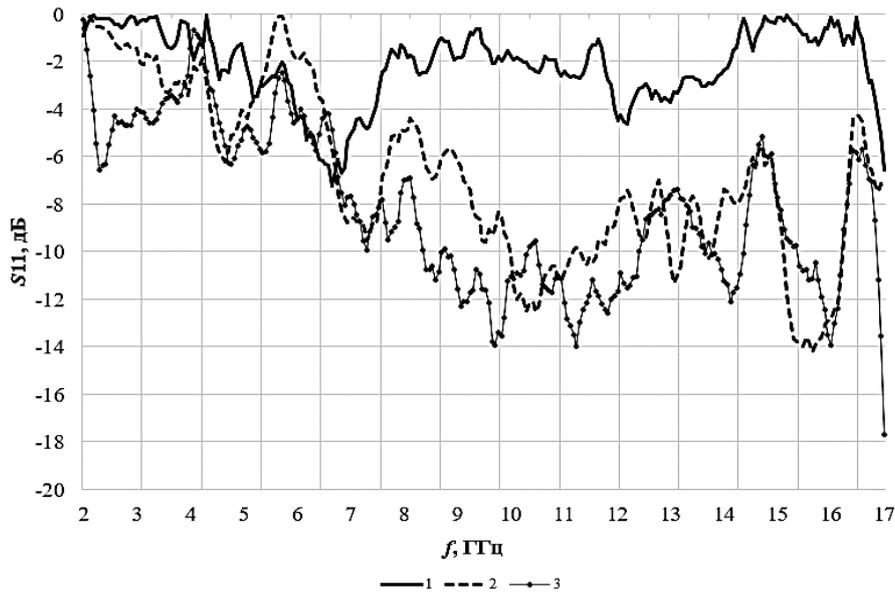


Рисунок 4 – Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот $2,0...17$ ГГц (без металла). Высота гофра, мм: 1 – 30, 2 – 60, 3 – 90

По результатам измерений коэффициента передачи в диапазоне частот $2...17$ ГГц (рисунок 6) было установлено, что его значения изменяется в диапазоне от -40 до -18 дБ. Сравнение значений коэффициентов передачи экранов ЭМИ с высотой гофра 30, 60 и 90 мм показало, что изменение высоты гофра не оказывает существенного влияния на величину коэффициента передачи.

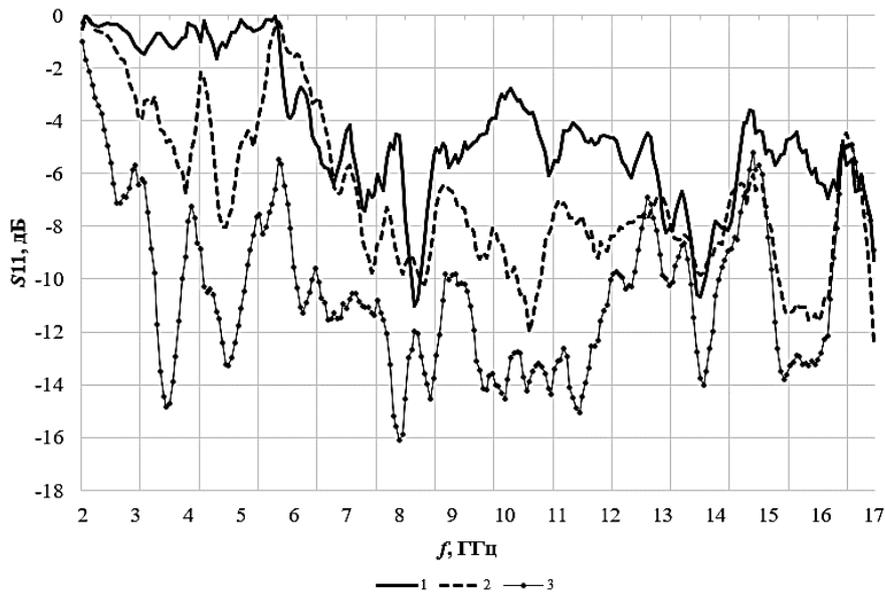


Рисунок 5 – Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот $2,0...17$ ГГц (с металлом). Высота гофра, мм: 1 – 30, 2 – 60, 3 – 90

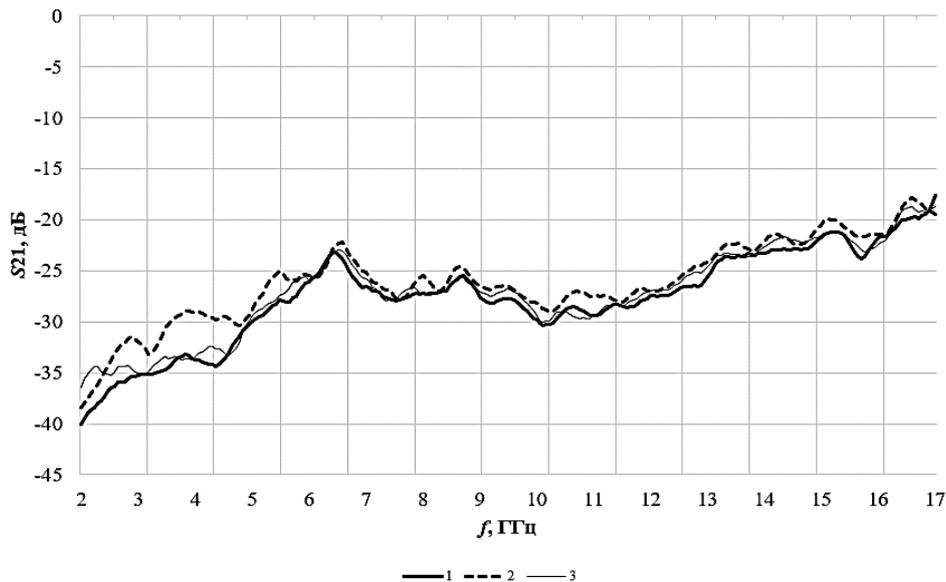


Рисунок 6 – Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 2,0...17 ГГц. Высота гофра, мм: 1 – 30, 2 – 60, 3 – 90

Заключение

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что гофрирование экрана ЭМИ из многослойной пленки на полиэтиленовой основе Kotar IZOFOLIX оказывает влияние на величину его коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 2...17 ГГц. Установлено, что при увеличении высоты гофра с 30 до 90 мм коэффициент отражения ЭМИ возрастает в 2 раза (измерения без металла) и в 1,45 раза (измерения с металлом). Данное увеличение связано с увеличением числа переотражений электромагнитного излучения от боковых поверхностей гофра. Показано, что гофрирование экрана не оказывает значительного влияния на значения его коэффициента передачи ЭМИ.

Список использованных источников:

1. Абасов, Р. К. Применение углеродных материалов в экранировании электромагнитных полей / Р. К. Абасов // Политический молодежный журнал. – 2016. – № 5. – С. 1 – 7.
2. Изоляционная фольга IZOFOLIX [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.kotar.pl/ru/oferta/folie-izolacyjne/108-folia-izolacyjna-izofolix-rus>. – Дата доступа : 14.02.2024

УЯЗВИМОСТЬ HTTP/2 RAPID RESET

Лифанов К.В., Рощупкин Н.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Белоусова Е.С.–
кандидат технических наук, доцент кафедры
ЗИ

Аннотация. В материалах доклада представлены результаты исследования уязвимости протокола HTTP/2 (CVE-2023-44487), изучены и реализованы механизмы реализации DoS- и DDoS-кибербератак, в частности Rapid Reset Attack, на виртуальном макете, состоящем из веб-сервера и устройства нарушителя. Предложены методы ликвидации уязвимости веб-сервера, поддерживающим соединения по протоколу HTTP/2.

Ключевые слова: HTTP/2, CVE-2023-44487, DDoS, Nginx, Rapid Reset Attack

Введение

HTTP/2 – протокол, разработанный рабочей группой Hypertext Transfer Protocol working group. В мае 2015 года спецификация HTTP/2 была опубликована как RFC 7540. HTTP/2 был создан для решения проблемы увеличения временной задержки при передаче данных по протоколу HTTP/1. По статистике на данный момент протоколом HTTP/2 пользуются более 50% всех веб-ресурсов. Основными составляющими HTTP/2 стали фреймы (Frames) и потоки (Streams). В HTTP/2 есть функция мультиплексирования: все потоки посылаются в едином TCP соединении. Также в HTTP/2 есть специальный тип фреймов RST_STREAM, позволяющий прерывать определенный поток. Перечисленные функции HTTP/2 позволяют открыть несколько одновременных потоков в одном TCP соединении. Отмена потока реализуется посредством отправки RST_STREAM. Преимуществом такого соединения является то, что от клиента и сервера не требуется согласования отмены, она возможна в одностороннем порядке. Несмотря на преимущества новых функций протокола HTTP/2, у них есть уязвимости, одна из них CVE-2023-44487. Данная уязвимость является актуальной, так как для ее реализации не требуются значительные ресурсы.

CVE-2023-44487 – это уязвимость функции отправки фрейма RST_STREAM и функции мультиплексирования потоков протокола HTTP/2, которая может быть эксплуатирована путем открытия клиентом большого количества потоков одновременно, что приводит к ожиданию ответа от сервера на каждый поток запроса, при этом клиент немедленно отменяет каждый запрос. Таким образом, могут быть совершены DoS или DDoS кибератаки, в том числе Rapid Reset Attack, представленные на рисунке 1.

Основная часть

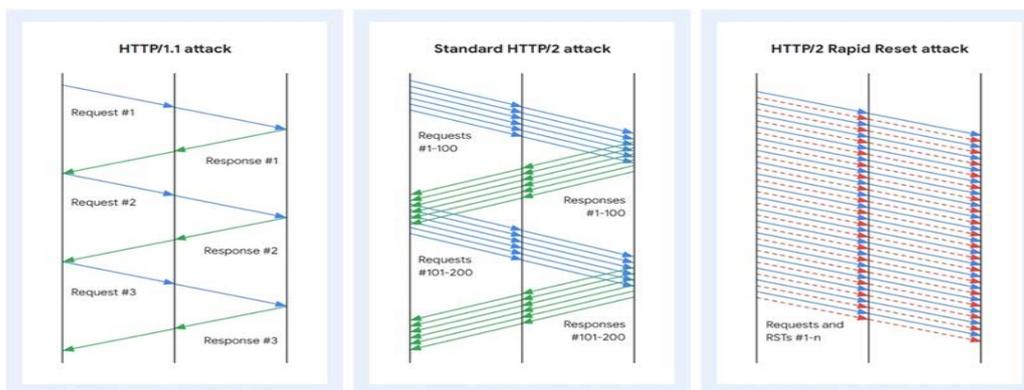
Для исследования уязвимости протокола HTTP/2 был создан макет, который включал в себя следующие виртуальные машины:

1 Веб-сервер на основе оперативной системе GNU/Linux Ubuntu Server 22.04 (ОЗУ 2 Гбайта, 1 vCPU).

2 Устройство потенциального нарушителя, с аналогичной ОС и равное по вычислительной мощности с сервером для корректности и наглядности сравнения.

Для работы веб-сервера было выбрано одно из самых распространенных ПО Nginx, за счет открытого исходного кода, удобству установки и конфигурации. Для использования протокола HTTP/2 необходима поддержка шифрования TLS посредством SSL-сертификатов, за счет чего осуществляется использование протокола HTTPS. Поэтому на веб-сервере были созданы самоподписанные SSL-сертификаты и произведена соответствующая конфигурация Nginx. Далее в конфигурационном файле веб-сервера в разделе «server» указывается строка «listen 443 ssl http2», которая включает поддержку HTTP/2.

Рисунок 1 – Механизмы реализации DoS и DDoS кибератак с использованием различных



версий протокола HTTP

Для реализации DoS кибератаки использовалась утилита, написанная на языке Go «rapidresetclient», позволяющая реализовать исследуемую кибератаку. Для контроля работы утилиты и просмотра отправляемых пакетов была использована программа «Wireshark», которая позволяет отследить количество, частоту и содержание HTTP-запросов.

Учитывая использование протокола HTTPS и его функции шифрования, для просмотра содержания пакетов было необходимо отредактировать исходный код «rapidresetclient» для

сохранения генерируемых ключей шифрования при установлении HTTPS-соединения и дальнейшего использования их для расшифровки пакетов. Как показано на рисунке 2, утилита исправно отправляет GET-запросы и запросы с флагом RST_STREAM поочередно, используя протокол HTTP/2, что и является реализацией Rapid Reset Attack.

```

    > Frame 42: 458 bytes on wire (3664 bits), 458 bytes captured (3664 bits) on interface enp6s0, id 0
    > Ethernet II, Src: Giga-Byt_e4:d8:ec (e0:d5:5e:e4:d8:ec), Dst: HuaweiDe_dd:7b:cd (54:71:dd:dd:7b:cd)
    > Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.107, Dst: 161.35.211.79
    > Transmission Control Protocol, Src Port: 59118, Dst Port: 443, Seq: 2560, Ack: 1637, Len: 392
    > Transport Layer Security
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: HEADERS, Stream ID: 45, Length 18, GET /
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: RST_STREAM, Stream ID: 45, Length 4
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: HEADERS, Stream ID: 47, Length 18, GET /
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: RST_STREAM, Stream ID: 47, Length 4
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: HEADERS, Stream ID: 49, Length 18, GET /
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: RST_STREAM, Stream ID: 49, Length 4
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: HEADERS, Stream ID: 51, Length 18, GET /
    - HyperText Transfer Protocol 2
      > Stream: RST_STREAM, Stream ID: 51, Length 4
    
```

Рисунок 2 – Результат анализа пакетов с помощью Wireshark в ходе проведения Rapid Reset Attack

Для сравнения эффективности кибератак была произведена классическая DoS кибератака на протокол HTTP/1.1 с поддержкой HTTPS. Результаты сравнения двух кибератак представлены в таблице 1. В таблице 1 приводится значение «load average», которое отображает среднюю нагрузку системы, где «0» означает отсутствие нагрузки, «1» - отсутствие запаса производительности для 1-ядерного компьютера, а если значение больше, чем количество ядер процессора, значит система значительно перегружена и процессы ожидают своей очереди на исполнение.

Таблица 1 – Сравнение нагрузки при реализации Rapid Reset Attack и классической HTTP/1.1 кибератаке

Тип кибератаки	Кол-во запросов в секунду	Степень нагрузки процессора на сервере, %	Значение «load average» на сервере	Степень нагрузки процессора на устройстве нарушителя, %	Значение «load average» на устройстве нарушителя
HTTP/2 Rapid Reset Attack	8125	85–90	0,95–1,05	0,75–0,8	0,90
HTTP/1.1 DoS	234	84–86	0,60–0,65	86-90	44,5–48,0

Заключение

Результаты сравнения реализации Rapid Reset Attack и классической DoS кибератаке показали, что с точки зрения требований к вычислительной способности устройства нарушителя, кибератака на HTTP/2 намного эффективнее.

На основе изучения механизмов реализации DoS кибератак на веб-сервера, поддерживающие соединение по протоколу HTTP/2, были предложены способы ликвидации уязвимости CVE-2023-44487:

- 1 Ограничение количества открытых соединений и количества одновременно открытых потоков в рамках одного соединения.
- 2 Переход на HTTP/3.
- 3 Своевременное обновление серверного программного обеспечения.

Необходимо отметить, что первый способ не применим к сервисам, обрабатывающим большое количество пользователей одновременно. Также существуют коммерческие

решения от Cloudflare и других организаций, предоставляющих услуги в области кибербезопасности.

Список использованных источников:

1. CVE-2023-44487 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=CVE-2023-44487>. – Дата доступа : 05.02.2024.
2. Создание самоподписанного SSL-сертификата для Nginx [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.8host.com/blog/sozdanie-samopodpisannogo-ssl-sertifkata-dlya-nginx-v-ubuntu-18-04/>. – Дата доступа : 05.02.2024.
3. Tool for testing mitigations and exposure to Rapid Reset DDoS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/secengjeff/rapidresetclient>. – Дата доступа : 05.02.2024.
4. Best DDoS Attack Script Python3, Attack With 56 Methods [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/MatrixTM/MHDDoS>. – Дата доступа : 05.02.2024.

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ИГРОВЫХ КОМПАНИЙ

Бродович Б.Е.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Рабцевич В.В. – старший преподаватель
каф.ИКТ

Аннотация. В материалах доклада рассматриваются проблемы безопасности игровых веб-приложений. Был проведен анализ существующих решений для защиты с учетом существующих видов атак.

Ключевые слова: кибербезопасность, игровое приложение, веб-приложение.

Введение

Создателям цифровых видеоигр постоянно приходится сталкиваться со взломом своих продуктов, который базируется на взаимодействии с исходным кодом (например, путем реверсного инжиниринга) либо других составляющих. При этом прослеживается закономерность между популярностью товара компании и его вероятностью быть взломанными [1].

Основная часть

Проведем анализ различных атак на пользовательскую базу данных. Согласно принципу Керкгоффса [2] при оценке надёжности необходимо предполагать, что злоумышленник знает об используемой системе шифрования всё, кроме ключей. В данном случае ключами являются пароли пользователей, которые хранятся в виде хешей, а сама СУБД (система управления базами данных), соответственно, была взломана и целиком попала к злоумышленнику.

Самый простой метод взлома это подбор пароля. Существует два подхода: это атака по словарю и brute-force атака (простой лексикографический перебор всех возможных вариантов). Процесс подбора пароля описанными методами показан ниже на рис. 1. От данных атак сложно защититься, но есть способы сделать их менее эффективными.

Метод взлома через таблицу заключается в создании специальной таблицы, где заранее вычислены значения хешей для различных паролей. При взломе хеша происходит поиск соответствующего ему исходного пароля в этой таблице.

Обратный поиск по таблице – это эффективный метод взлома при больших объемах БД. Он позволяет злоумышленнику применять перебор паролей одновременно, создавая таблицу для поиска пользователей с соответствующими значениями хеша. Эффективность увеличивается, если несколько пользователей имеют одинаковые пароли.

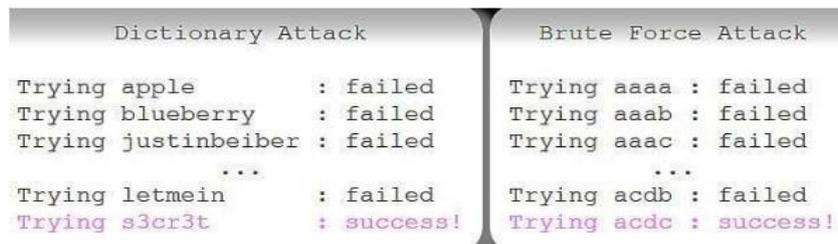


Рисунок. 1. Взлом пароля с помощью атаки по словарю и brute-force атаки

Последний способ взлома – это использование так называемых радужных таблиц. Радужные таблицы – это вариант обычных таблиц, содержащих цепочки данных, полученные через хеширование и редукцию. Они требуют меньше памяти и могут взламывать пароли до восьми символов, зашифрованные с помощью MD5.

Анализ объекта защиты и выбор инструментов для обеспечения безопасности

Остановимся подробнее на особенностях данных, которые необходимо шифровать при разработке многопользовательской игры. В БД при регистрации нового пользователя заносится новый объект, содержащий хеш пароля, так называемую соль (затравку для функции хеширования) и токен пользователя – еще один хеш. Основная информация о пользователе – это логин, электронный адрес почты, хеш пароля (элемент passwordHash), соль хеша пароля (элемент r) и токен (элемент token).

Сейчас существует множество алгоритмов хеширования данных, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы. Наиболее популярные из них:

SHA-256 (Secure Hash Algorithm 256-bit): этот алгоритм является наиболее часто используемым. Он создает 256-битное хеш-значение фиксированной длины и известен своей безопасностью и скоростью.

SHA-1 (Secure Hash Algorithm 1): SHA-1 также широко применяется, но стоит отметить, что он менее безопасен, так как использует 160-битное хеш-значение.

MD5 (Message Digest Algorithm 5): MD5 является одним из наиболее известных алгоритмов хеширования и широко используется для проверки целостности данных.

Для обеспечения безопасности при использовании функций хеширования рекомендуется добавлять затравку (salt), которая представляет собой случайную строку, добавляемую перед или после хешируемого сообщения (порядок не важен). Применение затравки обеспечивает ряд преимуществ, таких как: защита от атак по таблицам, усложнение перебора, повышение криптостойкости.

Таким образом, злоумышленник не может предугадать, какая затравка будет использована в каждом хеше пароля. Это влечет за собой невозможность построения радужных и иных таблиц для комбинаций всех возможных паролей со всеми возможными затравками. Стоит также отметить, что затравку нет смысла шифровать так как это усложнит процесс аутентификации пользователей с точки зрения приложения.

Для повышения уровня защищенности при использовании пары «логин - пароль» в игровых приложениях, было решено создавать для каждого пользователя по токену. Токен в данном конкретном случае – это зашифрованная пара: логин и хеш пароля.

При регистрации пользователю выдается специальный хеш – секретный API ключ, который не следует разглашать. Этот ключ используется в каждом запросе к сервису, таким образом идентифицируя клиента.

Для обеспечения безопасности RESTful запросов используется защищенное соединение и передача токена вместо «логина-хеша пароля». Токен создается однажды: при регистрации и не меняется при смене пароля. Для его создания применяются алгоритмы с техникой «key stretching», увеличивающей криптостойкость даже слабых паролей.

Формирование политики безопасности:

Минимальная длина пароля: важно ограничивать минимальную длину пароля. В сетевых приложениях, включая игровые, слишком короткие пароли не обеспечивают надежную защиту. Обычно рекомендуется устанавливать минимум в 8 символов, что является разумным компромиссом между безопасностью и удобством для пользователей.

Политика парольной защиты:

а) Объединение ошибок в логине и пароле: при попытках авторизации следует рассматривать ошибку в логине и ошибку в пароле как единую пару. Это предотвращает перебор логинов и паролей через интерфейс.

б) Восстановление пароля через временные токены: при запросе на восстановление пароля пользователю следует предоставить ссылку с уникальным временным токеном. Токен должен быть привязан к конкретному аккаунту, чтобы злоумышленник не мог изменить чужой пароль. Время действия токена должно быть ограничено (например, 15 минутами).

в) Аннулирование токена после успешной авторизации: когда пользователь восстановил пароль, токен должен быть аннулирован. Это предотвращает его повторное использование.

г) Не отправлять новый пароль по почте: никогда не следует отправлять новый пароль пользователю по электронной почте. Вместо этого используйте временные токены для восстановления пароля.

д) Использование новой затравки для хеширования нового пароля: при изменении пароля рекомендуется обновлять затравку для хеширования. Это повышает безопасность хранения паролей в базе данных.

Заключение

Таким образом, в статье рассматриваются проблемы повышения защищенности игрового веб-приложения с учетом различных видов атак на пользовательскую БД и проведен анализ существующих решений для обеспечения надежной парольной защиты.

Список использованных источников:

1. Информационная безопасность в игровой индустрии [Электронный ресурс].. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/articles/695912/>. – Дата доступа : 27.10.2022.
2. Н.Е.Губенко, А.В.Сирант Сравнительный анализ и выбор алгоритмов хеширования для организации парольной защиты игровых приложений /Н.Е.Губенко, А.В.Сирант. – Донецк: ДНТУ.

АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА. МЕТОДЫ СБОРА СЕТЕВЫХ ПРИЗНАКОВ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ

Грибович А.А., Клепцов Ю.В., Грищук А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Медведев С.А. – канд. технич. наук

Аннотация. Рассматривается задача сбора и анализа сетевых признаков и предупреждений для выявления аномалий и вредоносной активности, улучшения диагностики, восстановления и устранения причинных факторов. Рассмотрена концепция сетевого мониторинга безопасности (NSM) и методы сбора данных.

Ключевые слова: сетевой мониторинг безопасности, сбор сетевых данных, обнаружение на конечных точках.

Введение

В современном мире безопасность сетей становится все более приоритетной, особенно в условиях нарастающих угроз в интернете. Эффективные методы сбора данных о сетевой активности играют решающую роль в обнаружении и реагировании на потенциальные атаки.

Концепция сетевого мониторинга безопасности (NSM) включает в себя сбор, анализ и реагирование на признаки вторжений [1]. Необходимость сбора сетевых данных обусловлена выявлением аномалий и вредоносной активности, что предоставляет ценную информацию о возможных угрозах. Каждый из методов сбора данных имеет свои преимущества и недостатки, и их выбор зависит от конкретных требований и целей. В данной работе мы рассмотрим каждый из них в контексте обеспечения безопасности сети.

Важно отметить, что мониторинг сетевых данных и активности пользователей играет важную роль в обеспечении безопасности сети. Постоянное обновление политик

безопасности и тщательная проверка конфигураций конечных точек являются неотъемлемой частью защиты сети от вредоносных атак.

Основная часть. Мониторинг сетевой безопасности (NSM) - это сбор, анализ и эскалация признаков и предупреждений для обнаружения и реагирования на вторжения. Данный подход неявно обращается к планированию деятельности или попыткам сопротивления вторжениям. Все четыре фазы цикла безопасности – планирование, сопротивление, обнаружение и реагирование необходимы при защите сети организации от угроз. Первым шагом в построении операционной модели является описание взаимосвязей между планированием, сопротивлением, обнаружением и реагированием, как показано на рисунке 1.

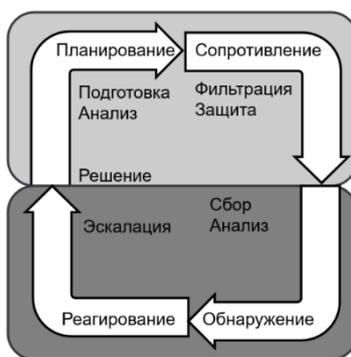


Рисунок 1 – Цикл обеспечения безопасности

IT-команды и команды по безопасности планируют новые защитные меры, в то время как существующие компоненты противодействия отражают некоторых злоумышленников. В то время как одна группа занимается обнаружением одних злоумышленников, реагируя на них, команды инцидентного реагирования по безопасности уже реагируют на других злоумышленников, уже проникших в организацию.

Фаза планирования. Команды IT и безопасности подготавливаются и анализируют текущую ситуацию, нацеливаясь на оптимальное сопротивление вторжениям и уязвимостям. В рамках этой фазы проводятся бюджетирование, аудит, проверка соответствия, обучение и разработка безопасного программного обеспечения. К примерам работы по оценке относятся симуляция атак, тестирование на проникновение и практика проведения атакующих операций.

Фаза сопротивления. Команды IT и безопасности осуществляют фильтрацию и защиту данных. Здесь применяется автоматизированное противодействие, такое как брандмауэры, антивирусное программное обеспечение и защита от утечки данных. Также проводятся обучение по безопасности и управление конфигурацией и уязвимостями.

Фазы обнаружения и реагирования включают в себя сбор, анализ и эскалацию, которые являются основой цикла безопасности предприятия. Аналитики занимаются обнаружением и реагированием на вторжения.

Сбор данных, которые нам необходимы для принятия решения о том, является ли деятельность нормальной, подозрительной или вредоносной. Включает в себя различные процессы, которые собирают информацию, как техническую, так и не техническую.

Технические процессы включают в себя сбор данных с конечных точек или хостов (таких как компьютеры, серверы, планшеты, мобильные устройства и т. д.), сети и логов (созданных приложениями, устройствами и другими источниками).

Нетехнические процессы сбора включают запись информации от сторонних лиц (внешних участников, таких как партнеры, правоохранительные органы, разведывательные агентства и т. д.) и пользователей. Индикатор компроментации (IOC) – это признак компрометации, который указывает на наличие инцидента безопасности или активности злоумышленников в сети или системе. IOC может включать в себя различные типы данных, такие как IP-адреса, URL-адреса, хэши файлов, паттерны сетевого трафика, аномальные действия пользователей и другие сигналы, которые могут указывать на наличие угрозы безопасности.

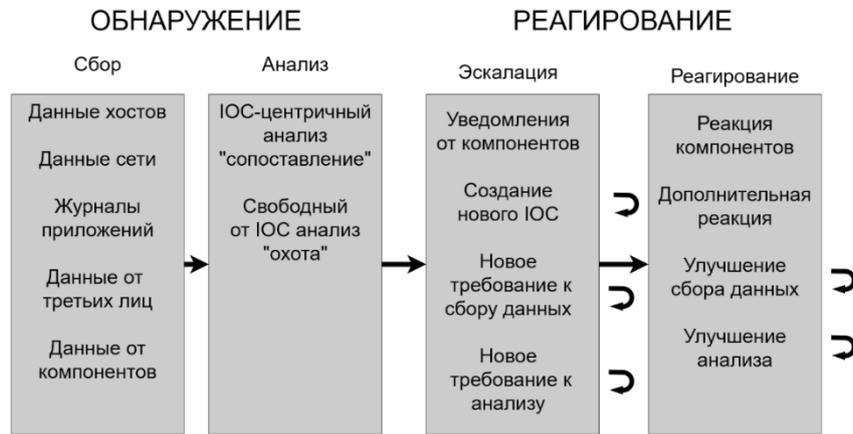


Рисунок 2 – Процесс сетевого управления безопасностью

Сбор данных происходит с помощью комбинации аппаратных и программных средств, которые используются для генерации и сбора данных для обнаружения и анализа NSM [2].

Большинство организаций можно отнести к одной из трех категорий:

Организации без установленной инфраструктуры NSM, которые только начинают определять свои потребности в сборе данных.

Организации, которые уже занимаются обнаружением вторжений, но никогда подробно не изучали данные, которые они собирают.

Организации, которые вложили много времени в определение своей стратегии сбора данных и постоянно совершенствуют эту стратегию в рамках цикла NSM.

Сбор сетевых данных может помочь выявить закономерности, и необходим для обнаружения аномальной или вредоносной активности в сети. Предоставляет полезную информацию о вторжениях для улучшения диагностики, восстановления и устранения причинных факторов. Вот несколько методов:

1. **Захват пакетов:** Используйте инструменты захвата пакетов, такие как Wireshark, tcpdump или Snort, для захвата сетевых пакетов, проходящих по сети. Захват пакетов позволяет вам осмотреть содержимое отдельных пакетов, включая исходные и конечные IP-адреса, порты, протоколы и данные полезной нагрузки.

Процесс sniffинга пакетов включает в себя взаимодействие программного и аппаратного обеспечения и состоит из трех этапов:

Сбор данных: Сначала sniffер пакетов собирает сырые двоичные данные с провода, переключая выбранный сетевой интерфейс в режим promiscuous. Это позволяет прослушивать весь трафик на сегменте сети.

Преобразование: Захваченные двоичные данные преобразуются в читаемый формат. Большинство продвинутых sniffеров ограничиваются этим этапом, оставляя анализ для пользователя.

Анализ: Sniffer пакетов анализирует захваченные данные, проверяя протокол сетевых данных и выявляя его особенности [3].

PCAP представляет собой формат файла, используемый для хранения данных, захваченных при sniffинге пакетов. PCAP - это важный инструмент для системных администраторов и команд по безопасности, предоставляющий глубокое понимание сети [4]. Он увеличивает видимость сети, позволяет мониторить в реальном времени и прост в использовании. Однако есть и недостатки:

Не обнаруживает угрозы, не связанные с сетью, такие как атаки на аппаратный уровень.

Не преодолевает шифрование, что делает невозможным анализ зашифрованных коммуникаций.

Расположение sniffера пакетов влияет на видимость, так как он не может видеть всю активность по сети.

2. **Анализ сетевого потока:** Собирает данные сетевого потока, которые предоставляют краткую информацию о потоках сетевого трафика. Данные потока включают в себя такие детали, как исходные и конечные IP-адреса, порты, протоколы и метки времени. Инструменты, такие как NetFlow, sFlow или IPFIX, могут использоваться для экспорта данных потока из маршрутизаторов, коммутаторов или сетевых устройств.

Строго говоря, поток – это серия пакетов, которые имеют одни и те же исходные и конечные IP-адреса, исходные и конечные порты, а также IP-протокол [5]. Это также называется пятикратным IP-поток. Термин "поток" иногда также используется для обозначения агрегации отдельных потоков. Запись потока – это сводная информация о потоке, записывающая, какие хосты общались с какими другими хостами, когда происходила эта связь, как трафик передавался, и другая основная информация о сетевом общении. Система анализа потока собирает информацию о потоках и предоставляет вам систему для поиска, фильтрации и печати информации о потоках. Записи потока подводят итоги каждого соединения в вашей сети.

Архитектура потоковой системы включает три компонента:

Сенсор (зонд): Устройство, которое прослушивает сеть и захватывает данные о трафике. Это может быть коммутатор, маршрутизатор или программное обеспечение, которое слушает сетевой трафик. Сенсор отслеживает сетевые соединения и передает данные после завершения соединения или по истечении тайм-аута.

Коллектор: Программное обеспечение, которое получает записи сенсора и сохраняет их на диск. Коллектор является критической частью инфраструктуры управления потоками, хотя формат хранения данных может отличаться.

Система отчетности: Читает файлы коллектора и создает удобные для анализа отчеты. Система должна быть совместима с форматом файла, используемым коллектором.

3. Обнаружение вторжений (IDS) - это процесс мониторинга событий в компьютерной системе или сети и анализа их на наличие признаков вторжений, таких как попытки компрометации конфиденциальности, целостности и доступности данных, а также обход механизмов безопасности [6]. Эти события могут быть вызваны злоумышленниками, получающими доступ из Интернета, авторизованными пользователями, пытающимися получить несанкционированные привилегии, или авторизованными пользователями, злоупотребляющими своими привилегиями.

Цели использования IDS:

Предотвращение проблемного поведения путем увеличения риска обнаружения и наказания злоумышленников.

Обнаружение атак и других нарушений безопасности, которые не удается предотвратить другими мерами безопасности.

Обнаружение и реагирование на предвестники атак, такие как сетевые запросы и другие аномалии.

Документирование существующих угроз для организации.

Контроль качества проектирования и администрирования безопасности, особенно в крупных и сложных предприятиях.

4. Управление информацией и событиями безопасности (SIEM). SIEM используется для централизации и корреляции журнальных данных с различных сетевых устройств и средств безопасности. Платформы SIEM собирают журналы от брандмауэров, маршрутизаторов, коммутаторов, сенсоров IDS/IPS, серверов и других сетевых устройств, и применяют правила корреляции для выявления потенциальных инцидентов безопасности.

5. Журналирование на DNS и DHCP серверах для мониторинга разрешений доменных имен и выделений IP-адресов. Анализ журналов DNS и DHCP может помочь выявить подозрительные доменные имена, IP-адреса или имена хостов, связанные с злонамеренной деятельностью.

6. Журналы прокси-серверов и веб-серверов. Используются для мониторинга веб-активности пользователей и доступа к внешним сайтам. Журналы прокси-серверов и веб-серверов могут предоставить информацию о шаблонах веб-трафика, поведении пользователей и потенциальных угрозах безопасности, таких как доступ к вредоносным веб-сайтам или загрузка подозрительных файлов. Включите журналирование на сетевых устройствах, таких как брандмауэры, маршрутизаторы и коммутаторы, чтобы записывать события и активности.

6. Сетевые тапы/Зеркалирование портов сети. Используется для копирования сетевого трафика с одного сегмента сети на другой. Это позволяет вам мониторить сетевой трафик, не нарушая поток данных. Сетевые тапы и зеркалирование могут быть особенно полезны для захвата трафика на высокоскоростных или критически важных сетевых каналах.

7. Обнаружение и ответ на события на конечных точках (EDR). Интегрируются решения безопасности конечных точек с возможностями мониторинга сети для сбора данных с конечных точек о сетевых подключениях, трафике и связи. Решения EDR предоставляют информацию о сетевой активности конечной точки и могут помочь выявить аномальное или злонамеренное поведение, свидетельствующее о угрозах безопасности.

По мере присоединения, изменения и выхода устройств из наших сетей, они приобретают динамические характеристики, сравнимые с фильмом, а не статичным снимком [7]. Наш подход к сети, особенно к ее периметру, должен быть адаптивным и постоянно ориентированным на динамическую природу сети. Это требует от нас не только моментальных снимков, но и всестороннего обеспечения доверительности всех подключаемых к нам конечных точек.

С учетом разнообразия методов подключения устройств к нашим сетям, конечная точка становится ключевым периметром, который необходимо защитить. Хотя у нас есть сетевые брандмауэры, контролирующие широкомасштабный доступ к сети, основная угроза исходит от мелких нарушений доступа, таких как небольшие вирусы, попадающие в сеть через пользовательские конечные точки.

Путем анализа данных с этих сетевых источников организации могут обнаружить и оперативно реагировать на аномальную или вредоносную активность на своих сетях, чтобы минимизировать потенциальные угрозы безопасности.

Как минимум, предпочтительно избежать следующего: вирусов, червей, незаконного программного обеспечения, шпионских программ, неавторизованных пользователей, неавторизованных конечных точек [8].

Каждая конечная точка должна выполнять следующее: обеспечить целостность операционной системы, проверить конфигурацию системы, быть удаленно управляемой.

Успешное удаленное управление требует строгой политики, которая обеспечивает соблюдение минимальной конфигурации для всех подключенных конечных точек, независимо от возражений пользователей. Это важно, поскольку даже одна несоответствующая система может привести к серьезным проблемам в сети.

На рисунке 3 показан процесс коррекции наших правил, включая в них принципы восстановления и компартиментализации. Важно понять, может ли сеть доверять каждой из конечных точек.

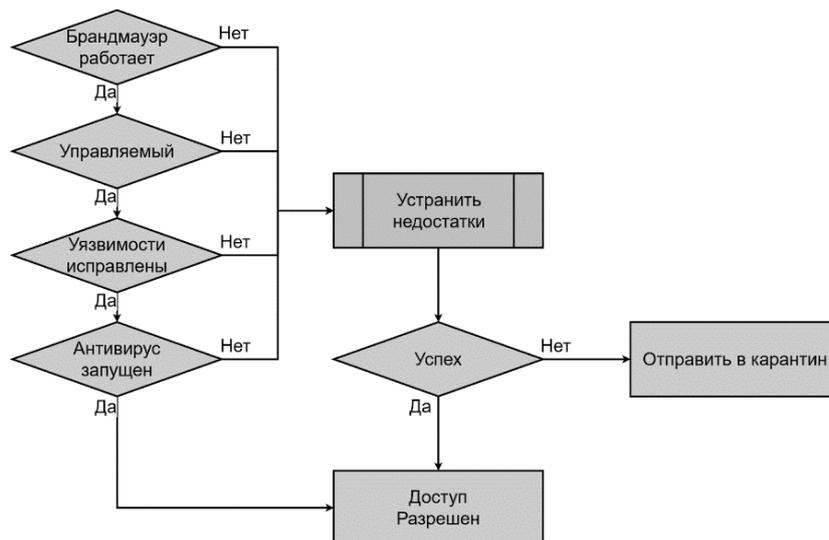


Рисунок 3 – Конечная точка должна быть помещена в карантин, если не проходит четыре простых теста

Заключение

В современном мире, где угрозы в интернете продолжают расти, мониторинг сетевых данных и активности пользователей играет ключевую роль в обеспечении безопасности сети. Разнообразные методы сбора данных имеют свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от требований и целей организации. Однако, независимо от

выбранного метода, важно понимать необходимость постоянного обновления политик безопасности и строгой проверки конфигураций конечных точек, хостов и других узлов сети, как неотъемлемой части защиты от вредоносных атак.

Список использованных источников:

1. Richard Bejtlich // The Practice of Network Security Monitoring: Understanding Incident Detection and Response, 2013. P. 185-189.
2. Chris Sanders, Jason Smith, and Liam Randall // Applied Network Security Monitoring: Collection, Detection, and Analysis, 2014. P. 74-75.
3. Крис Сандерс // Анализ пакетов: Практическое руководство по использованию Wireshark и tcpdump для решения реальных проблем в локальных сетях, 2017. P. 23-26.
4. What Is PCAP? Packet Capture Explained [Electronic resource]. URL: www.forbes.com/advisor/business/software/what-is-pcap. (date of access: 05.02.2024).
5. Michael W. Lucas // Network Flow Analysis, 2010. P. 10-12.
6. Rebecca Bace, Peter Mell // Intrusion Detection Systems, 1999. P. 5-6.
7. Mark Kadrach // Endpoint Security, 2007. P. 15.
8. Mark Kadrach // Endpoint Security, 2007. P. 73-74.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ

Грищук А.А. Клепцов Ю.В Грибович А.А

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Цветков В.Ю. – д.т.н., доктор, заведующий
кафедры ИКТ

Аннотация. В настоящее время радиочастотная идентификация (RFID) является одной из быстро развивающихся технологий в области беспроводных коммуникаций быстрого действия и одной из базовых технологий Интернета вещей. На данный момент радиочастотную идентификацию внедрили во многие сферы жизни, не только корпоративной, но и повседневной.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, штрихкодирование, индивидуальное сканирование

Введение

Технология RFID становится все более популярной в области почтовой связи, ведь главное ее преимущество – скорость – очень важно при оказании услуг.

RFID-технология используется в Системе UNEX (система измерения качества почтовых услуг) на протяжении последних 17 лет. Более того, данная система внедрена уже в 46 странах – порядка 340 рабочих и складских помещений операторов почтовой связи сегодня оборудованы более чем 1500 RFID-считывателей.

Основная часть

По данным IDTechEx, озвученным на II Московском ID-Форуме, в 2014 году общий объем мирового рынка RFID составил 8,9 млрд долл., а в 2015-м рынок превысил 9,6 млрд долл. Сейчас 13% продаж приходится на считывающие устройства; все остальные доходы формируются от поставок меток различных видов. Основная масса меток используется для оснащения средств контроля доступа и в розничной торговле, далее с большим отрывом следуют «умные» билеты и производство.

Сейчас технологии радиочастотной идентификации более всего востребованы в ретейле, логистике, медицине и некоторых производственных процессах, однако в ближайшем будущем ожидаются заметные перемены: активность сместится в сферу легкой промышленности, оборонного сектора и почты.

Даже при наличии систем штрихкодирования процесс отслеживания перевозимых грузов может быть достаточно сложным. Основная проблема заключается в том, что Barcode

или QR-code каждой этикетки необходимо сканировать индивидуально, обеспечив при этом прямую видимость этикетки сканером штрихкода. Описанные выше особенности сильно замедляют логистические процессы и повышают влияние человеческого фактора, как следствие, возникновение ошибок. Система, построенная на основе технологии радиочастотной идентификации (RFID) актуальна в логистике и на складах, так как лишена этого недостатка – сканирование целой группы товаров может производиться одновременно бесконтактным образом. Использование системы, построенной на основе оборудования RFID и меток RFID, значительно оптимизирует логистические процессы. Наши метки RFID в сочетании с RFID-считывателем позволяют отслеживать, учитывать и сортировать даже большие группы предметов одновременно. Индивидуальное сканирование конкретного товара тоже возможно. Благодаря технологии RFID управление логистическими процессами становится проще, чем когда-либо. Влияние человеческого фактора значительно минимизируется, что приводит к меньшему количеству ошибок, например, при доставке товара.

Почта России давно прорабатывала возможность маркировки RFID-метками писем и бандеролей, и сейчас эти работы входят в завершающую фазу. Также в рамках развития общих процедур Таможенного союза начат проект по маркировке изделий легкой промышленности, чтобы взять под контроль их оборот. Что касается военной промышленности, то здесь радиочастотные технологии используются для идентификации специфических изделий.

Республиканское унитарное предприятие «Белпочта» стремится не только выполнять свою главную миссию - предоставление услуг почтовой связи для населения, органов государственного управления, предприятий и организаций, руководствуясь девизом «Быстрота. Надежность. Доступность», но также и стремится облегчить труд своих работников. РУП «Белпочта» постоянно повышает уровень обслуживания и внедряет новые услуги, а также совершенствует существующие услуги и производственные процессы. Работать на опережение потребностей своих клиентов – один из главных принципов предприятия.

РУП «Белпочта» на сегодняшний день является технически оснащенным предприятием, которое успешно использует различные технологии, в том числе и информационные, для эффективной работы предприятия. Так на смену уже ставшему традиционным штрихкодированию постепенно приходит новая технология - радиочастотная идентификация.

Технология RFID позволяет вывести учет на новый уровень, на котором вмешательство человека минимально или не требуется вовсе. Появилась возможность полностью автоматизировать учет.

Внедрение технологии RFID в почтовую связь позволит повысить эффективность работы в целом, усилить контроль над прохождением отправок по всему пути следования, а также ускорить регистрацию и слежение почтовых отправок в системе. Применение данной технологии ведет к увеличению безопасности почтовых отправок, снижению потерь времени, повышению производительности и более эффективному использованию оборудования и персонала.

Заключение

В данной исследовательской работе был проведен анализ перспектив внедрения технологии радиочастотной идентификации (RFID) для автоматизации учета в объектах почтовой связи. Существенно сокращается время на получение информации о движении объектов и повышается ее достоверность и безопасность. Внедрение автоматизированной системы, построенной на основе радиочастотных технологий, позволит достигнуть следующих результатов:

уменьшить затраты на оплату труда за счет сокращения численности работников, исключить ошибки персонала, автоматизировать значительную часть работы;

усовершенствовать обработку информации за счет исключения ручного ввода и связанных с этим ошибок

снизить потери времени от поиска почтового отправления, быстро и точно проводить инвентаризацию.

Преимущества использования радиочастотной идентификации позволяют заключить, что штрих-код постепенно будет заменен на более эффективный способ автоматической

идентификации на разных этапах обработки почтовых отправок, что позволит улучшить качество оказания услуг почтовой связи.

Список использованных источников:

1. RFID [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RFID>. – Дата доступа: 21.05.2023
2. Частотные диапазоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://erfid.ru/baza-znaniy/frequency/>. – Дата доступа: 20.05.2023
3. Автоматизация идентификации объектов. Штрих-кодирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/304474/filosofiya/avtomatizatsiya_identifikatsii_obektov_shtrih_kodirovanie. – Дата доступа: 21.05.2023
4. Как выбрать RFID-метки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://go-rfid.ru/novosti-i-statiy/novosti-oborudovaniya/kak-vibrat-rfid-metki>. – Дата доступа: 05.07.2023

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РАССТОЯНИЙ ОПТИЧЕСКИМ РЕФЛЕКТОМЕТРОМ МТР 6000

Ковалев Д.В., Орехов А.К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Белошицкий А.П. – кандидат технических наук, доцент

Аннотация. В материалах доклада рассматривается разработанная методика определения абсолютной погрешности измерения расстояний до мест неоднородностей и соединений оптического волокна (ОВ) с помощью оптического рефлектометра МТР 6000. Приводятся функциональные возможности этого прибора и принцип его работы.

Ключевые слова: Оптический рефлектометр, измерения расстояний, погрешность, методика.

Введение

Для достижения требуемых параметров передачи волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и их высоких эксплуатационных качеств большую роль имеет метрологическое обеспечение (МО) строительства и технической эксплуатации ВОЛС. Одной из важных задач МО является контроль метрологических характеристик (МХ) используемых измерительных приборов. На разных стадиях жизненного цикла приборов этот контроль осуществляется при проведении государственных испытаний, поверки, калибровки и метрологической экспертизы. Эти работы по метрологической оценке выполняются с использованием специально разработанных научно-обоснованных методик.

В докладе рассматривается разработанная методика определения абсолютной погрешности оптического рефлектометра МТР 6000 при измерении расстояний до мест неоднородностей и соединений ОВ.

Основная часть

Прибор МТР 6000 [1] предназначен для измерения характеристик оптических волокон и волоконно-оптических компонентов и может выполнять функции следующих приборов:

- оптического рефлектометра;
- источника непрерывного оптического излучения;
- измерителя мощности оптического излучения;
- источника видимого излучения.

При работе в режиме оптического рефлектометра прибор МТР 6000 позволяет измерять затухания в ОВ и их соединениях, длины ОВ и волоконно-оптических линий, расстояния до мест неоднородностей и соединений ОВ.

Принцип работы оптического рефлектометра МТР 6000 основан на измерении сигнала обратного рэлеевского рассеяния при прохождении по ОВ мощного одиночного оптического импульса. Слабый сигнал обратного рассеяния регистрируется чувствительным оптическим приемником, преобразуется в цифровую форму и многократно усредняется для уменьшения влияния шумов аппаратуры. В результате обработки этого сигнала формируется рефлектограмма, по которой определяются параметры ОВ и ВОЛС.

Для генерации непрерывного оптического излучения в приборе МТР 6000 используются те же лазерные диоды и оптический разветвитель, что и для рефлектометра. Выходом источника непрерывного излучения является оптический разъем рефлектометра. Мощность излучения стабилизируется с помощью внешнего фотодиода и схемы стабилизации мощности.

Для определения абсолютной погрешности измерения расстояний оптическим рефлектометром МТР 6000 в качестве эталонного средства был выбран оптический генератор ОГ-2-1. Метрологические характеристики ОГ-2-1 [2] полностью удовлетворяют требованиям решаемой задачи.

Определение погрешности проводят при минимальных значениях разрешения (интервала дискретизации сигнала обратного рассеяния), допустимых для данного диапазона измеряемых расстояний. Одновременно проверяют значения диапазонов измерения расстояний.

Для определения погрешности измерения расстояний необходимо соединить выход генератора ОГ-2-1 со входом рефлектометра МТР 6000 и включить генератор. С помощью кнопки F2 на передней панели рефлектометра выбрать окно «Параметры измерения» показанное на рисунке 1.

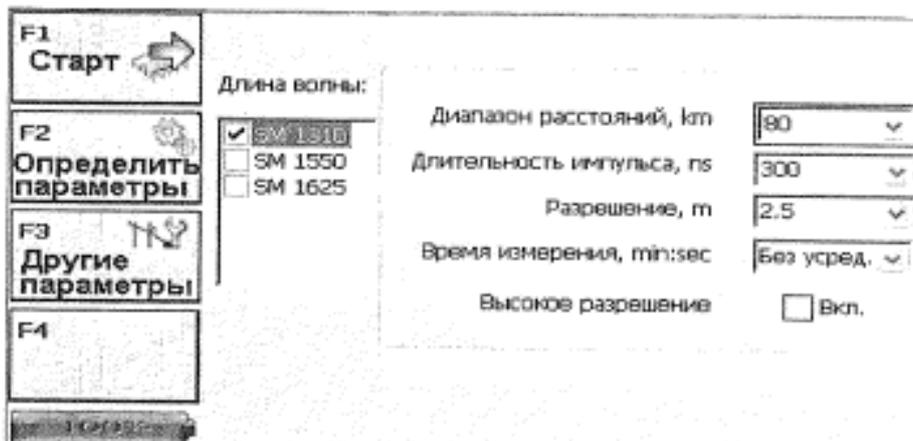


Рисунок 1 – Изображение окна «Параметры измерения» на дисплее рефлектометра МТР 6000.

В появившемся окне «Параметры измерения» установить следующие значения параметров:

- длина волны - минимальная из 1310, 1490, 1550, 1625 нм для одномодовых рефлектометров или минимальная из 850, 1300 нм для многомодовых рефлектометров;
- диапазон расстояний: 2 км;
- длительность импульса: 100 нс;
- разрешение: 0,16 м;
- время измерения: без усреднений;
- остальные параметры – по умолчанию.

После установки параметров измерения нажать кнопку ENTER.

Затем с помощью кнопки F3 выбрать окно «Дополнительные параметры измерения». В этом окне установить следующие значения параметров:

- коэффициент обратного рассеяния, ВС: -80,0 dB для длины волны 1310нм, -81 dB, для длин волн 1490, 1550, 1625 нм, -72 dB, для длины волны 850 -75 dB, для длины волны 1300 нм.

Показатель преломления, n: 1,47500.

Остальные параметры – по умолчанию.

Затем установить в меню "Параметры" управляющей программы оптического генератора ОГ-2-1 значение показателя преломления, равным 1,475.

Нажать кнопку «Расстояние» управляющей программы оптического генератора ОГ-2-1, при этом откроется окно «Проверка шкалы расстояний», в нем следует установить:

диапазон измеряемых расстояний – 2 км;

длину волны - в соответствии с выбранной длиной волны рефлектометра;

длительность измерительного импульса - 100 м;

число измерительных импульсов - 5;

положение 1-го измерительного импульса - 400 м.

Нажать кнопку «Зафиксировать параметры импульсов», затем нажать кнопку «Допустимая погрешность» и установить параметры для расчета допустимой погрешности прибора:

$$\Delta L_0 = 0,5\text{м}$$

$\Delta L_{sample} = dL$, м (минимальной разрешающей способности прибора для заданного диапазона измеряемых расстояний);

$$SL = 0,00003.$$

Запустить прибор МТР 6000 на измерение в режиме без усреднения.

С помощью аттенуаторов оптического генератора ОГ-2-1 установить амплитуду импульсов на экране прибора на 2-5 дБ ниже верхней границы вертикальной шкалы прибора. Горизонтальную линию, имитирующую сигнал обратного рассеяния на рефлектограмме, устанавливают на уровне (11 ± 1) дБ ниже плоской части вершины импульса, для многомодовых рефлектометров, и на уровне (15 ± 1) дБ ниже плоской части вершины импульса, для одномодовых рефлектометров.

После завершения работы прибора МТР 6000 в этом режиме передвинуть маркер: «В» в крайнее правое положение и прочесть максимальное значение шкалы расстояний, это значение является диапазоном измерения расстояний.

С помощью маркеров прибора МТР 6000 измерить расстояния от начала координат до точки пересечения горизонтальной линии, имитирующей сигнал обратного рассеяния, и переднего фронта каждого импульса. При этом используется максимальная растяжка масштаба по шкале затухания и шкале расстояний.

Занести полученные значения в соответствующий столбец ("Рефлектометр") в окне «Проверка шкалы расстояний» управляющей программы оптического генератора, для дальнейшего автоматического расчета погрешностей по формуле:

$$\Delta L_i = 1.1 * \sqrt{\Delta L_0^2 + (L_j - L_{0j})^2} \quad (1)$$

где ΔL_0 , м – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении расстояния оптического генератора ОГ-2-1 L_j , м- расстояние до j-го импульса, измеренное по экрану прибора МТР 6000, L_{0j} , м- расстояние до j-го импульса, задаваемое оптическим генератором ОГ-2-1.

Повторить измерения для всех диапазонов расстояний, указанных в таблице 1 для данного прибора, по описанной выше методике. Устанавливать длительности и положение первого измерительного импульса согласно таблице 1.

Таблица 1

Длительность измерительного импульса, м	Положение первого измерительного импульса, м	Диапазоны измерения расстояний, км	
		Многомодовый рефлектометр	Одномодовый рефлектометр
100	400	2	2
300	400	10, 20, 40	10, 20, 40
1000	400	80	120, 240

Результаты проверки считают удовлетворительными, если:

- максимальные значения шкалы расстояний соответствуют диапазонам измеряемых расстояний таблицы 1;

- полученные значения пределов погрешностей в столбце «Погрешность» не превышают пределов допустимой абсолютной погрешности измерения расстояния, указанных в столбце «Допуск» в окне «Проверка шкалы расстояний» управляющей программы оптического генератора, т. е. удовлетворяют условию:

$$\Delta L_j \leq dl + dL + 3 * 10^{-5} * L_{0j} \quad (2)$$

где допустимое значение начального сдвига dl 0,5 м; dL - установленное значение разрешения (интервала дискретизации сигнала обратного рассеяния), м; L_{0j} – расстояние, задаваемое оптическим генератором ОГ-2-1, м.

Заключение

Разработанная методика позволяет определить абсолютную погрешность измерения расстояний до мест неоднородностей и соединений ОБ с помощью оптического рефлектометра МТР 6000.

Список использованных источников:

1. Руководство по эксплуатации оптического рефлектометра МТР 6000
2. Руководство по эксплуатации оптическим генератором ОГ-2-1.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Маскей М. Ш., Касперович М. М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Белошицкий А. П. –
кандидат технических наук, доцент

Аннотация. В материалах доклада рассматривается разработанная методика оценивания неопределенности результатов измерений, выполненных с помощью эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц.

Ключевые слова: методика, неопределенность, эталон, ослабление, электромагнитные колебания

Введение

В последнее время достигнут существенный прогресс на пути промышленного освоения миллиметрового диапазона волн. Это обстоятельство стимулировало ускоренное создание разнообразных средств измерений (СИ) этого диапазона, в том числе скалярных и векторных анализаторов цепей и измерительных аттенюаторов [1]. Для проведения работ по метрологической оценке этих СИ в Республике Беларусь отсутствует соответствующее эталонное оборудование. Научно-образовательным инновационным центром сверхвысокочастотных (СВЧ) технологий и их метрологического обеспечения (Центр 1.9) БГУИР ведутся работы по созданию национального эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц. В докладе приводится описание методики оценивания неопределенности результатов измерений ослабления, выполненных с помощью указанного эталона.

Основная часть

Для проведения измерений ослабления при помощи эталона необходимо собрать измерительный тракт и выполнить калибровку эталона на измеряемой частоте. После чего подключить объект измерений и выполнить измерения. Количество измерений выбирают в зависимости от требуемой точности. Для высокоточных измерений рекомендуется провести не менее 10 повторных наблюдений.

Для оценки неопределенности результатов измерений ослабления с использованием эталона необходимо учитывать не только точность самого измерения, но и степень точности самого эталона. При этом важно провести анализ всех возможных источников ошибок и учитывать их в расчетах. Для составления модели измерения ослабления с помощью эталона были проанализированы и выявлены источники неопределённости измерений. Основными источниками неопределённости измерений для данной измерительной задачи являются: неопределенность измерения ослабления на промежуточной частоте, неопределенность измерения ослабления из-за недостаточной развязки измерительного канала, неопределенность измерения ослабления из-за нелинейности входных цепей и неопределенность измерения ослабления из-за рассогласования измерительного тракта. При правильном учете данных неопределенностей в модели измерения можно достаточно точно определить значение ослабления.

Для оценки неопределенности была предложена следующая модель измерения:

$$A = A_{и} + \delta_{ПЧ} + \delta_{н} + \delta_{из} + \delta_{расс}, \quad (1)$$

где A – результат измерений, дБ;

$A_{и}$ – измеренное значение ослабления, дБ;

$\delta_{ПЧ}$ – неопределенность измерения ослабления на промежуточной частоте (ПЧ), дБ;

$\delta_{из}$ – неопределенность измерения ослабления из-за недостаточной изоляции (развязки) измерительного канала, дБ; $\delta_{н}$ – неопределенность измерения ослабления из-за нелинейности входных цепей, дБ; $\delta_{расс}$ – неопределенность измерения ослабления из-за рассогласования измерительного тракта, дБ.

Входная величина типа A неопределенности характеризуется нормальным видом распределения с оценкой величины в децибелах. Оценка величины представлена результатами нескольких наблюдений, а стандартная неопределенность определяется из выражения:

$$u(A_{и}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (A_{иi} - A_{и})^2}, \quad \text{дБ} \quad (2)$$

Неопределенность величины $\delta_{ПЧ}$ классифицируется как тип В и характеризуется прямоугольным видом распределения, с оценкой величины, соответствующей 0 дБ. Интервал, в котором находится значение входной величины, определяется пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерения ослабления на ПЧ d_1 , а стандартная неопределенность равна:

$$d_1 \quad u(\delta_{ПЧ}) = \frac{d_1}{\sqrt{3}}, \quad \text{дБ} \quad (3)$$

Неопределенность величины $\delta_{н}$ также имеет тип В, при этом она характеризуется прямоугольным видом распределения и оценкой величины, соответствующей 0 дБ. Интервал, в котором находится значение входной величины, определяется нелинейностью входных цепей d_2 , а стандартная неопределенность определяется соотношением:

$$d_2 \quad u(\delta_{н}) = \frac{d_2}{\sqrt{3}}, \quad \text{дБ} \quad (4)$$

Неопределенность величины $\delta_{из}$ имеет тип В и описывается прямоугольным видом распределения с оценкой величины 0 дБ. Интервал, в котором находится значение входной величины, определяется значением паразитного сигнала вследствие недостаточной изоляции d_3 , а стандартная неопределенность определяется из выражения:

$$d_3 \quad u(\delta_{из}) = \frac{1}{\sqrt{3}}, \text{ дБ} \quad (5)$$

Неопределенность величины $\delta_{расс}$ имеет тип В, но характеризуется распределением в форме арксинусоидальной кривой, с оценкой величины 0 дБ. Интервал, в котором находится значение входной величины, зависит от максимально возможного рассогласования в измерительном тракте d_4 , а стандартная неопределенность равна:

$$d_4 \quad u(\delta_{расс}) = \frac{1}{\sqrt{2}}, \text{ дБ} \quad (6)$$

Неопределенность случайной составляющей. Сигнал с выхода объекта измерений, имеет небольшие колебания амплитуды в процессе измерения. Такие колебания приводят к некоторой неопределенности в измерении ослабления. Помимо тепловых шумов с увеличением частоты флуктуации значительно увеличиваются также из-за эффекта фазового 60-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов шума. В эталоне предусмотрена возможность снижения случайной неопределенности измерения путем усреднения.

Неопределенность измерения ослабления, обусловленная нелинейностью входных цепей. Нелинейность присуща многим устройствам, входящим в состав эталона, однако нелинейность преобразователей частоты (смесителей) и предварительных усилителей превалирует настолько, что нелинейностью остальных устройств можно пренебречь. Уровень сигнала на СВЧ-входе смесителя должен поддерживаться как минимум на 30 дБ ниже уровня гетеродина, чтобы добиться наименьшей ошибки из-за нелинейности. Измерения должны проводиться на малых уровнях сигнала, чтобы обеспечить работу смесителей в своей линейной области.

Неопределенность измерения ослабления из-за недостаточной развязка (изоляция) измерительного канала. Развязка измерительного канала важна из-за паразитных сигналов, которые могут исказить результаты измерений. Влияние развязки измерительного канала проявляется в виде присутствия на входе смесителя измерительного канала паразитного сигнала с постоянной (или медленно дрейфующей) амплитудой и фазой. Пока полезный сигнал остается много больше этого паразитного сигнала, влияние последнего пренебрежимо мало. Но при уменьшении амплитуды входного измерительного сигнала с ростом измеряемого ослабления паразитный сигнал начинает искажать результат измерения, векторно (с учетом амплитуд и фаз) складываясь с полезным сигналом. Одним из наиболее часто встречающихся источников этого паразитного сигнала является наводка входного и усиленного сигнала опорного канала в измерительный канал. Поэтому изоляцией или развязкой каналов принято называть просачивание мощности из опорного в измерительный канал и выражать ее в децибелах.

Поскольку в общем случае угол при векторном суммировании полезного и паразитного сигналов неизвестен, для оценки интервала ошибки необходимо использовать наихудший случай – синфазное детектирование. В таком случае для границы интервала можно записать

$$\text{Аиз-Ах} \quad d_3 = -20 \cdot \lg \left(1 - 10^{-\frac{20}{d_3}} \right), \quad (7)$$

где $A_{из}$, A_x – ослабления объекта измерения и развязка между опорными

измерительными каналами СВЧ тракта эталона соответственно, дБ.

х

$$A_{из}-A_x=20 \cdot (\text{---}), \quad (8) \text{ хиз}$$

где x , $x_{из}$ – амплитуды сигнала через объект измерения и сигнала утечки соответственно, дБ.

Неопределенность измерения ослабления на промежуточной частоте. По принципу действия эталон производит перенос значения измеряемой величины на ПЧ и осуществляет сравнение его значения с низкочастотным эталонным значением (ослабление на ПЧ), которое в свою очередь имеет свою неопределенность при его определении. Эта неопределенность зависит от погрешности измерения ослабления приемником сигналов ПЧ входящим в состав эталона.

Неопределенность измерения из-за рассогласования измерительного тракта. Значение величины d_4 для расчета этой неопределенности по формуле (6) можно определить из выражения:

$$d_4=8,2 [\Gamma_r \cdot \Gamma_c \cdot (K^2+1)+\Gamma_r \cdot \Gamma_1+\Gamma_c \cdot \Gamma_2], \quad (9)$$

где Γ_1 , Γ_2 – коэффициентов отражения от входа и выхода объекта измеряемого устройства;

Γ_r , Γ_c – модули коэффициентов отражения тракта СВЧ по обе стороны (со стороны входа и выхода) измеряемого устройства; K – модуль коэффициента передачи измеряемого устройства.

Заключение

Разработанная методика позволяет оценить неопределенность результатов измерения ослабления, выполненных с помощью эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц.

Список использованных источников:

1. Богуш, В. А. Векторные анализаторы цепей сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн/ В. А. Богуш [и др.]. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2019. – 328 с.

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДЕЛЬТА-ПРО+

Валова И.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Белошицкий А. П.. – кандидат технических наук, доцент кафедры ИИС

Аннотация. В материалах доклада рассматривается разработанная методика поверки рефлектометра, входящего в состав измерителя параметров кабельных линий ДЕЛЬТА-ПРО+. Приводятся метрологические характеристики поверяемого рефлектометра и выбранных эталонных средств поверки, схемы поверки и значения поверяемых точек.

Ключевые слова: поверка, методика, измеритель, кабельные линии.

Введение

Кабельные линии связи, которые еще недавно составляли основу телекоммуникационной сети нашей страны, и сейчас используется для предоставления простых, но востребованных услуг телефонии и передачи данных посредством организации

прямых связей МЧС, МВД и других государственных организаций, а также для небольших частных компаний и фирм, не имеющих возможности проложить оптическую линию связи. Для качественного обслуживания кабельных телекоммуникационных сетей необходимо правильно организовать их метрологическое обеспечение (МО).

Метрологическое обеспечение означает совокупность подходов к организации измерений, конкретных методик, обработки результатов, а также измерительных приборов необходимых для контроля за эффективной работой кабельных телекоммуникационных систем. В свою очередь контроль метрологических характеристик (МХ), используемых измерительных приборов – одна из важнейших задач МО. Этот контроль осуществляется при проведении государственных испытаний, поверки, калибровки и метрологической экспертизы средств измерений с помощью специально разработанных и научно-обоснованных методик.

В докладе рассматривается разработанная методика поверки (МП) рефлектометра, входящего в состав измерителя параметров кабельных линий ДЕЛЬТА-ПРО+. МП разработаны в соответствии с требованиями [1].

Основная часть

Импульсный рефлектометр измерителя ДЕЛЬТА-ПРО+ предназначен для определения расстояния до места изменения волнового сопротивления всех типов кабелей. Принцип работы рефлектометра основан на известном физическом явлении отражения зондирующих импульсов от неоднородностей волнового сопротивления исследуемого кабеля. С помощью рефлектометра можно измерить расстояние до места повреждения кабеля, определить характер повреждения, измерить расстояние между неоднородностями волнового сопротивления, определить длину кабеля и измерить коэффициент укорочения.

При поверке рефлектометра определяются его следующие основные МХ: погрешность частоты следования калибровочных меток, погрешность измерения расстояния рефлектометром, диапазон перекрываемого затухания.

Для определения вышеперечисленных МХ при поверке прибора были выбраны следующие эталонные средства поверки: частотомер ЧЗ-85, имеющий следующие метрологические характеристики: диапазон измерений: $1 \cdot 10^{-2} - 2 \cdot 10^8$ Гц, погрешность измерения частоты менее $\pm 0,05\%$; два резистора С2-29-0,25 сопротивлением 60 Ом, погрешность $\pm 0,5\%$; ступенчатый аттенюатор API/Weinschel 115A-119A, имеющий пять стандартных диапазонов ослабления: 0-9 дБ, 0-69 дБ и 0-99 дБ с шагом 1 дБ, а также 0-60 дБ и 0-90 дБ с шагом 10 дБ.

Определение МХ поверяемого прибора

Определение погрешности частоты следования калибровочных меток.

Данную операцию поверки выполняют при включенном приложении «Рефлектометр» в режиме работы прибора «Калибровочные метки». В данном режиме рефлектометр вырабатывает калибровочные метки с частотой следования $f_k = 1024$ кГц. Схема соединения приборов для данной операции поверки приведена на рисунке 1.

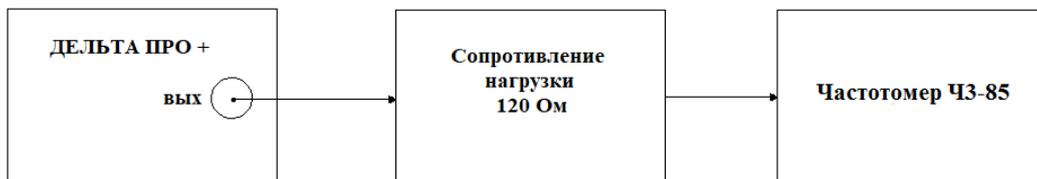


Рисунок 1 – Схема соединения приборов при определении частоты следования калибровочных меток

Сигнал с выхода прибора через нагрузочные сопротивления 120 Ом (два последовательно соединенных резистора с сопротивлением 60 Ом) подается на вход частотомера ЧЗ-85. С помощью частотомера измеряется частота следования калибровочных меток.

Погрешность следования калибровочных меток определяют по формуле (1):

$$\Delta f = f_{изм} - f_k, \text{ Гц}, \quad (1)$$

где Δf – абсолютная погрешность; $f_{изм}$ – частота, измеренная частотомером; f_k – частота следования калибровочных меток.

Результат поверки считается удовлетворительным, если частота следования калибровочных меток находится в пределах $1024 \pm 0,5$ кГц.

Определение погрешности измерения расстояния рефлектометром.

Операцию поверки выполняют при включенном приложении «Рефлектометр» в режиме работы прибора «Калибровочные метки».

Определение погрешности измерения расстояния проводится с помощью встроенного калибратора при установленных разрешениях: 2 м, 38 см. К выходу прибора необходимо подключить нагрузочное сопротивление 120 Ом (два последовательно соединенных резистора с сопротивлением 60 Ом). Диапазон расстояний в данном режиме по умолчанию равен 1 км. Устанавливается коэффициент укорочения 1,50 и разрешение по оси X равное 2 м. Внутреннее схемотехническое устройство прибора обеспечивает передачу калибровочных меток с выхода рефлектометра на его вход. Данные метки являются эталонными расстояниями. Изображение калибровочных меток на экране прибора показано на рисунке 2.

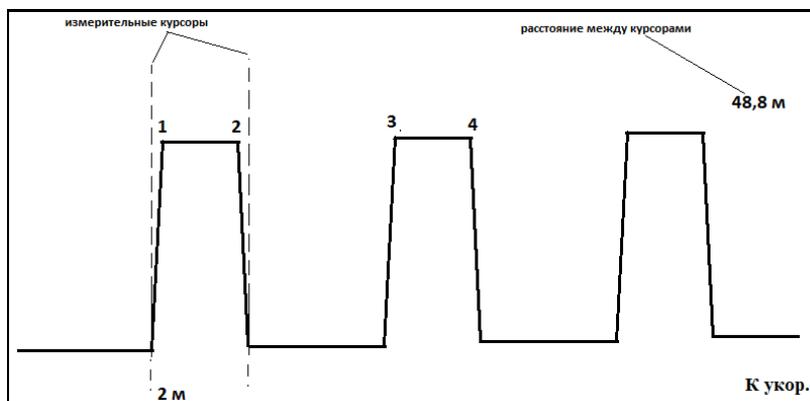


Рисунок 2 – Изображение на экране прибора калибровочных меток

Нулевой курсор устанавливается на пересечении центра фронта первой метки, измерительный курсор совмещается с центром спада первой метки, и снимаются показания расстояния между курсорами l_{u12} .

Затем измерительный курсор переводится на центр фронта второй метки, нулевой курсор переводится на пересечение центра фронта первой метки. Снимаются показания расстояния между курсорами l_{u13} .

Переводя измерительный курсор на центр спада второй метки, при установке нулевого курсора на пересечении центра фронта первой метки, измеряется расстояние l_{u14} .

Вычисляется разность между измеренными расстояниями и эталонными l_0 расстояниями, указанными в таблице 1, по формулам 2, 3, 4:

$$\Delta l_{12} = l_{u12} - l_{012}; \tag{2}$$

$$\Delta l_{13} = l_{u13} - l_{013}; \tag{3}$$

$$\Delta l_{14} = l_{u14} - l_{014}. \tag{4}$$

Полученные результаты Δl не должны превышать пределы погрешности, указанные в таблице 1.

Приведенные выше операции по определению Δl , необходимо повторить для разрешения равного 38 см.

Таблица 1 – Пределы допускаемой погрешности измерения расстояния рефлектометром

Метки	1-2, (l_{u12})	1-3, (l_{u13})	1-4, (l_{u14})
Эталонное расстояние (l_0), м	48,8	97,7	146,5
Предел допускаемой погрешности (Δl), м	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения абсолютной погрешности ΔI для разрешения 38 см не превышают значений, указанных в таблице.

Проверка перекрываемого затухания.

Операцию поверки выполняют при включенном приложении «Рефлектометр», установив тип входа «Раздельный».

На первом этапе выход прибора соединяют с его входом. Установив диапазон в 1 км и ширину импульса 4 мкс. Подавая сигнал с выхода рефлектометра на его вход, необходимо убедиться в наличии импульса на экране прибора.

На втором этапе между входом и выходом измерителя ДЕЛЬТА-ПРО+ включают аттенюатор API/Weinschel 115A-119A, как показано на рисунке 3. На аттенюаторе устанавливают затухание равное 90 дБ.

Результат поверки считается удовлетворительным, если при таком затухании на экране прибора можно наблюдать ослабленный зондирующий импульс

Заключение

Разработанная методика поверки прибора ДЕЛЬТА-ПРО+ позволяет контролировать соответствие прибора заявленным метрологическим характеристикам и своевременно выявить неисправность в работе прибора.

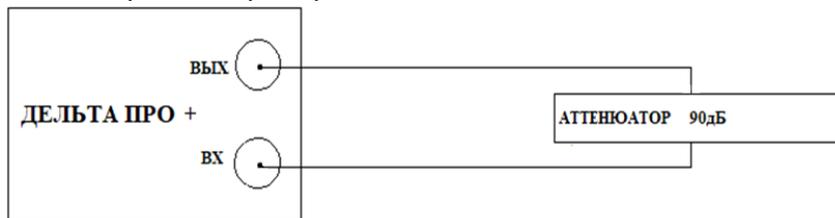


Рисунок 3 – Схема соединения приборов при проверке перекрываемого затухания

Список использованных источников:

1. Постановление Госстандарта №40 от 21.04.2021г. «Об осуществлении метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений».
2. Руководства по эксплуатации измерителя параметров кабельных линий ДЕЛЬТА-ПРО+.

Научное издание

**60-Я ЮБИЛЕЙНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
АСПИРАНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**

(Минск, 22–26 апреля 2024 года)

Материалы конференции

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *В. Р. Стемпицкий*
Компьютерная верстка *М. С. Баранова*

Подписано в печать 18.06.2024. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Arial».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 26,27. Уч.-изд. л. 27,5. Тираж 25 экз. Заказ 112.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/238 от 24.03.2014,
№ 2/113 от 07.04.2014, № 3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, Минск